

El conocimiento florístico actual del Noroeste de México: desarrollo, recuento y análisis del endemismo

JOSÉ LUIS LEÓN DE LA LUZ^{1*}, JON PAUL REBMAN², THOMAS R. VAN DEVENDER³, JOSÉ JESÚS SÁNCHEZ-ESCALANTE⁴, JOSÉ DELGADILLO-RODRÍGUEZ⁵ Y ALFONSO MEDEL-NARVÁEZ¹

Botanical Sciences
96 (3): 555-568, 2018

DOI: 10.17129/botsci.1885

Recibido:

13 de octubre de 2017

Aceptado:

1 de mayo de 2018

Editor asociado:

Guillermo Ibarra Manríquez

Resumen

Antecedentes: El conocimiento florístico del Noroeste (NO) de México tuvo un gran impulso por parte de botánicos norteamericanos hasta la primera mitad del siglo XX.

Pregunta: ¿Las exploraciones botánicas realizadas, histórica y recientemente en el área de estudio, son adecuadas para documentar de forma robusta su composición y estructura florística?

Sitio de Estudio: El NO de México incluye los estados de Baja California, Baja California Sur y Sonora.

Métodos: Los autores son los responsables de los herbarios incluidos en la compilación (BCMEX, HCIB, SD, y USON), cada uno dedicado a documentar la flora de las tres entidades de interés desde hace tres décadas. Los datos florísticos fueron obtenidos principalmente del recuento de las bases de datos de los herbarios avocados a esta región (aprox. 110,000 registros), además de la incorporación de información de bibliografía previa e información reciente, producto del trabajo de campo de los autores. Las bases de datos consultadas se componen de 27,117 sitios de colecta.

Resultados: La base de datos final obtenida se compone de 5,865 taxones a nivel de especie y categorías menores. Por entidad, Sonora es la más biodiversa con 3,762 taxones, Baja California tiene 2,583 y Baja California Sur consigna 2,070. Al compararse con el centro y sur del país, el NO Mexicano es relativamente pobre en especies, pero la proporción de taxones endémicos es relevante. Este último análisis muestra dentro de la región a 941 especies, de las cuales 294, 391 y 79 se encuentran restringidos a Baja California, Baja California Sur y Sonora, respectivamente; y 177 se comparten entre las entidades. La región comprende 18 géneros endémicos, incluidos en 10 familias.

Conclusiones: Con base en la compilación del presente estudio se puede considerar la existencia de una excelente plataforma de conocimiento florístico para esta región, pero aún existen áreas geográficas, que incluyen todo tipo de topografía, todavía inaccesibles que pueden incrementar la flora total y endémica. Ante los riesgos actuales, es prioritario establecer programas de protección para sus especies exclusivas, ya que gran parte de las mismas tienen una distribución restringida.

Palabras clave: Noroeste, Península Baja California, Plantas Endémicas, Sonora.

Abstract

Background: Floristic knowledge of Northwestern (NW) Mexico was mainly carried out by American botanists until the first half of XX century.

Question: Do the ancient and recent botanical explorations carried out in the study area, are already enough to document in a conclusive way both the floristic and structural composition?

Methods: The authors are botanists and managers of the herbaria included in the floristic compilation (BCMEX, HCIB, SD, and USON), each herbarium has been devoted to document the flora of the states of NW Mexico in the last three decades. The floristic information was obtained mainly of the herbaria databases (around 110,000 entries), historic bibliographic information and recent collects from the same authors. The databases consulted are composed by 27,117 collect sites.

Results: The final database obtained consists of 5,865 taxa at the species level and intraspecific categories. By state, Sonora is the most biodiverse with 3,762 taxa, Baja California has 2,583 and Baja California Sur has 2,070. The Mexican NW is relatively poor in total number of species, but the number of endemic taxa is high. Within this region there are 941 endemic species, where 294, 391, and 79 correspond to the states of Baja California, Baja California Sur, and Sonora, respectively; in addition, there are 177 endemic species shared among these three states. The NW region also has 18 endemic genera, included in 10 families.

¹Herbario HCIB, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, A. C., La Paz, Baja California Sur, México.

²Herbario SD, San Diego Museum of Natural History, San Diego, California, USA.

³GreaterGood.org, Tucson, Arizona, USA.

⁴Herbario USON, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.

⁵Herbario BCMEX, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México.

*Autor para la correspondencia:
jlleon04@cibnor.mx

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY-NC (4.0) international.

Conclusions: As result of this review, there is excellent floristic knowledge background for NW Mexico, but there are still geographic areas still inaccessible, which includes all kind of topography, that explored could increase the total flora and endemism rate. Presently, the climate change put into risk the species survival, and hence it is a priority that conservation programs be established especially in terms of endemic species, since many of them have a restricted geographical distribution.

Key words: Baja California Peninsula, Endemic plants, Northwestern, Sonora.



El conocimiento florístico del noroeste (NO) de México fue abordado por botánicos norteamericanos desde inicio del siglo XX, hecho que permitió contar con una flora de investigación monumental para la porción desértica de la península de Baja California (Shreve & Wiggins 1964) y del sur de Sonora (Gentry 1942). Tales obras fueron un apoyo fundamental para incentivar más exploraciones botánicas, para complementar lo ya documentado y realizar monografías de ciertos grupos (Gentry 1972, 1978, Wiggins 1980, Gould & Moran 1981).

Para el NO de México, no hay evidencias de recolectas realizadas durante la expedición de Mocino y Sessé entre 1787 y 1803. Durante el siglo XIX se inicia el descubrimiento botánico de la Península de Baja California y Sonora, cuando diversos exploradores, y luego naturalistas, envían ejemplares a destacados botánicos de ese tiempo que derivaron, frecuentemente, en la descripción de nuevas especies (Asa Gray, Edward L. Green, George Bentham, Joseph N. Rose). Al final de ese siglo, los botánicos dan cuenta de su actividad. Una importante mención debe hacerse a Townshend. S. Brandegee, quien fue un colector y botánico californiano que realizó exploraciones (1889-1904) particularmente en la mitad sur de la península de Baja California, de donde describió 150 nuevos taxones, de los cuales 124 hoy en día son válidos, aunque algunos de sus ejemplares no han sido redescubiertos. Durante la primera mitad del siglo XX, exploradores botánicos de Estados Unidos de América aportaron la descripción de unos 270 nuevos taxones para los distintos ambientes del NO de México. La Tabla 1 resume las distintas etapas del trabajo botánico en la zona.

México no cuenta con una flora propia. Desde finales de la década de los 70's hubo intentos para abordarla, sin éxito. Recientemente, Villaseñor & Ortiz (2014) y Villaseñor (2016), basados en fuentes bibliográficas y banco de datos públicos de floras regionales, compilaron un catálogo de plantas superiores mexicanas indicando su presencia por entidad federativa. Con base

Tabla 1. Etapas, colectores relevantes, obras relevantes y destino del material colectado para el Noroeste de México.

Evento	Período	Principales Protagonistas	Principal Obra/ Destino ejemplares
Misioneros Jesuitas	1697-1768	J.J. Baegert, Fco. Xavier Clavijero	<i>Storia della California</i> 1797
Exploración del HMS <i>Sulphur</i>	1839	R.B. Hinds / G. Bentham	Bentham 1844; Cambridge, CGE
Exploración Rusa	1841-1842	E. Voznesenski	Komarov Herbarium, LE San Petersburgo
Etapas de los Exploradores	1847-1904	Edward Palmer, J. Xanthus; K. Lumholtz. +	Principalmente Museo Americano o Smithsonianiano, US
Exploración Francesa	1895	Leon Digue	Museo de Paris, P
Etapas de los Naturalistas Norteamericanos	1882-1902	Cyrus G. Pringle; Edward L. Greene; T.S. Brandegee	Museo Americano o Smithsonian, US; Universidad de California UC
Etapas de los Botánicos Norteamericanos	1905-1970	J.N. Rose; H.S. Gentry, I.M. Johnston, I. Wiggins, A. Carter, R.M. Turner; R. Moran	Shreve & Wiggins 1964; Herbarios de California UC, SD, CAS y Arizona ASU, ARIZ.
Etapas contemporáneas	1975-2017	R.S. Felger; T.R. Van Devender y A.L. Reina; J.L. León de la Luz; J. Delgadillo; J.P. Rebman, J.J. Sánchez	Herbario SD (California), ARIZ (Arizona); HCIB (Baja California Sur); BCMEX (Baja California); USON (Sonora).

