

## LA FAMILIA LINACEAE EN MÉXICO: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS THE LINACEAE FAMILY IN MEXICO: CURRENT STATUS AND PERSPECTIVES

PAHOLA JUDITH BARRERA-ROBLES<sup>1</sup>, MIREYA BURGOS-HERNÁNDEZ<sup>2\*</sup>, ALMA DELIA RUÍZ-ACEVEDO<sup>2</sup>,  
 GONZALO CASTILLO-CAMPOS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agroecología, Universidad Autónoma Chapingo, México.

<sup>2</sup>Programa de Posgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados, México.

<sup>3</sup>Red de Biodiversidad y Sistemática, Instituto de Ecología AC. Veracruz, México.

\*Autor para la correspondencia: [burgos.mireya@colpos.mx](mailto:burgos.mireya@colpos.mx)

### Resumen

**Antecedentes:** Linaceae ha sido reconocida a nivel mundial por su miembro agrícola, el lino, no obstante, existen más de 200 especies poco exploradas que representan un recurso agroeconómico con gran potencial.

**Preguntas:** ¿Cuál es la riqueza taxonómica y distribución de Linaceae en México? ¿Cuál es el medio ecológico y cultural en el que se desarrolla?

**Especies de estudio:** Linaceae

**Sitio/años de estudio:** México, 1932-2019

**Métodos:** Se generó una base de datos a partir de la revisión en herbarios, medios digitales y literatura. Con la información recabada, así como el uso y diseño de mapas, se evaluaron los patrones de riqueza, distribución y endemismos, así como el medio ecológico y cultural de las especies.

**Resultados:** Linaceae está representada en México por 27 especies nativas, 13 de ellas endémicas. Las entidades con más especies fueron Nuevo León (14), Tamaulipas (13), Coahuila y Puebla (12). Los matorrales xerófilos y bosques templados, junto con la provincia Sierra Madre Oriental, registraron la mayor riqueza. Las especies se desarrollan principalmente en pinares, encinares, suelos litosoles y feozem, climas templados y altitudes superiores a 1,000 m. El 18 % de las especies registran usos y más del 50 % se distribuyen en regiones con lengua náhuatl y otomí.

**Conclusiones:** México cuenta con 10.4 % de la riqueza total de Linaceae, varias especies vulnerables, que junto a evidentes errores nomenclaturales, hacen indiscutible la necesidad de generar trabajos taxonómicos y de conservación en el grupo. El uso actual y potencial de las especies revela su importancia como un recurso vegetal valioso.

**Palabras clave:** Distribución, endemismo, lino, medio ecológico, riqueza taxonómica.

### Abstract

**Background:** Linaceae has been recognized worldwide by its agricultural member, the flax; however, there are more than 200 little-explored species that represent an agroeconomic resource with great potential.

**Questions:** What is the taxonomic richness and distribution of Linaceae in Mexico? What is the ecological and cultural environment in which it develops?

**Studied species:** Linaceae

**Study site/dates:** Mexico, 1932-2019

**Methods:** A database was generated from the review in herbaria, digital media, and literature. With the information collected, as well as the use and design of maps, the richness, distribution, and endemism patterns were evaluated, as well as the ecological and cultural environment of the species.

**Results:** Linaceae is represented in Mexico by 27 native species, 13 of them endemic. The states with the most species were Nuevo León (14), Tamaulipas (13), Coahuila, and Puebla (12). The species mainly develop in pine and oaks forests, soils lithosols and feozem, temperate climates and altitudes above 1,000 m. Xerophilic scrub and temperate forest biomes, along with the Sierra Madre Oriental province, recorded the greatest richness. 18 % of the species register uses and more than 50 % are distributed in regions with Nahuatl and Otomí languages.

**Conclusions:** Mexico has 10.4 % of the total richness of Linaceae, several vulnerable species, which together with clear nomenclature mistakes, make evident the need to generate taxonomic and conservation works in the group. The current and potential use of the species reveals its importance as a valuable plant resource.

**Keywords:** Distribution, endemism, flax, ecological environment, taxonomic richness.

A nivel mundial, la familia Linaceae comprende cerca de 260 especies distribuidas en 14 géneros y dos subfamilias: Hugonioideae y Linoideae ([Dressler et al. 2014](#)). Ésta última es la más grande, con cerca de 210 especies y ocho géneros de herbáceas anuales o arbustos perennes de distribución principalmente templada y subtropical, con *Linum* L., como el género tipo ([McDill et al. 2009](#), [McDill & Simpson 2011](#)).

En México, la familia se encuentra representada por especies de Linoideae, distribuyéndose en regiones de clima árido y moderadamente húmedo de casi todo el país ([Rzedowski & Calderón de Rzedowski 1992, 1994](#), [Burgos-Hernández & Castillo-Campos 2019](#)). En 1992, Rzedowski & Calderón de Rzedowski sugirieron la presencia de 30 especies del género *Linum* en el territorio mexicano. Para 1994, los mismos autores reconocen 28 especies en dos géneros, *Linum* y *Hesperolinon* (A.Gray) Small. Por su parte [Villaseñor \(2016\)](#), en su catálogo de la flora vascular de México, reconoce sólo 25 especies pertenecientes a *Linum*. Estos datos demuestran que el número exacto de especies y géneros de la familia presentes en el país es incierto.

Las especies de la familia cuentan con una gran diversidad ecológica y taxonómica, debida en parte, al amplio rango de ambientes donde habitan, mostrando una extensa variación en caracteres de interés biológico, evolutivo y agroecológico ([Ruíz 2017](#), [Burgos-Hernández & Castillo-Campos 2019](#)). En este último aspecto, aunque la familia es reconocida por su miembro agrícola, *Linum usitatissimum* L., mejor conocido como lino o linaza, las primeras civilizaciones mesolíticas ya habían dado cuenta del valor del lino silvestre como fuente de fibras útiles, probablemente refiriéndose a *Linum bienne* Mill.

(= *L. angustifolium* Huds.) ([Pengilly 2003](#)). Los antiguos egipcios también reconocieron las propiedades del aceite de linaza, quienes lo utilizaron para embalsamar a los muertos antes de envolverlos en finas tiras de lino ([Vaisey-Genser & Morris 2003](#)). Se cree que el cultivo para fibras y semillas condujo al desarrollo del moderno lino cultivado, *L. usitatissimum*, que fue una de las primeras plantas domesticadas en el Viejo Mundo ([Zohary & Hopf 2000](#), [Pengilly 2003](#), [Vaisey-Genser & Morris 2003](#)). En el siglo pasado, el cultivo de la especie para la producción de lino disminuyó drásticamente, debido al mayor uso del algodón y al desarrollo de alternativas sintéticas ([Zohary & Hopf 2000](#)). En la actualidad, en América del norte y en Europa occidental, el lino se usa como alimento, medicina, y como fuente de aceite y fibras ([Kajla et al. 2015](#)). Otros representantes de la familia, aunque menos conocidos, son utilizados como ornamentales en parques y jardines de todo el mundo, entre ellos *Linum grandiflorum* Desf., *Linum narbonense* L., *Linum perenne* L., *Linum flavum* L. y *Linum viscosum* L. ([Ruíz 2017](#)). Estudios recientes han demostrado

el alto valor nutritivo de la semilla de linaza, reportando un contenido de proteína de entre 20 a 30 % y un alto coeficiente de digestibilidad ([Martinchik et al. 2012](#), [Goyal et al. 2014](#), [Eyres 2015](#)). En consecuencia, la linaza proporciona varios beneficios para la salud, particularmente en el tratamiento de enfermedades críticas, pues el grupo contiene derivados de podofilotoxina que tiene actividad biológica en la semisíntesis de medicamentos contra el cáncer ([Weiss et al. 1975](#), [Muir & Westcott 2003](#), [Chen et al. 2011](#)).

