

Informe final* del Proyecto GE005 Especies silvestres de nopales mexicanos

Responsable: Dra. Léia Akcelrad Lerner
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología
Jardín Botánico
Dirección: Av. Universidad # 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, DF,
04510 , México
Correo electrónico: leia@ibiologia.unam.mx
Teléfono/Fax: Tel: 56 22 89 89 Fax: 56 22 90 46
Fecha de inicio: Enero 30, 2008
Fecha de término: Marzo 23, 2012
Principales resultados: Base de datos, fichas de especies, informe final, fotografías
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Scheinvar, L., Olalde, G. y D. Sule. 2011. Especies silvestres de nopales mexicanos. Universidad Nacional. Autónoma de México. Instituto de Biología. **Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. GE005.** México D.F.

Resumen:

El presente proyecto se desarrollará con información obtenida en proyectos previos del laboratorio de cacología del jardín botánico del instituto de biología de la UNAM, mismos que generaron una base de datos con 3 680 capturas, revisadas por un especialista en la taxonomía de los géneros Opuntia y Nopalea y georreferenciados con apoyo de CONABIO. Partiendo de dicha información se realizarán búsquedas de ejemplares para enriquecer la base de datos con la revisión de otros herbarios nacionales y del sur de los estados unidos de Norteamérica (apoyados por el programa de repatriación de datos de CONABIO). Se hará un diseño y programación de salidas de campo en los sitios donde no se ha encontrado y donde no hay registros de herbario y podrían crecer nopales silvestres (indicados por garp). En dichas salidas se tomarán fotos digitales y se harán colectas de material para herbario y cultivo ex situ en el jardín botánico del IBUNAM (futura colección nacional de nopales silvestres mexicanos). Se hará una revisión bibliográfica acerca de cada especie y sus tipos (obra princeps, basónimo y sinónimos). Se designarán neotipos cuando sean necesarios. La información taxonómica generada será utilizada en la formulación de fichas taxonómicas. Se harán recomendaciones de inclusión de especies de nopales en la NOM-ECOL-2001 (2002). Se organizará una página web relacionada con el proyecto. En la siguiente etapa, con los datos obtenidos, se pretende plantear a CONABIO la elaboración de un atlas o catálogo de especies silvestres de nopales mexicanos.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

INFORME FINAL

ESPECIES SILVESTRES DE NOPALES MEXICANOS

PROYECTO GE005

RESUMEN

En la presente investigación se hizo una revisión bibliográfica y con información obtenida en proyectos previos, acerca de cada especie y sus tipos (obra princeps, basónimo, sinónimos y tipos) relacionada con la taxonomía de las especies de los géneros *Opuntia* Mill. y *Nopalea* (Salm-Dyck) Salm-Dyck, Cactaceae. Se realizaron trabajos de campo recorriendo casi todos los estados de la República Mexicana, con especial énfasis en los que tenían menor cantidad de registros de nopales silvestres, durante los cuales se colectó material vegetativo y reproductivo; se tomaron datos georreferenciados de altitud, latitud y longitud, del hábitat, hábito, copa y tronco, y fotos digitales del hábito, hábitat y características sobresalientes. Estas tareas contaron con la participación activa del equipo de 14 estudiantes de la Carrera de Biología, de Licenciatura y Posgrado, realizando servicio social y/o tesis, bajo la dirección de la Dra. Léia Scheinvar, y con apoyo del Biól. Gabriel Olalde, recorriendo los estados de 1.Baja California, 2.Baja California Sur, 3.Chihuahua, 4.Sonora, 5.Sinaloa, 6.Nayarit, 7.Colima, 8.Jalisco, 9.Nuevo León, 10.Tamaulipas, 11.Zacatecas, 12.San Luís Potosí, 13.Michoacán, 14.Guanajuato, 15.Querétaro, 16.Hidalgo, 17.Tlaxcala, 18.Puebla, 19.Oaxaca, 20.Chiapas, 21.Yucatán, 22.Campeche y 23.Tabasco, muchos de ellos parcialmente recorridos por los recursos limitados. Se consultaron 42 herbarios, sacando fotos digitales de cada uno de sus ejemplares de los nopales silvestres de México. En laboratorio, se revisó la identificación de cada ejemplar fotografiado, anexando en las exsicatas la determinación taxonómica aceptada por Scheinvar. En la base de datos “Especies Silvestres de Nopales Mexicanos” (ESNM), se vertieron los datos de las plantas colectadas y/u observadas en el campo y los contenidos en las etiquetas de herbario en Biotica 4.5.5. Se realizaron mapas de distribución geográfica conocida para cada especie con el programa ArcView GIS 3.1. y mapas por estado de las especies encontradas tanto en herbarios como en