Contribuciones:

José Luis León de la Luz, compiló la información, escribió y editó el manuscrito. Jon Paul Rebman, generó y compiló información sobre la flora de la península de Baja California. Thomas R Van Devender y Jesús Sánchez Escalante, generaron y aportaron la información sobre la flora de Sonora. José Delgadillo Rodríguez, aportó información de la Flora de Baja California. Alfonso Medel Narváez, manejó la base de datos del compendio florístico resultante.

en la última referencia, el estado de Baja California contaría con 2,336 taxones (140 endémicos estrictos), en tanto que Baja California Sur tendría 1,998 taxones (242) y Sonora 4,106 taxones (77). El presente trabajo es un esfuerzo de botánicos que han enfatizado su labor de recopilación florística en la región de la península de Baja California y en Sonora desde hace tres décadas; aquí se presenta la versión del recuento de la flora de los autores, basada en el contenido de sus colecciones, análisis de sus respectivas bases de datos e informes diversos; así también, se hace un análisis de la diversidad florística y de las especies endémicas de dicha flora.

Materiales y métodos

Área de estudio. En este trabajo abordamos el noroeste (NO) de México como el territorio integrado por la totalidad de la península de Baja California, con sus dos entidades políticas, Baja California (BC) y Baja California Sur (BCS) así como Sonora (SON). En la Figura 1 se ilustra la ubicación geográfica del NO de México y sus Regiones biogeográficas.

El NO de México comprende un poco más del 20 % de la superficie nacional, el 43 % de las costas y el 90 % de la superficie insular mexicana. En su conjunto, de acuerdo a la reciente Encuesta Intercensal (INEGI 2017), el NO alberga 7,293,682 habitantes, con tres núcleos relevantes por su densidad poblacional: el polo fronterizo de BC (40 %), el corredor agrícola de SON (25 %) y el extremo sur de la península, donde la zona de Los Cabos, en BCS, se caracteriza por una población flotante de cerca de un millón de turistas anuales, y algo más de medio millón de habitantes locales.

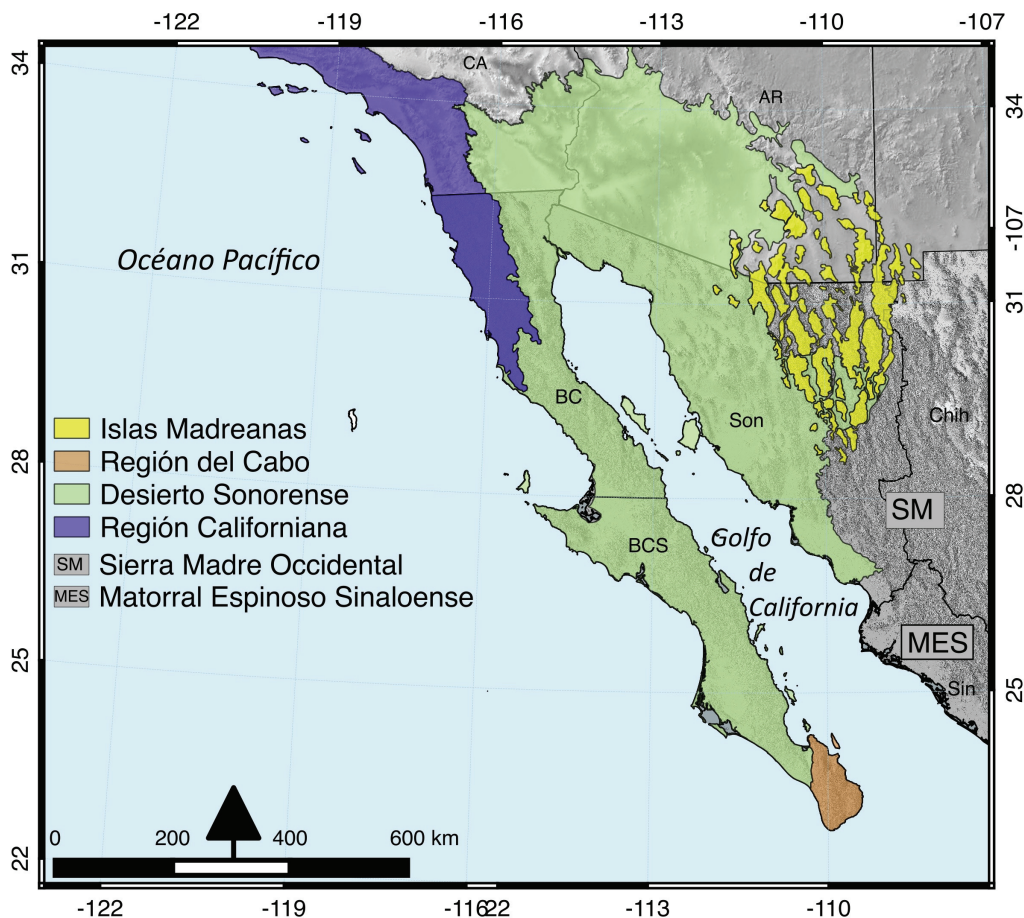


Figura 1. El Noroeste de México: Sonora (SON), Baja California (BC) y Baja California Sur (BCS) y sus regiones biogeográficas.

Topográficamente, casi la mitad del territorio del NO Mexicano corresponde a llanuras aluviales y sierras bajas menores de 400 m de elevación, aunque existen importantes cadenas de montañas cuyas cimas sobrepasan los 2,000 m de altura, tanto en la península de Baja California (La Laguna, San Pedro Mártir) como en SON dentro de la Sierra Madre Occidental (Yécora, La Madera, Mesas Tres Ríos y Nacori). Prácticamente la totalidad de los 1,500 km que comprenden la longitud de la península están ocupados por cadenas de montañas, pero éstas no forman cuencas hidrográficas lo suficientemente grandes y elevadas que permitan escurrimientos permanentes en las tierras bajas. En cambio en SON, la porción oriental, ocupada por parte de la Sierra Madre Occidental, posee extensas cuencas de captación que permiten el drenaje de los caudalosos ríos Yaqui y Mayo, hacia el Golfo de California.

Geológicamente, el territorio del NO Mexicano se encuentra ligado a la formación de la Sierra Madre Occidental, orogénesis ocurrida a través de la mayor parte del Cenozoico, asociada tectónicamente a la subducción de la histórica Placa Farallón bajo la Norteamericana, causando vulcanismo y micro-tectonismo, con el subsiguiente rompimiento y desplazamiento al NO de un borde de la placa Norteamericana, dando lugar a la apertura del proto-golfo de California y a la primigenia península, procesos iniciados durante el Mioceno tardío, hace unos 12-8 millones de años (Ferrari *et al.* 2005). El vulcanismo trajo consigo la exposición de diversos tipos de rocas magmáticas y sus derivados sedimentarios; los productos de estos episodios, irregularmente superpuestos entre sí, cubren a su vez basamento heterogéneo, principalmente granitoide, regionalmente expuesto en Sonora (Sierra de Mazatán o Huérfaña) y en la Península de Baja California (sierras de Juárez, San Pedro Mártir y la Región de Los Cabos).