Aunque la gran mayoría de los estudios actuales sobre la familia muestran un marcado interés sólo en algunos representantes del género *Linum*, principalmente en *L. usitatissimum*, el conocimiento de las especies silvestres no ha tenido la suficiente atención a pesar de su gran potencial agroalimentario y farmacéutico. En el caso de México, el poco conocimiento con el que se cuenta se presenta en los trabajos de [Rogers \(1968\)](#), [Rzedowski & Calderón de Rzedowski \(1992, 1994\)](#), [Arreguín \(2001\)](#), y [Burgos-Hernández & Castillo-Campos \(2019\)](#). La importancia de conocer esta familia y en particular el género *Linum*, radica en el hecho de que los parientes silvestres de plantas cultivadas conforman una fuente potencial de diversidad, no sólo para el fitomejoramiento del cultivo, sino en su integración en sistemas productivos sostenibles, nuevos cultivos y en la seguridad alimentaria ([Hajjar & Hodgkin 2007](#), [Van de Wouw et al. 2010](#)). Lo anterior toma mayor importancia, pues para el 2050 se espera una superpoblación de más de 9,000 millones de personas, por lo que la agricultura global debería de producir 40 % más para asegurar la alimentación mundial ([FAO 2010 a, b](#), [World Population Prospects 2011](#)). A esto se suma que, de las más de 7,000 especies comestibles conocidas en el mundo, sólo cerca de 30 de ellas proveen el 95 % de la producción alimentaria, y solamente el arroz, el maíz y el trigo, proporcionan dos tercios de la misma ([FAO 2019](#)). En consecuencia, promover el uso y la conservación de plantas nativas con potencial alimentario, aumentar y/o mantener la diversidad genética y establecer sistemas agrícolas sustentables, representa un reto actual frente a un escenario climático cambiante con efectos adversos en la producción agrícola ([Schmidhuber & Tubiello 2007](#), [Lobell et al. 2008](#), [Palm et al. 2010](#)). Un esfuerzo dedicado a generar conocimiento sobre especies de plantas silvestres de importancia biológica y socioeconómica resulta oportuno. Bajo este contexto, el objetivo de la presente contribución es actualizar el conocimiento florístico de Linaceae en México para conocer cuántas y cuáles especies de la familia se presentan en el país, documentar su distribución, endemismo, así como el medio ecológico y cultural en el que se desarrollan. Lo anterior, con la finalidad de sentar las bases sobre potenciales aportes agroecológicos de un grupo de plantas silvestres de interés sociocultural.

## Materiales y métodos

Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura florística-taxonómica sobre la familia Linaceae en México, con la finalidad de integrar una lista preliminar de especies. Teniendo como base dicho listado, se revisó el material herborizado y las bases de datos disponibles de especímenes colectados dentro del territorio mexicano de los herbarios: ARIZ, CHAP, CHAPA, ENBC, FCME, HCIB, IBUG, IEB, JES, MEXU, MO, NY, TEX, UABC, US y XAL (Thiers 2019). Además, se consultaron las bases de datos digitales de Global Plants JSTOR ([plants.jstor.org](http://plants.jstor.org)), SNIB-MX ([www.snib.mx](http://www.snib.mx)) y Tropicos ([www.tropicos.org](http://www.tropicos.org)). Con la información obtenida se generó una base de datos que fue revisada y en su caso verificada, implicando la actualización nomenclatural, detección de sinónimos, colectas duplicadas, revisión de nombres dudosos y la exclusión de nombres de taxones cuya presencia en el país no pudo ser corroborada. Los nombres de las especies y autores fueron verificados en las páginas web Tropicos y The International Plant Names Index ([www.ipni.org](http://www.ipni.org)). Cuando fue necesario, las coordenadas geográficas de los sitios de colecta fueron corregidas y complementadas con ayuda del programa Google® Earth Pro-2018.

Con base en la información geográfica recabada, se evaluaron los patrones de riqueza, distribución, y endemismo de la familia. La riqueza y distribución de Linaceae fue cuantificada y analizada respectivamente, de acuerdo a divisiones políticas y tipos de biomas. Para esto, los sitios georreferenciados fueron superpuestos a un mapa de biomas (Villaseñor & Ortiz 2014). Con la finalidad de reconocer zonas particulares de riqueza de especies, se generó un mapa de riqueza absoluta utilizando cuadrículas de 1° de latitud por 1° de longitud. También fue elaborado un mapa de estimación de riqueza empleando la técnica de interpolación Kriging, utilizando el mismo tamaño de cuadrícula y empleando la distribución conocida de las especies en México. Para lo anterior, se usó un kriging simple con la covarianza para construir el variograma y anisotropía en los datos. Los mapas fueron elaborados con apoyo del programa ArcMap 10.2 (ESRI 2014).

Los taxones con distribución restringida al territorio mexicano fueron considerados endémicos, y como microendémicos, aquellos sin reportes de distribución fuera de un límite político estatal. El endemismo de las especies fue medido con base en el índice propuesto por Crisp *et al.* (2001) y Linder (2001), empleando el método de endemismo ponderado (WE) y endemismo ponderado corregido (CWE), ambos implementados en el programa Biodiverse 0.19 (Laffan *et al.* 2010). Teniendo en cuenta que los endemismos son relevantes en el conocimiento y entendimiento de su historia evolutiva, los cuadros con el mayor nivel de endemismos se superpusieron, para su

análisis, con un mapa de provincias biogeográficas de México (Morrone *et al.* 2017). El estatus de riesgo de las especies fue consultado en la Lista Roja de la IUCN (IUCN 2019) y la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010). Adicionalmente, fue tomado en cuenta cualquier dato bibliográfico referente al potencial de vulnerabilidad de las especies enlistadas.

A partir de los datos de distribución de los taxones y con ayuda del programa InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2011), se analizó la distribución altitudinal de las especies empleando los datos de elevación de los ejemplares de herbario. Los puntos de presencia se categorizaron en clases de 500 m y la cantidad de taxones distribuidos en cada clase fue graficada. De igual manera el rango de elevación para cada taxón fue graficado.

Considerando la importancia de conocer las condiciones abióticas que pueden limitar o propiciar el desarrollo de la flora nativa y particularmente de aquellas de interés agroeconómico, se determinaron los componentes del medio ecológico en el que crecen las especies de Linaceae. Con apoyo del programa ArcMap 10.2 (ESRI 2014) y con los datos geográficos recabados de la familia, se diseñó y analizó un mapa de suelos con la capa de edafología (INIFAP/CONABIO 1995) y otro de provincias fisiográficas de México con la Serie I de INEGI (INEGI 2001). Para establecer los tipos de vegetación donde habitan las especies, los datos geográficos fueron superpuestos sobre un mapa de tipos de vegetación de México de INEGI serie I-VI (INEGI 2017) y posteriormente se determinó su equivalencia y climas asociados de acuerdo a la clasificación de Miranda & Hernández (1963) con base en la propuesta de González (2004).

Con la finalidad de tener una aproximación sobre los aspectos culturales del grupo, se realizó una revisión tanto en la literatura como en la base de datos generada, referente a sus usos y nombres comunes. Adicionalmente, se elaboró un mapa de distribución de la familia con base en el mapa de lenguas indígenas de Ávila-Blomberg & Moreno-Díaz (2009), cuyo análisis tuvo fines exploratorios. La lista de taxones de Linaceae ocurriendo en México junto con sus datos de distribución, medio ecológico y aspectos culturales es proporcionado en el [material suplementario 1](#).

## Resultados

Se obtuvo un total de 1,378 registros de la familia Linaceae, de los cuales, en 40 % fue necesario realizar la corrección y complementación de las coordenadas geográficas de los sitios de colecta. Mientras que en el 3 % de los registros se realizaron correcciones nomenclaturales. *Linum berlandieri* var. *filifolium* (Shinners) C.M. Rogers fue el taxón con el mayor número de correcciones, pues el 95 % de sus registros se encontraron bajo el nombre de *Linum*

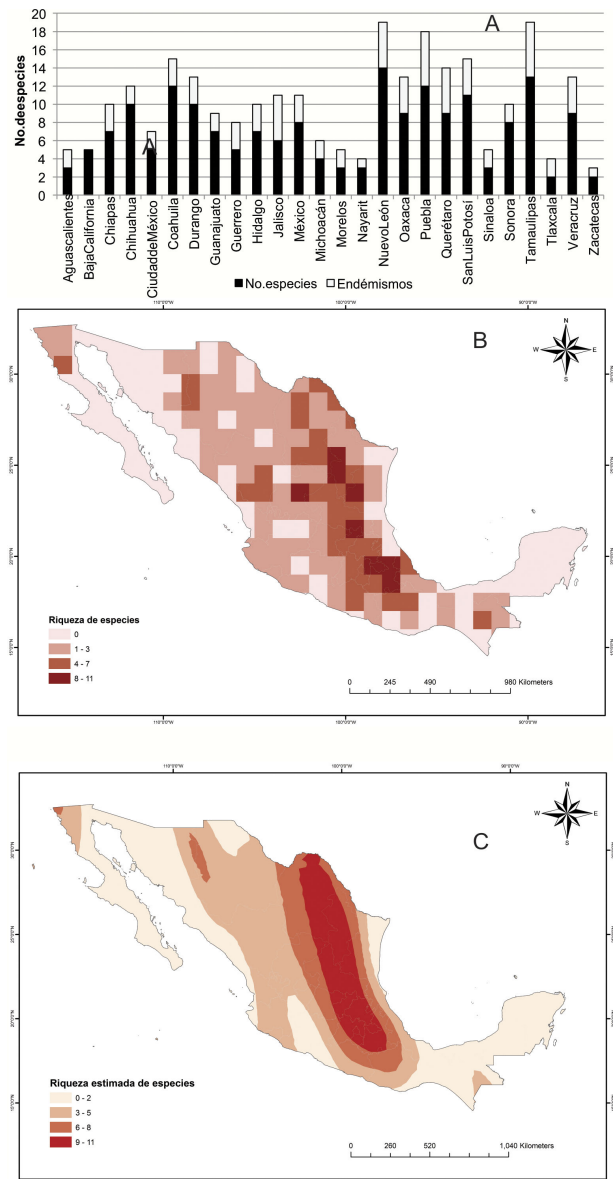
*rigidum* var. *filifolium* Shinnery, actualmente incorrecto. También se encontraron nombres como *Linum coahuilense* C.M.Rogers, que constituye un sinónimo de *Linum flagellare* (Small) H.J.P.Winkl., *Linum lewisii* var. *lewisii* sinónimo de *L. lewisii* Pursh, por mencionar algunos de los errores nomenclaturales y de sinonimia más evidentes en la revisión de la base de datos.