De acuerdo con García (1973), el clima presente en el NO es básicamente del tipo BW (muy seco y muy cálido), en las zonas menores a 300 m de elevación, BS (seco y cálido), en las elevaciones medianas, y llega a ser del tipo C (templado sub-húmedo), en montañas sobre los 1,800 m (Sierra Madre Occidental, Juárez, San Pedro Mártir y La Laguna). Los niveles de precipitación pluvial son variables, los de menor registro son: San Felipe (41 mm) en BC, Punta Abrejos (68 mm) en BCS y El Riño (47 mm) en SON. Los de mayor registro son áreas montañosas sobre los 2,000 de elevación: Parque Nacional San Pedro Mártir (382 mm) en BC, Sierra de La Laguna (421 mm) en BCS y Yécora (Sierra Madre, 1,023 mm) en SON.

Vegetación. La carta oficial de Uso del Suelo y Vegetación de México de INEGI (1997) indica que el tipo de vegetación más ampliamente distribuido en el NO Mexicano se denomina matorral sarcocaula, caracterizado por la dominancia de especies suculentas, por ejemplo cactáceas (*Carnegiea*, *Opuntia s.l.*, *Pachycereus*, *Stenocereus*), agaváceas (*Agave*), árboles y arbustos semi-suculentos (e.g. *Bursera* spp., *Fouquieria* spp., *Jatropha* spp.), complementado por leguminosas leñosas (e.g. *Acacia*, *Lysiloma*, *Mimosa*). Esta vegetación es típica, tanto en las planicies de la Región de Los Cabos (*Cape Region*, Brandegee 1889) del sur de la península, como en la mayor parte del Desierto Sonorense peninsular y continental, si bien, dentro del ambiente desértico, la vegetación es menos densa y diversa. En las comunidades desérticas se asocian especies que pueden ser usadas como indicadoras de ese ambiente. Sin duda, el mejor ejemplo al respecto es la gobernadora *Larrea tridentata* (DC.) Coville, mientras que la proporción de trepadoras es también un buen indicador para distinguir entre ambos ambientes (Molina-Freaner *et al.* 2004). De hecho, esta vegetación cuenta con variantes reconocidas por la misma carta de INEGI (1997), como matorral crasicaule, sarco-crasicaule y micrófilo, en atención a la fisonomía.

Las Islas Serranas del Cielo Madreanas (*Madrean Sky Islands*) y no-Madreanas, con bosques de pino-encino y otras especies arbóreas, son características al noreste de SON, así como en las Sierras San Pedro Mártir y Juárez, en BC, y en BCS, en la Sierra de La Laguna. Los principales componentes fisonómicos son especies de robles o encinos (*Quercus* spp.), ya que se reconocen 52, así como 24 especies de *Pinus*, de los cuales cinco son piñoneros. Otras coníferas relevantes, de clara afinidad con las Montañas Rocallosas (*Rocky Mountains*) y latitudes boreales, son *Abies* spp., *Calocedrus decurrens* (Torr.) Florin, *Cupressus* spp., *Hesperocyparis* spp. y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

La vegetación de la Región Californiana en el NO de la península de BC ha tenido algunas propuestas de subdivisión. Delgadillo (1998) considera a la franja, desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 600 m, se compone de matorrales costeros mezclados con elementos

del chaparral, esta vegetación se compone de arbustos y plantas suculentas y semi-suculentas, cuyos dominantes fisonómicos son miembros de las familias de las agaváceas, anacardiáceas, asteráceas, cactáceas, crasuláceas, lamiáceas, ramnáceas, rosáceas y poligonáceas, entre otras. El chaparral de montaña se ubica sobre los 600 m, siendo la vegetación más representativa de esta provincia florística, y aunque es muy rica en diversidad de plantas, sólo un grupo reducido de especies es dominante, destacando integrantes de los géneros *Adenostoma*, *Arctostaphylos*, *Artemisia*, *Ceanothus* y *Quercus*.

En la Región de Los Cabos, el matorral sarcocaula y la selva baja caducifolia ocupan las planicies aluviales y las laderas de montaña, respectivamente, comparten una importante cantidad de especies; sin embargo, algunas arbóreas dominantes son diagnósticas de este último tipo de vegetación como el mauto (*Lysiloma divaricatum* (Jacq.) JF Macbr., palo zorrillo (*Senna atomaria* (L.) HS Irwin & Barneby), palo escopeta (*Hesperalbizia occidentalis* (Brandege) Barneby & JW Grimes), cardón barbón (*Pachycereus pecten-aboriginum* (Engelm. ex S Wats.) Britton & Rose. La selva baja caducifolia de SON también ocupa las laderas de montañas como la selva de la Región de Los Cabos; ambas comparten algunas especies como dominantes fisonómicas y limitan hacia las planicies aluviales con comunidades de matorrales. Rzedowski (1979) considera que el matorral sarcocaula de la Región de Los Cabos y el matorral espinoso del sur de SON corresponden a comunidades vegetales funcionalmente equivalentes, ubicadas en la transición del trópico-seco y las comunidades francamente xerófitas, aunque su composición florística es similar sólo a nivel de género (*Acacia*, *Condalia*, *Castela*, *Cylindropuntia*, *Mimosa*, *Parkinsonia*, *Sideroxylon*, *Ziziphus*, y otros).

La vegetación costera se encuentra constituida por distintas agrupaciones ligadas, en primer lugar, a la calidad del sustrato; de esta manera, los manglares y marismas se asocian a zonas deltaicas, principalmente a las descargas fluviales intermitentes, reducidas en superficie, salvo excepciones. Los manglares de los estados que conforman el NO de México integran el 5 % de los existentes en la superficie nacional (CONABIO 2009), los del canal del Infiernillo en SON representan el límite norteño de su distribución geográfica en el continente (Isla Tiburón, estero El Sargento). Las dunas costeras se encuentran bien representadas en la costa Pacífica de la península, en menor grado en el Golfo de California, así como en SON (Johnson 1977, 1982).

Regiones biogeográficas. Las tres entidades comparten parcialmente las siete sub-regiones de la provincia del Desierto Sonorense (Shreve & Wiggins 1964), que en términos generales ocupa cerca del 75 % de dicho territorio interestatal. El Desierto Sonorense es el más cálido de los desiertos americanos (Van Devender 2002), una importante proporción de sus componentes florísticos son geográficamente afines al trópico seco mexicano, aunque el sector norte tiene influencia norteamericana. Su principal determinante ambiental es el verano muy cálido, con errática lluvia monzónica durante el verano tardío, y más errática aun durante el invierno.

Cerca del 8 % de la superficie del noroeste está ocupado por la extensión más austral de la provincia biogeográfica Californiana, misma que en Estados Unidos de América ocupa prácticamente todo California, determinada ambientalmente por la influencia marina de la fría Corriente de California, con incidencia de lluvia invernal, así como veranos cálido-secos, y funcionalmente por la recurrencia de fuegos zonales (Delgadillo 1998).

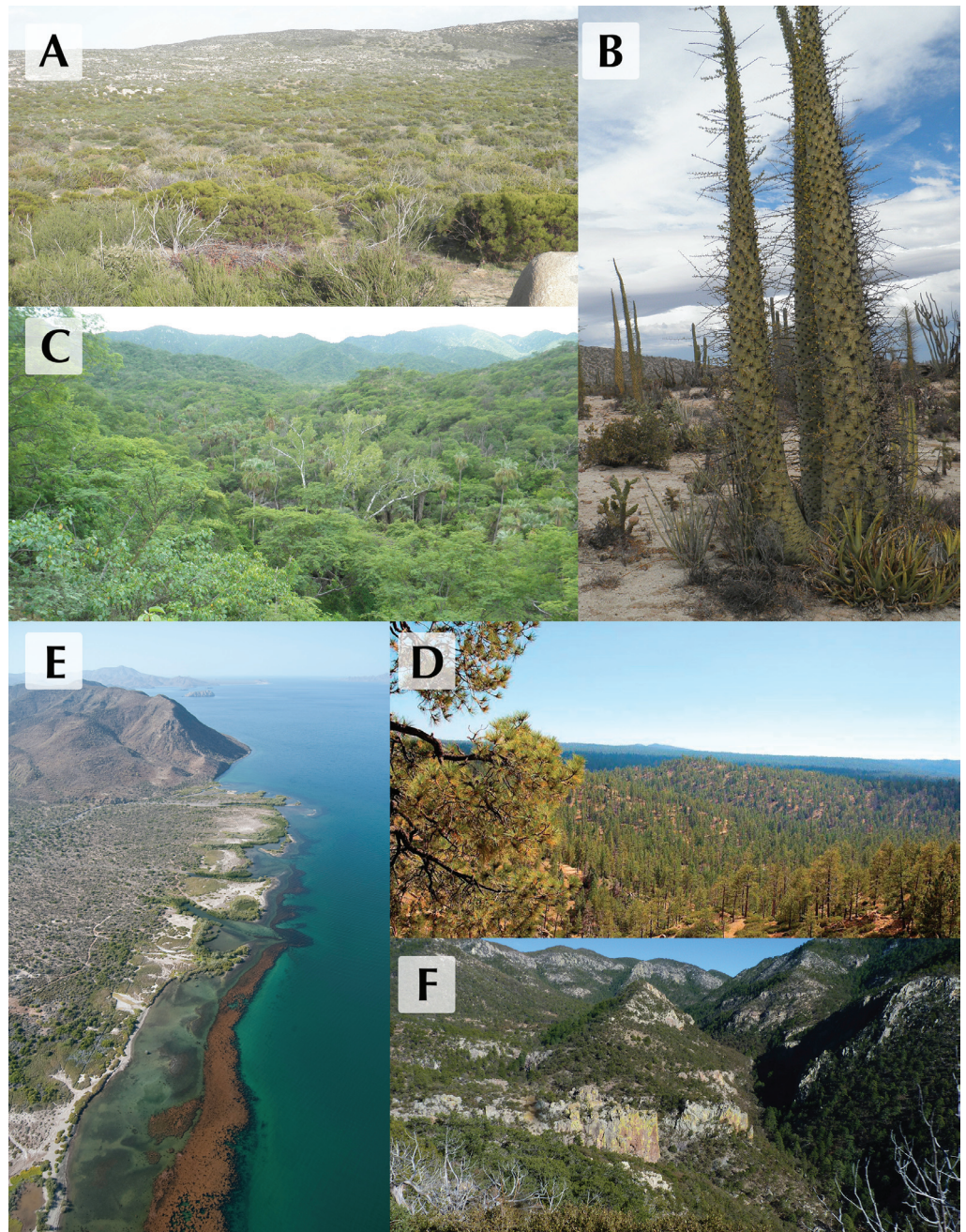
El extremo sur de la península de Baja California se encuentra ocupado por la provincia denominada Región de Los Cabos, la cual comprende un 5 % del total del territorio de la región del NO, con elevaciones hasta de 2,000 m, pie de montes y planicies aluviales. Sus principales rasgos ambientales son: la lluvia de verano tardío inducida por perturbaciones ciclónicas del Pacífico tropical mexicano y la templada temperatura del invierno. La vegetación de las zonas bajas corresponde a un matorral semi-suculento ("sarcocaula" de acuerdo a INEGI 1997), selva baja caducifolia, y sólo las altas montañas incluyen vegetación con encinos y pino piñonero, de afinidad con la Sierra Madre Occidental y Costa Pacífica Mexicana (León de la Luz *et al.* 2000).

En el extremo norte de SON destacan las denominadas Islas Serranas del Cielo Madreanas, esto es, comunidades vegetales asentadas en montañas, de afinidad biogeográfica mixta, aunque tienden a caracterizarse por los componentes propios de la Sierra Madre Occidental y otros pro-

cedentes de las Montañas Rocallosas de Norteamérica. El “archipiélago” Madreano comprende unas 57 “islas de montaña” (McLaughlin 1995, Van Devender *et al.* 2013), ubicadas entre el norte de SON y el sur de Arizona. Se estima que cubren un 5 % de la superficie del NO.

Otra fracción de la superficie interestatal (ca. 7 %) se encuentra cubierto por regiones transicionales entre las regiones biogeográficas antes mencionadas; en la Península de Baja California, la Sierra de La Giganta se enclava entre el Desierto Sonorense y la Región de Los Cabos (León de la Luz *et al.* 2012), y en el sur de SON se extiende todavía la provincia Sinaloense, (*Sinaloan Thornscrub* y *Sinaloan Deciduous Forest*, de acuerdo a Brown 1994), la cual se caracteriza por vegetación del tipo matorral espinoso, que gradualmente se entremezcla con el matorral xerófilo (*sarcocaul*) del Desierto Sonorense (Gentry 1942, Rzedowski 1979). En la figura 2 se muestran imágenes de algunos de los ambientes anteriormente descritos.

Figura 2. Vegetación del NO de México. A- Chaparral cercano a Tecate, BC. B- Matorral Sarcocaul en la Reserva Valle de los Cirios, BC. C- Selva Baja Caducifolia en la Reserva Sierra de La Laguna, BCS. D- Bosque de Coníferas en el Parque Sierra San Pedro Mártir, BC. E- Vegetación Costera en Bahía Concepción, BCS. F- Bosque de Pino-Encino, Sierra El Tigre, SON (fotos de los autores).



Consulta de colecciones. El consorcio de herbarios “BajaFlora” (<http://www.bajaflores.org/>), administrado por el Museo de Historia Natural de San Diego, ha integrado la información de cinco herbarios de California (RSA/POM, SD, SBBG, SDSU, UCR) y los dos de la Península (HCIB, BCMEX), que conjuntamente integran una base de datos de casi 88,850 ejemplares registrados para los límites políticos de la península y sus islas. Esta información ha sido recientemente editada y publicada como listado por Rebman *et al.* (2016).

Adicionalmente, el portal denominado “Red de Herbarios del Noroeste de México” (RHN, <http://www.herbanwmex.net/>), al igual que SEINet (<http://swbiodiversity.org/>), se han implementado sobre la plataforma de software “Symbiota”, el cual se encuentra administrado por la Universidad de Sonora. Este integra una base de datos de 63,773 ejemplares registrados para los límites políticos de SON, el portal permite también la consulta de la información de los registros curatoriales de algunos herbarios del norte de México. De hecho, una parte importante de la información para SON fue publicada por Van Devender *et al.* (2010, 2014, 2015). Esta información se incorporó a la base de datos de la presente investigación.

Cabe señalar que se realizaron ajustes al componente florístico de SON referido por Van Devender *et al.* (2010, 2014, 2015) y al complementado con SEINet, primero nomenclaturales para compatibilizar la lista con la elaborada para la península bajo el sistema APG III (consultado en Tropicos 2017), y luego con depuraciones de registros, pues las listas originales contenían especies cultivadas y otras sin determinación taxonómica completa. Finalmente, la información de “taxones no-nativos” se basó en diferentes referencias bibliográficas (Wiggins 1980, Gould & Moran 1981, Villaseñor & Espinoza-García 2004, Garcillán *et al.* 2013).

Resultados

De acuerdo a la recopilación lograda, la flora del NO Mexicano cuenta con 5,865 registros a nivel de especie y categorías infraespecíficas, que se agrupan en 210 familias y 1,421 géneros (Tabla 2); SON es la entidad con mayor biodiversidad con 3,762 taxones totales, seguida de BC y BCS con 2,583 y 2,070, respectivamente. De la base de datos total obtenida sin replicación de taxones (5,865 registros), 868 taxones corresponden a categorías infraespecíficas (538 variedades, 269 subespecies y tres formas). Se consignan, además, 70 híbridos, destacando 12 dentro del género *Quercus* e igual número en la familia de las cactáceas.

Las diez familias de plantas con mayor diversidad de especies se ilustran en la Tabla 3. Estas incluyen casi el 50 % del total, ocupando las tres primeras posiciones Asteraceae, Fabaceae y Poaceae, lo cual es un rasgo propio de floras estatales y regionales de México. La Tabla 4 presenta los 22 géneros con mayor diversidad de taxones, separados por entidad política; de éstos *Euphorbia* es altamente diverso en las tres entidades federativas, mientras que *Agave*, *Cyperus*, *Desmodium*, *Ipomoea* y *Muhlenbergia* resaltan en la flora de SON y BCS, así como *Eriogonum* y *Atriplex* entre BC y BCS.