**Riqueza, distribución y endemismos.** La familia Linaceae está representada en México por dos de los ocho géneros que integran la subfamilia Linoideae: *Linum* L. con 26 especies nativas y dos taxones infraespecíficos (*L. australe* var. *glandulosum* C.M.Rogers y *L. berlandieri* var. *filifolium*); más la especie introducida *Linum usitatissimum* L. Por su parte, el género *Hesperolinon* (A.Gray) Small, está representado sólo por una especie (*H. micranthum* (A.Gray) Small) distribuida en el Noroeste del país. Excluyendo a la especie introducida, en total se tienen 27 especies nativas ocurriendo en territorio mexicano, que en conjunto representan el 10.4 % de las especies de la familia a nivel mundial ([material suplementario 1](#)).

A nivel estatal, la mayor riqueza fue encontrada en Nuevo León (14) y Tamaulipas (13), seguidos por Coahuila y Puebla (12). En contraste, los estados con menor número de especies fueron Tlaxcala y Zacatecas; en tanto que Baja California Sur, Colima, Tabasco y la Península de Yucatán no registraron representantes de la familia ([Figura 1A, B, C](#)). Por su parte, las especies de Linaceae con amplia distribución en México son: *L. schiedeanum* Schldt. & Cham., *L. mexicanum* Kunth, *L. rupestre* (A.Gray) Engelm. ex A.Gray, *L. nelsonii* Rose y *L. orizabae* Planch., que ocurren en conjunto en 24 estados del país ([material suplementario 1](#)).

Al evaluar el número de especies en los cinco biomas discutidos por [Villaseñor & Ortiz \(2014\)](#), destacan por su mayor riqueza de especies los matorrales xerófilos (25) y los bosques templados (24); mientras que los bosques tropicales húmedos (9) constituyen el bioma con menor representación de la familia ([Figura 2](#)) y el 15 % de las especies crecen sólo en un tipo de bioma ([material suplementario 1](#)). De manera general se observa una mayor riqueza de especies hacia la regiones noreste, oriente y centro del país ([Figuras 1B, C, 2](#)).

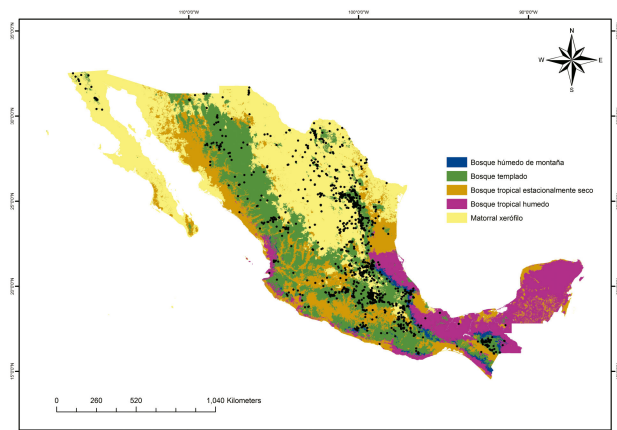
De las 27 especies nativas reportadas, 13 son endémicas del país, localizándose el mayor número de endemismos en los estados de Puebla y Tamaulipas (6) ([Figura 1A](#)). Nuevo León (2), Jalisco y el Estado de México (1) destacan por sus microendemismos. Las especies endémicas con menor representación en herbarios y bases de datos consultadas fueron: *L. flagellare* (Small) H.J.O.Winkl., *L. cruciatum* Planch., *L. rzedowskii* Arreguín y *L. longipes* Rose, con 18, 15 y 12 registros cada una, así como *L. gypsogenium* G.L.Nesom y *L. mcvaughii* C.M.Rogers con un solo registro respectivamente.



**Figura 1.** A) Número de especies y endemismos de Linaceae por división política en México. B) Riqueza absoluta, y C) riqueza estimada de especies de Linaceae en México.

El índice de WE ([Figura 3A](#)) muestra dos celdas con los valores más altos de endemismo. La celda A, con un valor de 1.09, que corresponde a la convergencia de las provincias biogeográficas Sierra Madre Oriental (SMO) y Sonora en su mayor área, y la celda B, con un índice de 1.0 ubicada en la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) y la Sierra Madre del Sur (SMS). Le siguen cuatro celdas con valores por arriba de 0.40. Las celdas D (WE = 0.46), E y F (WE = 0.41) se localizan en la FVTM y en menor proporción en la Cuenca del Balsas. Mientras que la celda C (WE = 0.48) se ubica entre las provincias SMO y Tamaulipas. Lo anterior, es similar a los patrones de riqueza absoluta reportados y mostrados en la [Figura 1B](#).





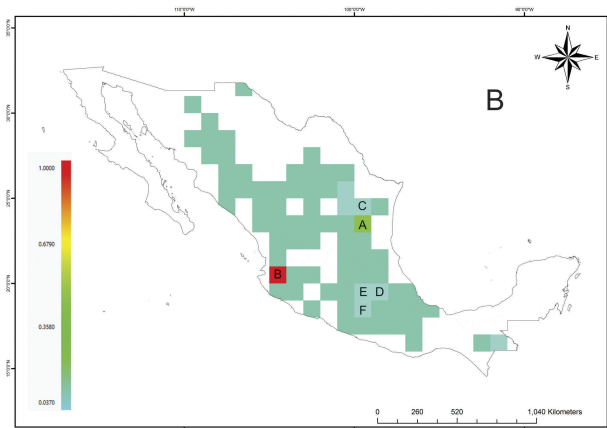
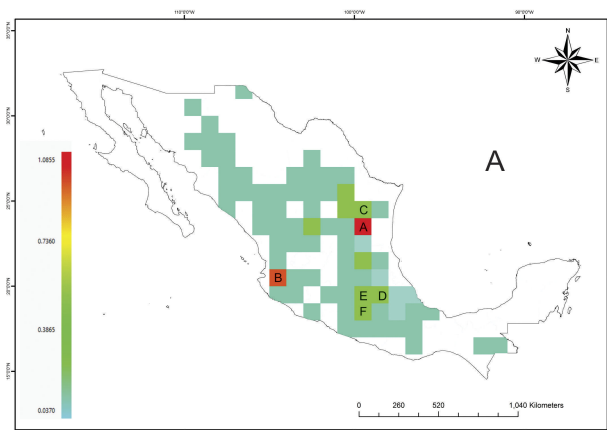
**Figura 2.** Distribución de la familia Linaceae en los cinco biomas de México.

Cuando se ponderan los valores de endemismo para eliminar la influencia de la riqueza de especies (CWE), los resultados cambian ligeramente. Nuevamente el cuadro B se recupera con valor de 1.0 (Figura 3B), aunque en esta ocasión representa el valor máximo de endemismo obtenido. El cuadro A, que anteriormente obtuvo un valor de WE=1.09, ahora muestra un valor de CWE = 0.36. El resto de las celdas mantuvieron valores por debajo de 0.20.

Ninguna de las especies se considera en categoría de riesgo de acuerdo con la Lista Roja de la IUCN (IUCN 2019) y la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010). Sin embargo, Rzedowski & Calderón de Rzedowski (1992) mencionan que *L. australe* var. *glandulosum*, *L. mexicanum* y *L. tenellum* Schtdl. & Cham., son vulnerables a la extinción. Posteriormente, los mismos autores incluyeron a *L. australe* var. *glandulosum* en una lista de plantas amenazadas (Arreguín 2001).

De acuerdo con el análisis de taxones por elevación, las especies se desarrollan entre los 0 y los 3,500 m snm, con 23 taxones distribuyéndose principalmente entre los 1,500 y 2,000 m snm, y con solo ocho alcanzando altitudes entre los 3,000 y 3,500 m (Figura 4A). Considerando los promedios de elevación en que se distribuye cada taxón, los resultados muestran que el 96 % de ellos ocurren por arriba de los 1,000 m snm y sólo *L. elongatum* (Small) H.J.P.Winkl. y *H. micranthum* se distribuyen exclusivamente por debajo de esta altitud (Figura 4B).

**Medio ecológico.** 22 especies crecen en suelos del tipo litosol, seguidas por feozem con 21 (Figura 5A). Los suelos en donde se encuentra menos frecuente la familia fueron los fluvisoles y ranker, con cuatro y dos especies respectivamente. *Linum schiedeanum* y *L. rupestre* crecen principalmente en litosoles, *L. orizabae* en andosoles y *L. gypsogenium* y *L. macvaughii* únicamente en suelos de tipo xerosol y litosol.

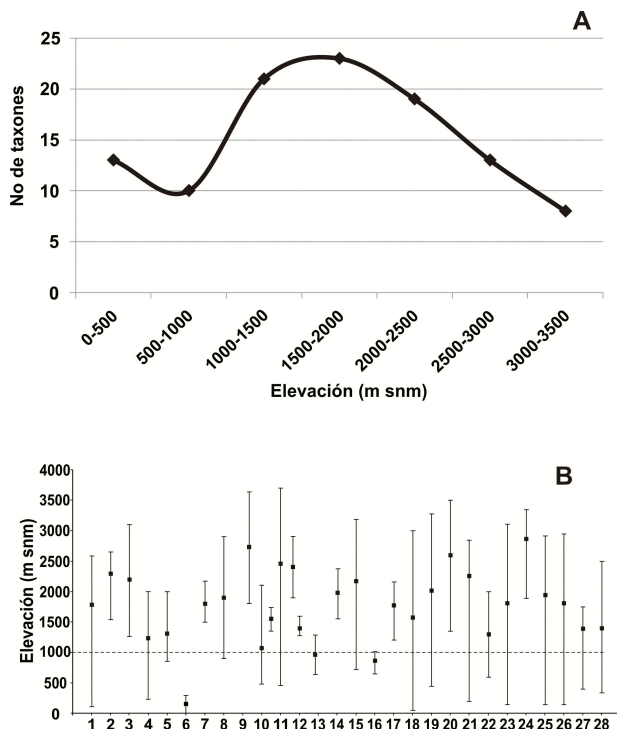


**Figura 3.** Valores de endemismo A) ponderado = WE y B) ponderado corregido = CWE para las especies de Linaceae en México.

Desde el punto de vista fisiográfico, se encontró que 19 especies se conocen de la provincia Sierra Madre Oriental y 15 de la Mesa del Centro (Figura 5B); sólo *L. guatemalense* Benth., se registra creciendo en la Cordillera Centroamericana. Por su parte, de la Llanura Sonorense, la Llanura Costera del Pacífico y de la Península de Yucatán no existen registros de presencia de miembros de esta familia. En cuanto a los tipos de vegetación *sensu* Miranda & Hernández (1963), es posible afirmar que la mayoría de las especies de Linaceae habitan en encinares (18), pinares (17) y encinares-pinares (15), así como en el matorral inerme o subinerme parvifolios (14), los cuales están asociados a climas de tipo templado subhúmedo (Cwa: 23) a subhúmedo-seco (Cwb: 23) y templado seco semiárido (BSk: 22).

**Aspectos culturales.** Cinco especies registraron algún uso reportado en las etiquetas de herbario, la mayoría provenientes de recolectas llevadas a cabo por el Programa de Cooperación sobre la Medicina Indígena Tradicional y Herbolaria (PROCOMITH 1990), en el estado de Chiapas.

El uso medicinal destaca para la mayoría de las especies, seguido por el forrajero para *L. mexicanum* y comestible para *L. usitatissimum* (Tabla 1). Entre los usos mencionados en la literatura, están el medicinal y forrajero en el municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro, así como comestible para *L. usitatissimum*. Para esta última, también se conoce el uso en la elaboración y laqueado de artesanías en Olinalá, Guerrero (Herrera *et al.* 2016), que junto con *L. mexicanum*, han sido reconocidas por sus propiedades medicinales en el país (Rzedowski & Calderón de Rzedowski 1992, Martínez *et al.* 2016). Recientemente se ha registrado el uso de lino en la elaboración de tapetes florales en Patamban, Michoacán (Cornejo & Ibarra 2019).



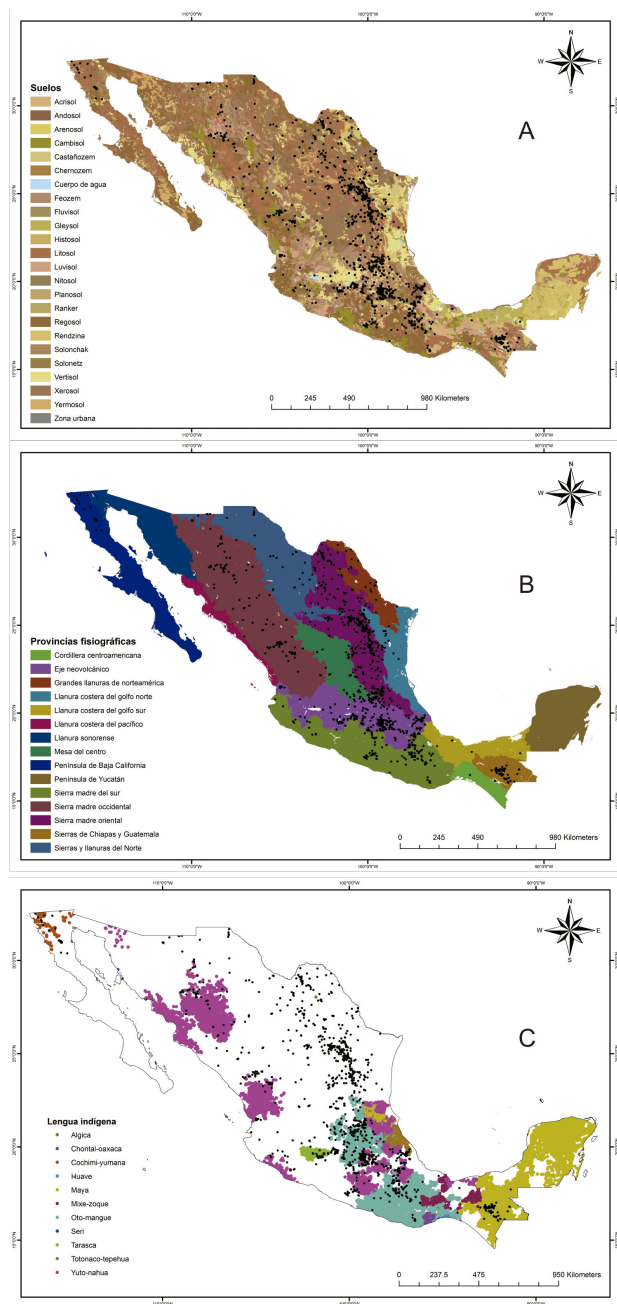
**Figura 4.** A) Número de taxones de Linaceae por elevación. B) Rangos de elevación por taxón de la familia Linaceae en México. 1. *L. aristatum*, 2. *L. australe* var. *glandulosum*, 3. *L. australe*, 4. *L. berlandieri* var. *filifolium*, 5. *L. cruciatum*, 6. *L. elongatum*, 7. *L. flagellare*, 8. *L. guatemalense*, 9. *L. gypsogenium*, 10. *L. lasiocarpum*, 11. *L. lewisii*, 12. *L. longipes*, 13. *L. lundellii*, 14. *L. mcvaughii*, 15. *L. mexicanum*, 16. *H. micranthum*, 17. *L. modestum*, 18. *L. nelsonii*, 19. *L. neomexicanum*, 20. *L. orizabae*, 21. *L. pringlei*, 22. *L. puberulum*, 23. *L. rupestre*, 24. *L. rzedowskii*, 25. *L. scabrellum*, 26. *L. schiedeanum*, 27. *L. tenellum*, 28. *L. vernale*.

Entre los nombres comunes reportados resaltan aquellos en lengua tsotsil, por ejemplo, *L. mexicanum* se conoce como tzib ka, antzil vach't'ul, sikil wamal; *L. schiedeanum*

como napux wamal, tzubil wamal; *L. nelsonii* como otox wamal, yax wamal, sikil wamal y *L. rupestre* como sikil wamal. Por su parte, *L. usitatissimum* se conoce como gueche becueza xtilla, queeche-pecueza y queeche-pecueza-castilla en lengua zapoteca, en el estado de Oaxaca (Martínez 1994). Aunque son pocas las especies con nombres comunes en lengua indígena, el análisis revela que 19 especies se distribuyen en regiones con lengua náhuatl, seguida por otomí (16) (Figura 5C). Las distribuciones de *L. flagellare* y *L. berlandieri* var. *filifolium* son coincidentes únicamente con las regiones con lengua cora y pima respectivamente. De manera contrastante, las distribuciones de *L. elongatum*, *L. gypsogenium*, *L. lasiocarpum* Rose, *L. lundellii*, *L. mcvaughii*, *L. modestum* C.M. Rogers, *L. puberulum* (Engelm.) A. Heller y *L. vernale* Wooton, no coinciden con ninguna zona con lengua indígena.