Los taxones no-nativos integran un total de 446 (el 7.6 % del total; 254 en SON y 233 en BC y BCS); la familia de las gramíneas es la más diversa en taxones (109), seguida de las compuestas (43) y amarantáceas (30). Los principales géneros son: *Solanum* (10 taxones), *Amaranthus* y *Eragrostis* (9) presentes en las tres entidades. Los géneros *Rumex* (8), *Hordeum* y *Bromus* (6) están principalmente en BC, *Cenchrus* y *Digitaria* (7) en BCS, y *Chenopodium* y *Euphorbia* (6) en SON.

Tabla 2. Diversidad taxonómica en las floras regionales de las entidades federativas del Noroeste mexicano. El total se refiere a los taxones sin replicación.

Estado	Familias	Géneros	Especies + infra especies
Baja California	156	807	2,583
Baja California Sur	159	737	2,070
Sonora	189	1,103	3,762
Total de taxones	210	1,421	5,865

Tabla 3. Familias de plantas más diversas de la flora del NO de México (50 % de los taxones totales) y su diversidad taxonómica. La cifra entre paréntesis se refiere al número de taxones considerados no-nativos a nivel de especie y categorías menores, la cual está incluida en la cifra que le antecede.

Familia	Géneros	Especies	Taxones Infraespecíficos	Total Taxones
Asteraceae	223	644 (34)	216 (9)	860 (43)
Fabaceae	88	400 (26)	134 (1)	534 (27)
Poaceae	118	394 (101)	86 (8)	480 (109)
Cactaceae	26	139 (3)	88 (0)	227 (3)
Boraginaceae	30	120 (0)	60 (0)	180 (0)
Euphorbiaceae	17	156 (8)	22 (0)	178 (8)
Malvaceae	40	156 (7)	19 (0)	175 (7)
Lamiaceae	29	122 (13)	28 (0)	150 (13)
Cyperaceae	14	120 (5)	15 (0)	135 (5)
Brassicaceae	43	94 (28)	29 (0)	123 (28)

El endemismo estricto para la flora de BC incluye 294 taxones, en BCS 391 y en SON 79. En la Tabla 5 se presentan, además, los taxones endémicos compartidos entre las tres entidades, que en el caso de BC y BCS es particularmente importante (135). El gran total de taxones endémicos a los tres estados que conforman el NO es de 941.

La Tabla 6 muestra las 15 familias y géneros que poseen mayor cantidad de taxones endémicos (especies e infraespecies, e híbridos). La tabla puede analizarse por el número absoluto de taxones endémicos o bien su porcentaje. Como sea, destacan las cactáceas, donde la mitad de sus taxones son exclusivos (88 de 116), y cuatro de sus géneros resaltan por su número de endemismos (*Mammillaria*, *Ferocactus*, *Cylindropuntia* y *Echinocereus*), además registra el caso de dos taxones de origen híbrido-intergenérico, \times *Myrtilocactus* y \times *Pacherocactus*. Las crasuláceas son también relevantes, *Dudleya* su único género con endemismos expresa 28 de los 34 taxones registrados. Casos similares son los de Asparagaceae, quien contiene 73 taxones, 53 son *Agave* y 30 de estos (58 %) son endémicos. En contraste, en la diversificada familia de las fabáceas (534 taxones registrados), sólo 2 géneros destacan (*Astragalus* y *Marina*), entre ambos reúnen 75 taxones de los cuales 29 son endémicos (38.6 %); mientras que las asteráceas (860 taxones), apenas resalta con *Encelia*, quien con 17 taxones consignan 11 endemismos regionales (64.7 %).

Por último, la lista de los géneros endémicos es también importante por sus 18 integrantes, de

Tabla 4. Géneros de la flora vascular con mayor diversidad en los estados del NO de México. Las cifras incluyen el número total de taxones (variedades, subespecies, formas e híbridos).

Baja California		Baja California Sur		Sonora	
Género	Taxones	Género	Taxones	Género	Taxones
<i>Eriogonum</i>	47	<i>Euphorbia</i>	52	<i>Euphorbia</i>	77
<i>Astragalus</i>	35	<i>Cyperus</i>	27	<i>Muhlenbergia</i>	52
<i>Euphorbia</i>	32	<i>Ipomoea</i>	25	<i>Cyperus</i>	50
<i>Dudleya</i>	30	<i>Atriplex</i>	19	<i>Dalea</i>	39
<i>Phacelia</i>	29	<i>Ambrosia</i>	18	<i>Ipomoea</i>	39
<i>Cylindropuntia</i>	28	<i>Mammillaria</i>	18	<i>Cheilanthes</i>	32
<i>Acemisson</i>	27	<i>Desmodium</i>	17	<i>Quercus</i>	32
<i>Juncus</i>	26	<i>Agave</i>	16	<i>Desmodium</i>	31
<i>Arctostaphylos</i>	21	<i>Eriogonum</i>	16	<i>Agave</i>	30
<i>Atriplex</i>	21	<i>Muhlenbergia</i>	16	<i>Salvia</i>	30

Tabla 5. Numero de taxones estrictamente endémicos y endemismos compartidos entre las entidades que conforman el NO de México. Se incluyen las categorías infraespecíficas (var. variedades; subsp. subespecies).

Estado	Endemismos estrictos por entidad
Baja California	294 (27 var., 9 subsp., 36 híbridos)
Baja California Sur	391 (65 var., 30 subsp., 3 híbridos)
Sonora	79 (4 var., 8 subsp., 30 híbridos)
TOTAL	764 (96 var., 44 subsp., 69 híbridos)
Endemismos interestatales	
BC + BCS	135 (28 var. 8 subsp. 1 híbrido)
BC + SON	4
BCS + SON	10 (2 var. 2 subsp.)
BC + BCS + SON	28 (6 var. 2 subsp.)
Gran Total	941 (132 var. 56 subsp. 70 híbridos)

los cuales 12 son monoespecíficos y dos son de origen híbrido, la relación es la siguiente (entre paréntesis se anota el número de taxones contenidos en c/u): Anacardiaceae (*Pachycormus* 3 taxones), Asteraceae (*Adenothamnus*, 1; *Amauria*, 3; *Baeriopsis*, 1; *Coulterella*, 1; *Faxonia*, 1), Cactaceae (\times *Myrtgerocactus*, 1; \times *Pacherocactus*, 1, *Cochemiea*, 5, *Morangaya*, 1); Fouquieriaceae (*Idria*, 1), Oleaceae (*Hesperelaea*, 1); Onagraceae (*Xylomagra*, 2), Polemoniaceae (*Acanthogilia*, 1), Polygonaceae (*Harfordia*, 3), Rubiaceae (*Carterella*, 1, *Stenotis*, 9), Themidaceae (*Behria*, 1). El más diversificado es *Stenotis* (Rubiaceae), con nueve taxones, mientras que 12 géneros son monoespecíficos. Existe controversia sobre la validez de *Carterella* (*Hedyotis*), *Cochemiea* (*Mammillaria*), *Idria* (*Fouquieria*) y *Morangaya* (*Echinocereus*).

Otros géneros tienen un centro de diversidad importante en la cuenca del Golfo de California, por ejemplo, *Marina* (Fabaceae; 11 endemismos de 23 taxones registrados). Los basiónimos pueden revisarse en Rebman *et al.* (2016), o bien en el portal de Trópicos.

Tabla 6. Se presentan las 15 familias y géneros de la flora del noroeste de México con mayor número total de taxones y su proporción de taxones endémicos (especies y categorías infraespecíficas, e híbridos), el respectivo porcentaje del endemismo se muestra entre paréntesis.