## Discusión

En 1992, Rzedowski & Calderón de Rzedowski sugirieron la presencia de 30 especies de *Linum* en el país, y dos años después, los mismos autores mencionan 28 especies en dos géneros (Rzedowski & Calderón de Rzedowski 1994). Aunque los autores no enlistan las especies distribuidas en México, las especies reportadas de manera regional coinciden con las registradas en el presente trabajo. Por su parte, Villaseñor (2016) registró 25 especies de Linaceae, todas ellas pertenecientes al género *Linum*. Nuestros resultados indican la presencia de dos géneros, *Hesperolinon*, cuya existencia en México ya había sido sugerida por Rzedowski & Calderón de Rzedowski (1994); y *Linum*, con 26 especies nativas. El presente trabajo confirma la presencia de 24 de las 25 especies citadas por Villaseñor (2016) y se excluye a *Linum pratense* (Norton) Small. Esta decisión fue tomada con base en los reportes de la distribución de la especie, ya que se ha registrado únicamente de Kansas, Oklahoma, del sur de Colorado a Texas y Arizona (Rogers 1984, Uno 1984, Crawford & Crawford 2005). En México, se ha reportado sólo de Aguascalientes (Villaseñor 2016), sin embargo, durante la revisión de ejemplares realizada en el presente trabajo, no fue posible localizar algún ejemplar de dicha especie proveniente de este estado. En cambio, se encontraron seis especímenes identificados con ese nombre provenientes del Estado de México. En ambos casos -Aguascalientes y Estado de México- los sitios de colecta indican una distribución fuera del rango reportado para la especie y debido a los alcances de este trabajo, no se pudo corroborar que se traten de *L. pratense*. Se sugiere llevar a cabo una detallada revisión taxonómica para contar con mayor certeza en la circunscripción de la especie y confirmar la identidad taxonómica de los ejemplares provenientes del estado de México.



**Figura 5.** Ocurrencia de la familia Linaceae por: A) tipo de suelo; B) provincias fisiográficas; y C) regiones con lenguas indígenas.

Se suman al listado de Villaseñor (2016) tres especies y dos variedades: *Hesperolinon micranthum*, *Linum mcvaughii*, *L. elongatum*, *L. australe* var. *glandulosum* y *L. berlandieri* var. *filifolium*. La primer variedad ya había sido reconocida por Rzedowski & Calderón de Rzedowski (1992), con distribución en Estados Unidos de América (Arizona y Texas) y México (Ciudad de México, Chihuahua, Durango, Estado de México, Guanajuato y Puebla). Mientras que *L. berlandieri* var. *filifolium*, fue

considerada tomando en cuenta que su distribución ha sido reportada ocurriendo entre Texas, Coahuila, Chihuahua y Nuevo León (Rogers 1984), con respaldos en los herbarios IEB, LL, MEXU, MO, RSA y MO. Por otra parte, la presencia de *H. micranthum* en Baja California es soportada en este trabajo, pues además de los respaldos de especímenes en herbarios, esta especie constituye la única, de las 13 que incluye el género, con su distribución extendiéndose fuera de California, E.U.A. (Springer 2009, Schneider *et al.* 2016). Actualmente la distribución de la especie es reportada en Oregón y en el norte de Baja California (Jepson *et al.* 2019), entre las localidades de Ensenada, Tecate y San Miguel, en la provincia biogeográfica Californiana (Morrone 2006, Delgadillo 1998). Es importante mencionar la amenaza a la que esta provincia se encuentra sometida, particularmente por los asentamientos humanos, el turismo y el cambio de uso de suelo (Morrone 2019), lo que indirectamente puede implicar una amenaza a esta especie. Trabajos filogenéticos recientes han puesto en duda la validez del género *Hesperolinon* y se ha sugerido su retorno a *Linum* (McDill *et al.* 2009, Schneider *et al.* 2016). De llegarse a reconocer a las especies de *Hesperolinon* como miembros de *Linum*, sin duda la riqueza taxonómica de la familia cambiará. Pero hasta el momento y en espera de nueva evidencia, en el presente trabajo se mantienen como géneros independientes.

La distribución de la familia abarca gran parte del territorio nacional, principalmente las regiones noreste y centro, con pobre representación en las tierras bajas del sureste del país, específicamente en el bosque tropical húmedo, el cual es dominante desde el sur de Veracruz, Tabasco hasta la Península de Yucatán. Esta última región, según Fernández *et al.* (2012), tiene una flora poco diversa debido al clima extremo en la mayor parte de su territorio y sobre todo, a la homogeneidad del sustrato geológico, a su geomorfología, suelos, paisajes y una orografía relativamente sencilla que contrastan con las necesidades abióticas de Linaceae. En el caso de Zacatecas y Colima, la escasa o nula representación de la familia puede deberse a falta de esfuerzo de muestreo, pues nuestros resultados de la estimación de la riqueza sugieren que podrían existir hasta cinco especies en Zacatecas y una en Colima. Ambos estados han sido reconocidos como aquellos con menor información florística conocida hasta el momento y cuyo conocimiento de sus comunidades vegetales es aún escaso (Dávila & Sosa 1994, Padilla *et al.* 2008). En contraste, la mayor riqueza encontrada en la provincia Sierra Madre Oriental, puede obedecer a la combinación de factores abióticos como el tipo de suelo, clima, orografía y fisiografía, que hace posible el desarrollo de un mayor número de especies de Linaceae en esta región. Esta provincia se encuentra a una altitud superior a los 1,500 m (Morrone 2017) correspondiendo al segundo sistema montañoso más extenso del país, predominando los bosques de encino, pino y matorral xerófilo (Dinerstein *et al.* 1995).

**Tabla 1.** Usos reportados en etiquetas de herbario para especies de Linaceae en México.

Especie	Estado	Espécimen de herbario	Usos
<i>L. mexicanum</i>	Chiapas	<i>F. Gómez S. 201</i> (IEB, LL, MEXU, MO, TEX)	Medicinal: hoja, para el espanto.
	Chiapas	<i>C. Santíz R. 209</i> (ENCB, MEXU)	Medicinal: hoja, para dolor de cabeza, hervido.
	Chiapas	<i>C. Santíz R. 916</i> (LL, MEXU, TEX)	Medicinal: flor, para la gripe, hervido.
	Querétaro	<i>R. Hernández M. et al. 10614</i> (ENCB, IEB, MEXU)	Forraje: para borregos, cabras y burros.
	Tamaulipas	<i>C. González R. 263</i> (MEXU)	Medicinal: planta completa, para heridas y hemorroides, catalencho.
<i>L. nelsonii</i>	Chiapas	<i>F. Gómez S. 77</i> (IEB)	Medicinal: planta completa, para el espanto, machucada en baños.
	Chiapas	<i>E. Santíz C. 305</i> (MEXU)	Medicinal: hoja, para dolor del corazón, hervida.
<i>L. rupestre</i>	Chiapas	<i>F. Gómez S. 244</i> (LL, MEXU, TEX, XAL)	Medicinal: hoja, mezclada en una jícara, en baños tres veces al día.
<i>L. schiedeanum</i>	Chiapas	<i>J. López P. 339</i> (CHAPA, IEB, LL, MEXU, MO, TEX)	Medicinal: planta completa, para el aire, dos manojos dorados al fuego.
	Chiapas	<i>J. Brett 824</i> (XAL)	Medicinal: hojas, para sarna, machucadas.
	Chiapas	<i>J. López P. 486</i> (IEB, LL, MEXU, TEX)	Medicinal: hoja, para dolor de oído, un manojo en medio litro de agua hirviendo.
	Chiapas	<i>F. Gómez S. 19</i> (MEXU)	Medicinal: hoja, para el espanto, mezclada en baños 3 veces al día.
	Chiapas	<i>M. Gómez L. 406</i> (LL, MEXU, TEX)	Medicinal: planta completa, para el dolor del corazón, hervida, tomado una vez al día.
	Chiapas	<i>F. Gómez S. 183</i> (IEB, LL, MEXU, MO, TEX)	Medicinal: hoja, para calentura, machucada, en baños.
<i>L. usitatissimum</i>	Cohahuila	<i>L. Arce &amp; M.A. Carranza 288</i> (IBUG, MEXU)	Medicinal
	Estado de México	<i>E. Bautista R. 23548</i> (JES)	Comestible
	Chiapas	<i>S. Martyn G. 16</i> (MEXU)	Industrial: semillas, para hacer aceite

En lo referente a endemismos, [Rzedowski & Calderón de Rzedowski \(1994\)](#), en el tratamiento de esta familia para la Flora de Tehuacán, sugieren la presencia, sin enlistarlas, de 12 especies endémicas para México; [Villaseñor \(2016\)](#) enlista justo el mismo número de endemismos. Nuestros datos coinciden con lo reportado en ambos trabajos y se agrega al listado de especies endémicas a *L. mcvaughii*, dando un total de 13 endemismos para México, que representan el 48 % de las especies nativas de la familia en el país. También se registran como microendémicas para el estado de Nuevo León *L. gypsogenium* y *L. modestum*, especies cuyo hábitat, según [Nesom \(1983\)](#) y [Rogers \(1968\)](#), se restringe a un área de afloramientos de yeso en ese estado, ambas especies recuperadas en la celda C del análisis de endemismos.