Familia	Total Taxones	Endémicos (%)	Género	Total Taxones	Endémicos (%)
Asteraceae	860	155 (18.0)	<i>Mammillaria</i>	45	30 (66.7)
Cactaceae	227	116 (51.1)	<i>Agave</i>	53	30 (56.6)
Fabaceae	534	87 (16.3)	<i>Dudleya</i>	34	28 (82.4)
Polygonaceae	120	41 (34.2)	<i>Eriogonum</i>	56	28 (50.0)
Asparagaceae	73	35 (47.9)	<i>Cylindropuntia</i>	42	27 (64.3)
Euphorbiaceae	178	31 (17.4)	<i>Astragalus</i>	52	19 (36.5)
Malvaceae	159	28 (17.6)	<i>Ferocactus</i>	26	17 (65.4)
Crassulaceae	50	28 (56.0)	<i>Euphorbia</i>	90	17 (18.9)
Lamiaceae	150	26 (17.3)	<i>Echinocereus</i>	36	14 (38.9)
Rubiaceae	88	23 (26.1)	<i>Encelia</i>	17	11 (64.7)
Boraginaceae	180	18 (10.0)	<i>Arctostaphylos</i>	21	11 (52.4)
Onagraceae	85	15 (17.6)	<i>Salvia</i>	50	11 (22.0)
Verbenaceae	60	15 (25.0)	<i>Sphaeralcea</i>	20	10 (50.0)
Polemoniaceae	81	13 (16.0)	<i>Marina</i>	23	10 (43.5)
Ericaceae	34	13 (38.2)	<i>Galium</i>	25	10 (40.0)

Discusión

La revisión de la tabla 4 permite notar que los géneros con mayor riqueza de especies se encuentran en SON y BCS; por otro lado, en BC resaltan seis géneros que no son diversos en los otros dos estados (*Astragalus*, *Dudleya*, *Phacelia*, *Acmispon*, *Juncus*, *Arctostaphylos*), lo cual es atribuible a la influencia de la región Californiana, sitio donde estos se encuentran ampliamente diversificados (Baldwin *et al.* 2012). Sin embargo, al analizar el total de los 5,865 taxones que componen la flora del NO con un análisis de presencia-ausencia por entidad, se encuentra que sólo el 12 % es común a las tres entidades, 10 % es común entre SON y BCS; mientras que un 6 % se registra entre BC y SON, y 4 % entre BC y BCS, mientras que los taxones no-compartidos entre las tres entidades difieren en gran medida, destacando SON (38 %), seguido de BC (21 %) y BCS (9 %). Sin embargo, entre los 536 taxones (el 9 %) que BCS no comparte con BC y SON, se incluyen los 391 endémicos exclusivos de esa entidad (Tabla 5), lo cual resalta su importancia como centro generador de endemismos, aspecto atribuible principalmente a su relativo aislamiento, iniciado desde su primigenia conformación a finales de Mioceno (10-8 MA), y a su particular historia geológica (Ferrari *et al.* 2005), aspectos que le han conferido condiciones de real y virtual insularidad (Riddle *et al.* 2000).

Dentro de la flora estudiada resaltan algunos rasgos, por ejemplo en el género *Euphorbia*, donde destacan integrantes del subgénero *Chamaesyce*, que es el más diversificado de manera absoluta y en cada una de las tres entidades, representa aproximadamente el 25 % de todas las especies de *Euphorbia* en México (Steinmann 2002). Las cactáceas se encuentran más diversificadas en la zona desértica de la Península que en la de SON, en BC destaca *Cylindropuntia* y en BCS *Mammillaria*; otras suculentas diversificadas incluyen al género *Agave* tanto en SON como en BCS.

No existen endemismos estrictos a nivel familia en el NO mexicano, pero cabe señalar a Simmondsiaceae van Tiegh., monogenérica y monoespecífica; donde el 90 % de la distribución natural conocida de su único taxón, *Simmondsia chinensis* (Link) Schneid., jojoba, corresponde a la superficie de estas tres entidades.

La sumatoria de especies estrictamente endémicas a cada uno los estados del NO es de 764, números que están subestimados en Villaseñor & Ortiz (2014, Magnoliophyta) y Villaseñor (2016, Tracheophyta), ya que señalan 148-140 para BC, 242 para BCS y 89-77 para SON, respectivamente, (total 479-459). Como región geográfica, de acuerdo a los registros de este trabajo, el número de endemismos del NO aumenta a 941; estos números resaltan en el contexto nacional, ya que al compararlos con lo reportado por Villaseñor & Ortiz (2014) y Villaseñor (2016) para las entidades de Oaxaca (732-760 endemismos estrictos, respectivamente), Chiapas (391-403) y Guerrero (262-237), donde se encuentran los mayores niveles de diversidad y endemismo del país, se revela un importante rasgo de la flora del NO de México, pues si bien es relativamente pobre en número de especies al compararla con la flora francamente tropical, su cantidad de endemismos es notable. Lo anterior apoya el enunciado de Rzedowski (1993), al señalar que el endemismo en México es relevante en las zonas áridas del país.

Los endemismos a nivel de género y de especie requieren una documentación profunda para su mejor comprensión y se permita su preservación. A nivel de género, sólo *Idria* y *Pachycormus* conforman poblaciones extensas, mientras que los restantes 16 consisten de especies con poblaciones restringidas geográficamente, incluso algunas posiblemente extintas, como lo son *Hesperelaea* (Isla Guadalupe, BC) y *Faxonia* (Sierra de La Laguna, BCS). A nivel de especie, ha habido aproximaciones para conocer su regionalización y los patrones geográficos ocupados (Riemann & Ezcurra 2007), pero también se requiere conocer aspectos propios sobre la biología reproductiva y particularmente de su vulnerabilidad ante las amenazas de la pérdida del hábitat y el cambio climático. Baste añadir que en un análisis somero para los endemismos de BCS, Rebman *et al.* (2016) ubican 23 especies sólo conocidas de la localidad Tipo, otras 50 que habitan una o dos localidades, con escasos ejemplares, y cerca de 100 tienen un espacio geográfico menor de 25 km²; estos números contrastan con los 27 taxones considerados “microendémicos” para la península por Sosa & De Nova (2012), en un estudio a nivel país.

El considerar que tan intensiva ha sido la exploración botánica del NO mexicano pudiera ser un tanto ligero si se utilizan “índices de colección”, los cuales sencillamente dividen el número de colectas entre la superficie a considerar. De acuerdo con las bases de datos disponibles en BajaFlora y SEINet (RHNM), la cantidad de ejemplares curados y georeferenciados es de 88,850 y 63,773, respectivamente; aunque hay un traslape de al menos 41,231 lo cual permite estimar en un poco más de 110,000 números de colecta para el NO de México. No obstante lo anterior, al mapear los sitios de colecta y observarlos a escala de alta resolución, es palpable que existen todavía áreas que carecen de registros que requieren de un trabajo botánico a realizar en el futuro cercano. El NO mexicano posee una densidad poblacional humana moderada-baja en el contexto nacional, la población se encuentra polarizada en ciertos núcleos; además, el catálogo nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP 2017) consigna la existencia de 19 reservas dentro de las tres entidades del NO. La resultante de estos hechos son regiones escasamente exploradas botánicamente, que en el futuro puede rendir la existencia de nuevos taxones, tanto en su dispersión geográfica, como para la flora mexicana. La Figura 3 muestra la ubicación geográfica de 9,850 sitios de colecta obtenidos de los portales BajaFlora (BC y BCS) y 17,267 SEINet (SON); a baja resolución se observan que los espacios con nula o escasas colectas corresponden a diferentes condiciones topográficas, donde el esfuerzo de colecta ha sido menor que en otras áreas. Sin embargo, las zonas tradicionalmente exploradas, continúan aportando información, y no pueden declararse totalmente conocidas.