Por su parte *L. mcvaughii* se conoce solo del ejemplar tipo (*R. González T. 466* HT: MICH!) del estado de Jalisco y ratificado en la Flora de Norte América ([Rogers 1984](#)), por lo que en este trabajo se registra como microendémica de ese estado. También se confirma como microendémica para el Estado de México a *L. rzedowski*, lo que ya había sido señalado por [Martínez-De La Cruz et al. \(2018\)](#) y por [Arreguín \(2001\)](#), quien menciona que dicha especie se

conoce solo del municipio de Ixtapaluca en el Valle de México. Lo anterior, pudo ser corroborado con la revisión de ejemplares realizada en el presente estudio. Ambas especies incluidas en las celdas B y E respectivamente del análisis de endemismo.

Aunque a nivel estatal sobresalen los estados de Puebla, Querétaro y Tamaulipas por el mayor número de especies endémicas registradas, resulta fundamental conocer puntos de endemismo a nivel biogeográfico, pues esta información es crítica para poder entender su historia evolutiva al mismo tiempo que permite reconocer áreas prioritarias de conservación, que obedecen más allá de límites políticos, a factores biológicos, climáticos y ambientales ([Thornhill et al. 2016](#)). En este contexto, de acuerdo a los resultados del análisis de endemismo ponderado, destacan las provincias biogeográficas FVTM y SMO, en las cuales se definen diversos biomas. Por ejemplo, en la SMO convergen los biomas de tipo matorral xerófilo y bosques templados, siendo el primero el de mayor amplitud ([Suárez-Mota et al. 2014](#)) y mostrando, por tanto, diferentes gradientes climáticos ([Suárez-Mota et al. 2017](#)) que promueven la diversidad biológica ([Mackey et al. 2008](#)), por lo que no ha sido raro encontrar altos niveles de endemidad en esta



provincia (Rzedowski 2015, Salinas-Rodríguez *et al.* 2017). Algo similar se ha reportado para la FVTM, pues Suárez-Mota *et al.* (2014) señalan que los sitios ambientales más heterogéneos de esta provincia corresponden a los de mayor riqueza florística. Diversos trabajos han reportado altos niveles de endemismo a lo largo de la FVTM (Sosa & Loera 2017, Sosa *et al.* 2018, Rodríguez *et al.* 2018) y ha sido ampliamente documentada la biodiversidad de esta zona de transición (Suárez-Mota *et al.* 2013, Pinilla-Buitrago *et al.* 2018, Zacarías-Correa *et al.* 2019). Según Rzedowski (1993) y recientemente el trabajo de Sosa & De-Nova (2012), las áreas con el mayor número de especies endémicas en México se concentran en áreas de clima seco, en elevaciones bajas a medias y vegetación xérica, destacando entre otras las regiones de Tehuacán-Cuicatlán, el occidente de la cuenca del río Balsas y la Sierra Gorda, abarcando las provincias biogeográficas FVTM, SMO y SMS; lo que coincide con las áreas con mayor índice de endemidad de Linaceae (Figura 3).

Resulta importante destacar que se requiere una revisión taxonómica exhaustiva de la familia, pues considerando los diversos errores detectados en las etiquetas de las colectas, es probable que varios especímenes se encuentren mal identificados, como ya lo hicieron notar Burgos-Hernández & Castillo-Campos (2019) en la revisión taxonómica realizada para el estado de Veracruz. Destaca también el debate sobre si el género *Hesperolinon* debería ser retornado a *Linum*, por lo tanto se requieren trabajos integrales, que incluyan filogenias más robustas e inclusivas que permitan resolver estos problemas taxonómicos. De manera paralela, es importante realizar colectas en zonas poco exploradas, así como de las especies menos representadas en herbarios, pues el bajo número de respaldos puede deberse a la falta de esfuerzos de muestreo, que en última instancia, podrían poner en evidencia la vulnerabilidad de algunas de ellas.

Bajo un contexto cultural, la familia Linaceae ha jugado un papel importante en la economía y desarrollo social desde hace miles de años. Las semillas han sido usadas directamente como alimento desde que el hombre comenzó a perfeccionar las técnicas de cultivo. Estudios previos de las semillas de lino se han enfocado en propósitos industriales, tales como la oxipolimerización y la degradación oxidativa (Lazzari & Chiantore 1999, Güler *et al.* 2004). Aunque la familia es reconocida principalmente por *L. usitatissimum*, existen más de 200 especies alrededor del mundo (Dressler *et al.* 2014) y 27 nativas en México, algunas de ellas con uso ornamental y forrajero, pero destaca el uso medicinal. Por ejemplo, *L. scabrellum* Planch., se emplea para aliviar desórdenes gastrointestinales, problemas dermatológicos y tumores en piel (Lautié *et al.* 2008) y recientemente, ha sido explorada en el tratamiento del cáncer junto con 300 especies de

plantas mexicanas (Alonso-Castro *et al.* 2011). Pese a su gran importancia, pocas especies silvestres de la familia cuentan con estudios biológicos, etnobotánicos y de su potencial de aprovechamiento, dejando un importante vacío de información en el grupo que debe ser atendido en futuros trabajos.

En lo referente a la información sobre el uso tradicional de las plantas por poblaciones indígenas de México, se encuentra dispersa en numerosas fuentes y es altamente variable en cuanto a su amplitud, detalle y orientación científica, lo que dificulta su análisis comparativo e interpretación (Caballero & Cortés 2001). La información encontrada, tanto en la literatura como en las etiquetas de los herbarios, sobre los usos de Linaceae es muy escasa, y en su mayoría proveniente de las fichas de referencia del proyecto PROCOMITH (1990). No obstante, si consideramos el análisis exploratorio del mapa de distribución de Linaceae respecto a la ubicación de las regiones con lenguas indígenas del país, resulta probable que la familia cuente con más usos no documentados, pues se sabe que las poblaciones autóctonas juegan un papel relevante en los procesos de domesticación de las especies (Bellon *et al.* 2009). Lo anterior, sumado a la gran capacidad de la mayoría de las especies de lino para habitar diversos ambientes, hace probable su incorporación a sistemas productivos y al establecimiento de estrategias de manejo-aprovechamiento. Sin embargo, no hay que perder de vista la importancia de estructurar proyectos de conservación para algunos de los representantes, pues cerca del 50 % de las especies son endémicas y varias de ellas se reportan raras o provenientes de poblaciones pequeñas, lo que las hace vulnerables a la extinción. Realizar más estudios sobre diversos aspectos de cada especie del grupo, resulta apremiante frente a un escenario climático cambiante que pone en riesgo la diversidad biológica, erosionando los recursos en todas sus escalas y con ello, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria.

## Agradecimientos

Los autores agradecen ampliamente las revisiones del manuscrito realizadas por Sarahí Barrientos Villalobos y Ma. Elena Medina Abreo, así como a todos los curadores de los herbarios consultados, quienes permitieron la revisión del material botánico. El presente trabajo forma parte de los resultados de la tesis de Pahola Judith Barrera Robles y fue financiado por el Colegio de Postgraduados (MBH E01-53-00).