Por otro lado, debido a la naturaleza árida del territorio, la proporción de las plantas exóticas en la flora conforman un grupo moderado (7 % de la flora), estando sectorizadas en las zonas de uso agropecuario y urbanas; la región Mediterránea ha sido la más vulnerada, pues registra 182 taxones, procedentes particularmente de la región euro-asiática (Garcillán *et al.* 2013). Sin embargo, hay un grupo notablemente pernicioso para la estabilidad biológica de las comunidades naturales, e incluso para el interés humano, entre las que destacan *Cryptostegia grandiflora* R. Br., *Convolvulus arvensis* L., *Hordeum murinum* L., y cuatro especies de *Tamarix*; mientras que *Penisetum ciliare* (L.) Link y *Melinis repens* (Willd.) Zizka, son controversiales por la dualidad de su invasividad y por su relevancia como plantas forrajeras.

La vegetación de ambientes costeros merece especial atención, pues la franja litoral de los estados del NO comprende el 43 % de las costas del país, siendo una superficie tan estrecha que difícilmente es cartografiable. Los manglares del NO representan el 5 % de la superficie nacional (CONABIO 2009), con escasas especies en su flora, pero son ecológicamente muy importantes como centros de generación de vida marina en la región, considerada la más rica en productividad biológica y, en consecuencia, la de mayor actividad pesquera del país. También, las playas y dunas costeras se encuentran en un severo riesgo debido a las diversas actividades asociadas a mega-desarrollos turísticos, como en el corredor de Los Cabos BCS y la zona de Puerto Peñasco, en SON (Espejel *et al.* 2017).

El esfuerzo de los autores durante las últimas tres décadas para desarrollar la flora del NO de México es notable. Por ejemplo, para la península de Baja California se ha incrementado un 25 % el primer recuento realizado (2,958 taxones, de acuerdo a Wiggins, 1980) y en cuanto al recuento de Villaseñor (2016), se contabiliza con un incremento de 10.5 % para BC, 4.1 % para BCS y un decremento de 8.3 % para SON. Para este último estado, el desarrollo florístico ha sido más lento, y sólo hasta recientemente se cuenta con datos confiables, los cuales parten de las actividades de Van Devender *et al.* (2009, 2014, 2015), que están disponibles en el portal de SEINet; una manera de medir la reciente actividad de exploración botánica en SON es considerar que de sus 79 endemismos estrictos, 40 (56 %) han sido descritos en los últimos 25 años.

La flora del NO de México no puede considerarse concluida. Hay una excelente plataforma de conocimiento básico. Un nuevo reto consiste en plantear y ejecutar proyectos de conservación para sus especies exclusivas, así como los riesgos que implican la reciente introducción de invasivas ante el escenario del cambio climático global.

Agradecimientos

A la *Sociedad Botánica de México* que nos permite exponer nuestros esfuerzos en este manuscrito, así como al cuerpo de revisores y editores. Se agradecen las sugerencias propuestas

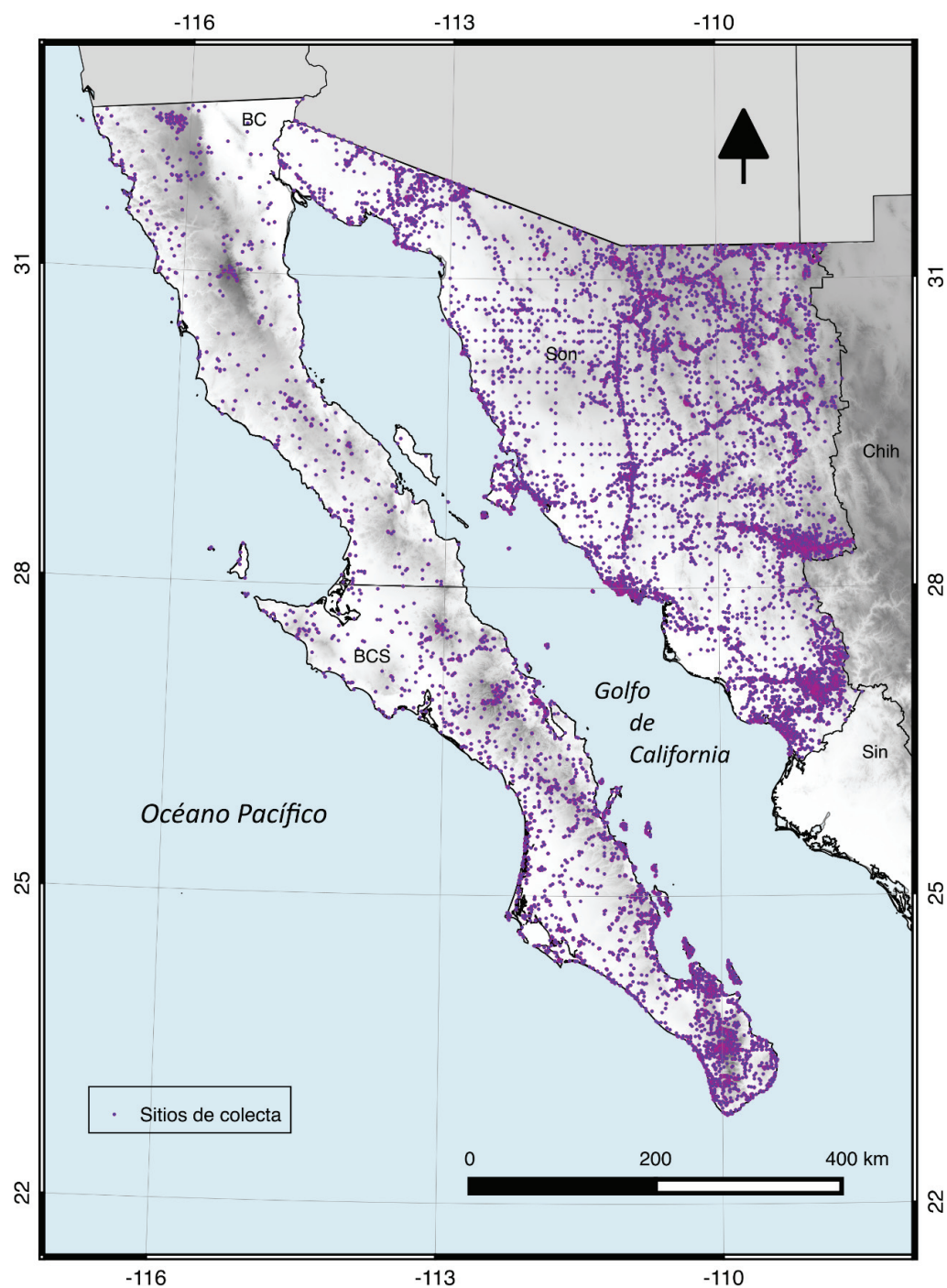


Figura 3. Ubicación geográfica de 27,117 sitios de colecta para el NO de México. Información recabada a partir de los portales BajaFlora para Baja California y Baja California Sur (9,859) y SEINet para Sonora (17, 267).

por dos revisores anónimos y los del Dr. Guillermo Ibarra Manríquez, los cuales ayudaron a mejorar de manera importante versiones preliminares de este trabajo. La lista de colaboradores de campo, y de herbario, que han participado en distintas fases del trabajo de herborización e identificación es enorme, por lo que se omite su mención ya que sería injusto citar a sólo unos cuantos.