## Material Suplementario

El material suplementario de este artículo puede consultarse aquí: <https://doi.org/10.17129/botsci.2550>

## Literatura citada

- Alonso-Castro JA, Villarreal ML, Sálazar-Olivo AL, Gomez-Sanchez M, Dominguez F, Garcia-Carranca A. 2011. Mexican medicinal plants used for cancer treatment: Pharmacological phytochemical and ethnobotanical studies. *Journal of Ethnopharmacology* **133**: 945-972. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jep.2010.11.055>
- Arreguín SM. 2001. Linaceae. In: Calderón de Rzedowski G, Rzedowski J, eds. *Flora Fanerógama del Valle de México*. México DF: Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, pp. 326-330. ISBN: 970-9000-17-9
- Ávila-Blomberg A, Moreno-Díaz NG. 2009. *Distribución de las lenguas indígenas de México*. Catálogo de metadatos geográficos. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/lim07g.w.xml?\\_httpcache=yes&\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/lim07g.w.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no) (accessed October 10, 2019).
- Bellon MR, Barrientos PAF, Colunga GP, Perales H, Reyes AJA, Rosales SR, Sisumbo VD. 2009. Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. In: Dirzo R, González R, March JJ, comps. *Capital Natural de México. Vol. II: Estado de Conservación y Tendencias de Cambio*. México, DF: CONABIO. pp. 355-382. ISBN: 978-607-7607-08-3
- Burgos-Hernández M, Castillo-Campos G. 2019. Contribución al conocimiento del género *Linum* en Veracruz, México. *Acta Botanica Mexicana* **126**: e1462. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1462>
- Caballero J, Cortés L. 2001. Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. In: Rendón B, Rebollar S, Caballero J, Martínez AM, eds. *Plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI*. México, DF: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa y Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. pp. 79-100. ISBN: 970-654-782-7.
- Chen J, Saggat JK, Ward WE, Thompson LU. 2011. Effects of flaxseed lignan and oil on bone health of breast-tumor-bearing mice treated with or without tamoxifen. *Journal of Toxicology and Environmental Health* **74**: 757-768. DOI: <https://doi.org/10.1080/15287394.2011.567950>
- Cornejo TG, Ibarra MG. 2019. Los tapetes florales de Patamban, Michoacán, México: elaboración y especies utilizadas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **90**: e902700. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2700>
- Crawford PH, Crawford PT. 2005. Additions to the flora of Garvin County, Oklahoma: including a complete vascular plant checklist. *Oklahoma Native Plant Record* **5**: 73-97. DOI: <http://dx.doi.org/10.22488/okstate.17.100040>
- Crisp MD, Laffan S, Linder H, Monro A. 2001. Endemism in the Australian flora. *Journal of Biogeography* **28**: 183-198. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00524.x>
- Dávila P, Sosa V. 1994. El conocimiento florístico de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **55**: 21-27. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsoci.1443>
- Delgadillo J. 1998. *Florística y Ecología del Norte de Baja California*. México: Universidad Autónoma de Baja California. ISBN: 9637326778.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo YC. 2011. InfoStat versión 2011 Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar> (accessed December 14, 2019)
- Dinerstein E, Olson MD, Graham JD, Webster LA, Primm AS, Bookbinder PM, Ledec G. 1995. *Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe*. E.U.A, Washington DC: World Bank. ISBN: 0-8213-3296-1.
- Dressler S, Repplinger M, Bayer C. 2014. Linaceae. In: Kubitzki K, ed. *The families and genera of vascular plants. Volume XI. Flowering Plants. Eudicots. Malpighiales*. Berlin: Springer. pp. 237-246. DOI: <http://doi.org/10.1007/978-3-642-39417-1> ISBN: 978-3-642-39417-1 (eBook).
- ESRI. 2014. ArcMap: version 10.2. Redlands, USA: Environmental Systems Research Institute. <https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/the-arcgis-platform-in-2014/> (accessed February 20, 2020).
- Eyres L. 2015. Flaxseed fibre - a functional superfood? *Food New Zealand* **15**: 24.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2010a. *Global Forest Resource Assessment 2010 - Main Report*, FAO Forestry Paper 140. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/past-assessments/fra-2010/en/> (accessed September 23, 2019).
- FAO. 2010b. *Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/i1500e/i1500e.pdf> (accessed August 13, 2019).
- FAO. 2019. *The estate of the world's biodiversity for food and agriculture*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations/Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf> (accessed October 20, 2019).

- Fernández CCG, Tapia MJL, Duno de SR, Ramírez MMI, Can IL, Hernández AS, Castillo A. 2012. La flora de la Península de Yucatán Mexicana: 250 años de conocimiento florístico. *Biodiversitas* **101**: 6-10.
- González MF. 2004. Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México. In: González MF, ed. *Las Comunidades Vegetales de México*. México, DF: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/Instituto Nacional de Ecología. pp. 61-68. ISBN: 968-817-611-7
- Goyal A, Sharma V, Upadhyay N, Gill S, Sihang M. 2014. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology* **51**: 1633-1653. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
- Güler ÖK, Güner FS, Erciyes AT. 2004. Some empirical equations for oxypolymerization of linseed oil. *Progress in Organic Coatings* **51**: 365-371. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2004.07.024>
- Hajjar R, Hodgkin T. 2007. The use of wild relatives in crop improvement: a survey of developments over the last 20 years. *Euphytica* **156**: 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9363-0>
- Herrera CND, Barrera CE, Cervantes NA. 2016. Especies vegetales y animales utilizadas en la elaboración de las lacas de Olinalá, Guerrero, México. *Tlamati sabiduría* **7**: 5-10.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática]. 2001. Mapas. Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000. Serie I. <https://www.inegi.org.mx/datos/?t=0150> (accessed November 4, 2019).
- INEGI. 2017. *Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación. Escala 1: 250,000. Serie VI*. México, Aguascalientes: INEGI. ISBN 970-13-4525-8
- INIFAP/CONABIO [Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. 1995. 'Edafología'. Escala 1:1000000. México. [http://idegeo.centrogeo.org.mx/layers/geonode%3Aeda251mgw/layer\\_info\\_metadata](http://idegeo.centrogeo.org.mx/layers/geonode%3Aeda251mgw/layer_info_metadata) (accessed October 18, 2019).
- IUCN [Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza]. 2019. The IUCN red list of threatened species. Versión 2019-2. <https://www.iucnredlist.org> (accessed December 2, 2019).
- Jepson eflora. 2019. *Hesperolinon micranthum*. Jepson Herbaria, University of California, Berkeley. [http://ucjeps.berkeley.edu/eflora/eflora\\_display.php?tid=28045](http://ucjeps.berkeley.edu/eflora/eflora_display.php?tid=28045) (accessed July 19, 2019).
- Kajla P, Sharma A, Sood DR. 2015. Flaxseed - a potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology* **52**: 1857-1871. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>
- Laffan SW, Lubarsky E, Rosauer DF. 2010. Biodiverse, a tool for the spatial analysis of biological and related diversity. *Ecography* **33**: 643-647. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06237.x>
- Lautié E, Quintero R, Fliniaux MA, Villarreal ML. 2008. Selection methodology with scoring system: application to mexican plants producing podophyllotoxin related lignans. *Journal of Ethnopharmacology* **120**: 402-412. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.09.014>
- Lazzari M, Chiantore O. 1999. Drying and oxidative degradation of linseed oil. *Polymer Degradation and Stability* **65**: 303-313. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(99\)00020-8](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(99)00020-8)
- Linder H. 2001. Plant diversity and endemism in sub-Saharan tropical Africa. *Journal of Biogeography* **28**: 169-182. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00527.x>
- Lobell DB, Burke MB, Tebaldi C, Mastrandrea MD, Falcon WP, Naylor RL. 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* **319**: 607-610. DOI: <http://doi.org/10.1126/science.1152339>
- Mackey BG, Berry SL, Brown T. 2008. Reconciling approaches to biogeographical regionalization: a systematic and generic framework examined with a case study of the Australian continent. *Journal of Biogeography* **35**: 213-229. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01822.x>
- Martínez M. 1994. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. México, DF: Fondo de Cultura Económica. ISBN: 968-16-0011-8.
- Martínez MD, Valdéz EG, Basurto PF, Andrés HAR, Rodríguez RT, Figueroa CA. 2016. Plantas medicinales de los mercados de Izúcar de Matamoros y Acatlán de Osorio, Puebla. *Polibotánica* **41**: 153-178. DOI: <http://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.41.10>
- Martínez-De La Cruz I, Villaseñor JL, Aguilera GLI, Arriaga MR. 2018. Angiospermas nativas documentadas en la literatura para el Estado de México, México. *Acta Botanica Mexicana* **124**: 135-217. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1273>
- Martinchik AN, Baturin AK, Zubtsov VV, Molofeev V. 2012. Nutritional value and functional properties of flaxseed. *Voprosy pitaniia* **81**: 4-10.
- McDill JR, Repplinger M, Simpson B, Kadereit JW. 2009. The Phylogeny of *Linum* and Linaceae subfamily Linoideae, with Implications for their systematics, biogeography, and evolution of heterostyly. *Systematic Botany* **34**: 386-405. DOI: <https://doi.org/10.1600/036364409788606244>
- McDill JR, Simpson B. 2011. Molecular phylogenetics of Linaceae with complete generic sampling and data from two plastid genes. *Botanical Journal of the Linnean Society* **165**: 64-83. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2010.01096.x>