Literatura citada

- Baldwin BG, Goldman D, Keil DJ, Patterson R, Rosatti TJ, Wilken D. (eds.). 2012. *The Jepson Manual, Vascular Plants of California, Thoroughly Revised and Expanded*. The University of California Press. ISBN: 9780520253124
- Brandege TS 1889. Plants from Baja California. *Proceedings of the California Academy of Science* **Ser. 2, Vol II**: 117-216.
- Brown DE. ed. 1994. *Biotic Communities: Southwestern United States and Northwestern Mexico*. University of Utah Press. ISBN: 9780874804591.
- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. 2009. *Manglares de México: Extensión y Distribución*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN: 978-607-7607-10-6
- CONANP [Comisión Nacional de las Áreas Naturales Protegidas de México]. 2017. Áreas Naturales Protegidas Decretadas. <<http://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/areas-naturales-protegidas-decretadas>> (accessed: September 20, 2017).
- Delgadillo J. 1998. *Florística y ecología del norte de Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California. ISBN: 963-7326-77-8
- Espejel I, Jiménez-Orocio O, Castillo-Campos G, Garcillán PP, Álvarez L, Castillo-Argüero S, Durán R, Ferrer M, Infante-Mata D, Iriarte S, León de la Luz JL, López-Rosas H, Medel-Narváez A, Monroy R, Moreno-Casasola P, Rebman JP, Rodríguez-Revelo N, Sánchez-Escalante J, Vanderplank S. 2017. Flora en playas y dunas costeras de México. *Acta Botanica Mexicana* **121**: 39-81. DOI: 10.21829/abm121.2017.1290
- Ferrari L, Valencia-Moreno M, Bryan S. 2005. *Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica*. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. **LVII**: 303-378. <[http://www.geociencias.unam.mx/~alaniz\(SGM/Centenario/57-3/5Ferrari.pdf](http://www.geociencias.unam.mx/~alaniz(SGM/Centenario/57-3/5Ferrari.pdf)> (accessed August 27, 2016)
- García E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Garcillán PP, León de la Luz JL, Rebman JP, Delgadillo J. 2013. Plantas no nativas de la península de Baja California, México. *Botanical Sciences* **91**: 461-475. DOI: 10.17129/botsci.423
- Gentry H S. 1942. *Río Mayo Plants*. Carnegie Institution of Washington. ISBN: 13-978-0816517268
- Gentry HS. 1972. *The Agave family in Sonora*. US Dept. of Agricultural Research Service.
- Gentry HS. 1978. *The agaves of Baja California*. California Academy of Sciences. ISSN: 0068-5461.
- Gould FW, Moran RV. 1981. *The Grasses of Baja California, Mexico*. San Diego Society of Natural History, **12**: 1-140
- INEGI [Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática]. 1997. Mapa digital de uso del suelo y vegetación de Baja California y Baja California Sur (Serie 2), escala 1:250,000. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/bcsaprgn.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no&as=.html> (accessed: January 3, 2017)
- INEGI. 2017. Encuesta Intercensal 2015. <<http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P>> (accessed: January 3, 2017).
- Johnson AF. 1977. A survey of the strand and dune vegetation along the Pacific and southern gulf coasts of Baja California, Mexico. *Journal of Biogeography* **7**: 83-99. DOI: 10.2307/3038131
- Johnson AF. 1982. Dune vegetation along the eastern shore of the Gulf of California. *Journal of Biogeography* **9**: 317-330. DOI: 10.2307/2844718
- León de la Luz JL, Pérez-Navarro JJ, Breceda A. 2000. A transitional xerophytic tropical plant community of the Cape Region, Baja California. *Journal of Vegetation Science* **11**: 555-564.
- León de la Luz JL, Domínguez-Cadena R, Medel-Narváez A. 2012. Florística de la Selva Baja Caducifolia de la Península de Baja California, México. *Botanical Sciences* **90**: 143-162. DOI: 10.17129/botsci.480.
- McLaughlin SP. 1995. An overview of the flora of the Sky Islands, southeastern Arizona: Diversity, affinities, and insularity.. In: DeBano LF, Ffolliott PF, Ortega-Rubio A, Gottfried GJ, Hamre RH, Edminister CB. (coords.) *Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago: The Sky Islands of southwestern United States and Northwestern Mexico*. Gen. Tech. Rep. RM-GTR-264. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 60-70. DOI: 10.2737/RM-GTR-264
- Molina-Freaner F, Castillo-Gámez R, Tinoco-Ojanguren C, Castellanos AE. 2004. Vine species diversity across environmental gradients in northwestern Mexico. *Biodiversity and Conservation* **13**: 1853-1874. DOI: 10.1023/B:BIOC.0000035871.80725.1a

- Rebman JP, Gibson J, Rich K. 2016. Annotated checklist of the vascular plants of Baja California, Mexico. *Proceedings of the San Diego Natural History Museum*. **45**: 1-352
- Riemann H, Ezcurra E. 2007. Endemic regions of the vascular flora of the peninsula of Baja California, Mexico. *Journal of Vegetation Science* **18**: 327-336. DOI: 10.1658/1100-9233(2007)18[327: EROTVF]2.0.CO;2
- Rzedowski J. 1979. Los bosques secos y semi-húmedos de México con afinidades neotropicales. In: Halffter G, Ravinovich J. (comps.) *Tópicos de Ecología Contemporánea*. Fondo de Cultura Económica 37-46. ISBN: 9681602617, 9789681602611.
- 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*. Oxford University Press. NY. 129-148. ISBN-10: 019506674X; ISBN-13: 978-0195066746
- Riddle BR, Hafner DJ, Alexander LF, Jaeger JR. 2000. Cryptic vicariance in the historical assembly of a Baja California peninsular desert biota. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **97**: 14438-14443. DOI: 10.1073/pnas.250413397
- Steinmann, VW. 2002. Diversidad y endemismo de la Familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botanica Mexicana* **61**: 61-93. DOI: 10.21829/abm61.2002.909
- Shreve F, Wiggins IL. 1964. *Vegetation and Flora of the Sonoran Desert*. Stanford University Press. ISBN-13: 978-0804701631
- Sosa V, De Nova JA. 2012. Endemic angiosperm lineages in Mexico: hotspots for Conservation. *Acta Botanica Mexicana* **100**: 293-315.
- Taylor NP. 1985. *The genus Echinocereus*. The Royal Botanical Gardens, Kew and Timber Press. ISBN-13: 9780881920529
- Tropicos.org. 2017. Missouri Botanical Garden. <<http://www.tropicos.org>> (accessed January 5, 2017).
- Van Devender TR. 2002. Environmental history of the Sonoran Desert. In: Fleming TH, Valiente-Banuet A. eds. *Columnar Cacti and their Mutualists: Evolution, Ecology, and Conservation*. Arizona University Press. 3-24. ISBN-13: 978-0816522040.
- Van Devender TR, Felger RS, Molina-Freaner F, Fishbein M, Molina-Freaner F, Sánchez-Escalante JJ, Reina-Guerrero AL. 2010. Biodiversidad de las Plantas Vasculares. In: Molina-Freaner F, Van Devender TR eds. *Diversidad Biológica de Sonora*. UNAM-CONABIO. ISBN: 978-607-02-0427-2.
- Van Devender TR, Avila-Villegas S, Emerson M, Turner D, Flesch AD, Deyo DS. 2013. Biodiversity in the Madrean Archipelago of Sonora, Mexico. In: Gottfried GJ, Ffolliott PF, Gebow BS, Eskew LG, Collins LC. comps. *Merging Science and Management in a Rapidly Changing World: Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago III, and 7th Conference on Research and Resource Management in the Southwestern Deserts; 2012 May 1-5; Tucson, AZ. Proceedings*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Van Devender TR, Reina-Guerrero AL, Flesch AD, Jacobs S, Wilson MF. 2014. Additions to the flora of Sonora, Mexico. *Phytoneuron* **76**: 1-8
- Van Devender TR, Reina-Guerrero AL, Delgado-Zamora D, Carnahan SD, Anderson JL, Hansen K, Sánchez-Escalante JJ, Ferguson GM. 2015. Additions to the flora of Sonora, Mexico II. *Phytoneuron* **8**: 1-6.
- Villaseñor JL, Espinoza-García FJ. 2004. The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions* **10**: 113-123 DOI: 10.1111/j.1366-9516.2004.00059.x
- Villaseñor JL, Ortiz E. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: 134-142. DOI: 10.7550/rmb.31987
- Villaseñor JL. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. **87**: 559-902. DOI: 10.22201/ib.20078706e.2016.3.1638
- Wiggins IL. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press. ISBN-13: 978-0804710169