- Miranda F, Hernández XE. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **28**: 29-179. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsoci.1084>
- Morrone JJ. 2006. Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean Islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annual Review of Entomology* **51**: 467-494. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.50.071803.130447>
- Morrone JJ. 2017. *Neotropical biogeography: Regionalization and evolution*. Boca Raton, Florida: CRC Press. ISBN: 9781-1380-3248-4.
- Morrone JJ. 2019. Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **90**: e902980. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>
- Morrone JJ, Escalante T, Rodríguez-Tapia G. 2017. Provincias biogeográficas mexicanas: mapa y shapefiles. *Zootaxa* **4277**: 277-279. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4277.2.8>
- Muir AD, Westcott ND. 2003. *Flax: The genus Linum*. Saskatchewan Canadá: Taylor & Francis group. ISBN: 0-2034-37500
- Nesom GL. 1983. New species of *Calochortus* (Liliaceae) and *Linum* (Linaceae) from northern Mexico. *Madroño* **30**: 250-254. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4277.2.8>
- Padilla VE, Cuevas GR, Koch S. 2008. Plantas vasculares y vegetación de la parte alta del Arroyo Agua Fria, municipio de Minatitlán, Colima, México. *Acta Botanica Mexicana* **84**: 17-23. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm84.2008.1066>
- Palm CA, Smuklera SM, Sullivana CC, Mutuoa PK, Nyadzia GI, Walsh MG. 2010. Identifying potential synergies and trade-offs for meeting food security and climate change objectives in sub-Saharan Africa. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America* **107**: 19661-19666. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0912248107>
- Pengilly NL. 2003. Traditional food and medicinal uses of flaxseed. In: Muir AD, Westcott ND, eds. *Flax: the genus Linum*. Saskatchewan Canadá. pp. 252 -267. ISBN: 0-2034-37500.
- Pinilla-Buitrago GE, Escalante T, Gutiérrez-Velázquez A, Reyes-Castillo P, Rojas-Soto OR. 2018. Areas of endemism persist through time: a palaeoclimatic analysis in the Mexican Transition Zone. *Journal of Biogeography* **45**: 952-961. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbi.13172>
- PROCIMITH [Programa de Cooperación sobre la Medicina Indígena Tradicional y Herbolaria]. 1990. La herbolaria médica Tzeltal-Tzotzil en los Altos de Chiapas. Chiapas, Mexico: Gobiernos del Estado de Chiapas, Consejo Estatal de Fomento a la Investigación y Difusión de la Cultura, DIF-Chiapas, and Instituto Chiapenco de Cultura, Tuxtla Gutiérrez. ISBN 968-6492-070
- Rodríguez A, Castro-Castro A, Vargas-Amado G, Vargas-Ponce O, Zamora-Tavares P, González-Gallegos J, Carrillo-Reyes P, Anguiano-Constante M, Carrasco-Ortiz M, García-Martínez, M, Gutiérrez-Rodríguez B, Aragón-Parada J, Valdes-Ibarra C, Munguía-Lino G. 2018. Richness, geographic distribution patterns, and areas of endemism of selected angiosperm groups in Mexico. *Journal of Systematics and Evolution* **56**: 537-549. DOI: <https://doi.org/10.1111/jse.12457>
- Rogers CM. 1968. Yellow-flowered species of *Linum* in Central America and Western North America. *Brittonia* **20**: 107-135. DOI: <https://doi.org/10.2307/2805615>
- Rogers CM. 1984. *Linaceae*. North American Flora. Ser. II. Vol. 12. USA, New York: The New York Botanical Garden. ISBN: 0-89327-260-4.
- Ruiz MJ. 2017. *Evolución y función de la heterostilia en Linum (Linaceae)*. PhD Thesis. Universidad de Sevilla.
- Rzedowski J. 1993. Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. In: Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J, eds. *Biological diversity of Mexico: Origins and Distribution*. UK, Oxford: Oxford University Press. pp. 129-148. ISBN: 0-19506-674X.
- Rzedowski J. 2015. *Catálogo preliminar de plantas vasculares de distribución restringida a la Sierra Madre Oriental*. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo complementario 21. Michoacán, Pátzcuaro: Instituto de Ecología, AC. ISBN: 0188-5170.
- Rzedowski J, Calderón de Rzedowski G. 1992. *Linaceae*. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo 6. Michoacán, Pátzcuaro: Instituto de Ecología, A.C. ISBN: 0188-5170
- Rzedowski J, Calderón de Rzedowski G. 1994. *Linaceae*. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 5. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 968-36-3975-5.
- Salinas-Rodríguez MM, Estrada-Castillon E, Villarreal-Quintanilla JA. 2017. Endemic vascular plants of the Sierra Madre Oriental, Mexico. *Phytotaxa* **328**: 1-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.328.1.1>
- Schmidhuber J, Tubiello FN. 2007. Global food security under climate change. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America* **104**: 19703-19708. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0701976104>
- Schneider AC, Freyman WA, Williams MC, Springer YP, Baldwin BG. 2016. Pleistocene radiation of the serpentine-adapted genus *Hesperolinon* and other 73 divergence times in Linaceae (Malpighiales). *American*



- Journal of Botany* **103**: 221-232. DOI: <http://doi.org/10.3732/ajb.1500379>
- 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.
- Springer YP. 2009. Do extreme environments provide a refuge from pathogens? A phylogenetic test using serpentine flax. *American Journal of Botany* **96**: 2010-2021. DOI: <http://doi.org/10.3732/ajb.0900047>
- Sosa V, De-Nova JA. 2012. Endemic angiosperm lineages in Mexico: hotspots for Conservation. *Acta Botanica Mexicana* **100**: 293-315. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.38>
- Sosa V, Loera I. 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>
- Sosa V, de Nova JA, Vásquez-Cruz M. 2018. Evolutionary history of the flora of Mexico: dry forests cradles and museums of endemism. *Journal of Systematics and Evolution* **56**: 523-536. DOI: <https://doi.org/10.1111/jse.12416>
- Suárez-Mota ME, Téllez-Valdés O, Lira-Saade R, Villaseñor JL. 2013. Una regionalización de la Faja Volcánica Transmexicana con base en su riqueza florística. *Botanical Sciences* **91**: 93-105. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.405>
- Suárez-Mota ME, Téllez-Valdés O, Martínez-Meyer E. 2014. Dominios climáticos del Eje Volcánico Transversal de México. *GeoFocus* **14**: 120-143.
- Suárez-Mota ME, Villaseñor JL, López-Mata L. 2017. Dominios climáticos de la Sierra Madre Oriental y su relación con la diversidad florística. *Revista mexicana de biodiversidad* **88**: 224-233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.020>
- Thiers B. 2019. Index herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/ih/> (accessed December 5, 2019).
- Thornhill AH, Mishler BD, Knerr NJ, González-Orozco CR, Costion CM, Crayn DM, S Laff an SW, Miller JT. 2016. Continentalscale spatial phylogenetics of Australian angiosperms provides insights into ecology, evolution and conservation. *Journal of Biogeography* **43**: 2085-2098. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbi.12797>
- World Population Prospects. 2011. *World Population Prospects*. New York: UN Department of Economic and Social Affairs, Population Division. <http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm> (accessed July 1, 2019).
- Uno GE. 1984. The role of persistent sepals in the reproductive biology of *Linum pratense* (Linaceae). *The Southwestern Naturalist* **29**: 429-433. DOI: <http://doi.org/10.2307/3670995>
- Vaisey-Genser M, Morris DH. 2003. Introduction: history of the cultivation and uses of flaxseed. In: Muir AD, Westcott ND, eds. *Flax: the genus Linum*. Saskatchewan Canadá: Taylor & Francis group. pp. 1-21. ISBN: 0-2034-37500
- van de Wouw M, van Hintum T, Kik C, van Treuren R, Visser B. 2010. Genetic diversity trends in twentieth century crop cultivars: a meta analysis. *Theoretical and Applied Genetics* **120**: 1241-1252. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-009-1252-6>
- Villaseñor JL. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **87**: 559-902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Villaseñor JL, Ortiz E. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: 134-142. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.31987>
- Weiss SG, Tin-Wa M, Perdue RE, Farnsworth NR. 1975. Potential anticancer agents II. Antitumor and cytotoxic lignans from *Linum album* (Linaceae). *Journal of Pharmaceutical Science*. **64**: 95-98. DOI: <https://doi.org/10.1002/jps.2600640119>
- Zacarias-Correa AG, Guzmán-Díaz S, Pérez-Calix E. 2019. Taxonomía, distribución geográfica y ecológica del género *Penstemon* (Plantaginaceae) en la Faja Volcánica Transmexicana, México. *Acta Botanica Mexicana*. **126**: e1428. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1428>
- Zohary D, Hopf M. 2000. *Domestication of plants in the Old World: the origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley*. UK, Oxford: Oxford University Press. ISBN: 0-19850-3563.

**Editor de Sección:** Martha González Elizondo

**Contribuciones de los autores:** PJBR compiló la información, realizó y curó la base de datos, analizó la información y contribuyó en la escritura del manuscrito. MBH coordinó el trabajo, revisó y depuró la base de datos, analizó y sintetizó la información, escribió el manuscrito. ADRA elaboró y analizó los diferentes mapas presentados, contribuyó a la escritura del manuscrito. GCC contribuyó con la revisión y escritura del manuscrito.