el campo. Uno de los cladodios de cada colecta fue cultivado en alguno de los ocho camellones asignados para nuestro proyecto, en el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM, posteriormente designados en una Asamblea de la Asociación de Jardines Botánicos como “Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos”. Láminas metálicas con datos de cada ejemplar están siendo elaboradas. Un cladodio y frutos de la mayoría de las especies colectadas fueron enviados al Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, para su estudio bromatológico. Se determinó el estatus de conservación de cada especie revisando la NOM-059-ECOL-2001, el CITES y la IUCN; y las especies microendémicas o de distribución restringida serán propuestas para su inclusión en la NOM-059-ECOL-2001 que sólo contempla actualmente tres especies (*Opuntia arenaria* (que ahora es una supespecie de *O. polyacantha*), *O. bravoana* y *O. excelsa* (endémica pero muy abundante). Se tomaron fotografías bajo el Microscopio Electrónico de Barrido del IBUNAM, de diversas estructuras (epidermis, aréolas, espinas, polen y semillas). Se elaboró un diagrama de todas las actividades que conformará una página web de UNIBIO. Fichas taxonómicas de cada especie fueron elaboradas, incluyendo fotos tomadas en el campo, algunas de ejemplares de herbario y fotos tomadas al microscopio electrónico de barrido, así como la bromatología de cladodios y frutos analizados. Se designaron neotipos para algunas de las especies que no tenían tipo designado. Se incluyeron datos conocidos del número cromosómico de cada especie descrita. Durante la realización del proyecto se contó con la colaboración de un investigador italiano: Alexander Guiggi, que vino a México por tres meses, a través de intercambio académico con el Instituto de Biología, UNAM, y con apoyo de CONABIO.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Las cactáceas pertenecen al Reino Plantae, División Magnoliophyta, Clase Magnoliopsida, Orden Caryophyllales y Familia Cactaceae (Cronquist 1981). Esta familia agrupa a las plantas suculentas, perennes (con excepción de la *O.*

macrorhiza y la *O. pottsii* que son perennes estacionales, en este proyecto observado), poseen aréolas, pigmentos betalainas y acúleos (hojas modificadas, aquí llamados espinas). Las aréolas son estructuras meristemáticas de donde nacen espinas, glóquidas, pelos, fieltro o lana, cerdas, otras ramas, flores y raíces (Bravo 1978). A pesar de no ser exclusivas de zonas áridas o semiáridas, las cactáceas son plantas que han experimentado modificaciones profundas exitosas, para adaptarse al medio seco (Cronquist 1981). Tienen metabolismo ácido crasuláceo (MAC), los estomas sólo abren durante la noche cuando se dan los intercambios gaseosos para evitar la evapotranspiración, absorbiendo la humedad atmosférica debida al rocío, aunque la fotosíntesis se realiza durante el día; las raíces son superficiales y a través de la región pilífera absorben la humedad del rocío, habiendo una circulación ascendente y descendente de agua y savia (Bravo y Scheinvar 1999).

Las cactáceas son endémicas del Continente Americano, se distribuyen desde Canadá hasta la Patagonia, y comprenden entre 1500 y 2000 especies (Bravo y Scheinvar 1999). Existen dos centros principales de diversidad de especies, el sudamericano, que se encuentra en los Andes, zona árida de Perú, Chile y Argentina y otro en Norteamérica, ubicado en la región centro-norte de México, extendiéndose hasta el SO de los EE. UU. Otros centros de diversificación de cactáceas están en el E de Brasil y en la región SE de México, donde se distribuye un importante grupo de especies epífitas de zonas húmedas (Barthlot y Hunt 1993; Hernández y Godínez 1994; Hernández y Bárcenas 1995, 1996). Se encuentran en mayor abundancia en zonas áridas y semiáridas, pero también se distribuyen en regiones templadas, como bosque de coníferas (como epífitas, con aridez fisiológica), bosques tropicales caducifolios, matorrales xerófitos, pastizales y bosques mesófilos de montaña (Bárcenas 1999). No se han registrado hasta la fecha fósiles de cactáceas, lo que no permite asegurar la época y región de origen, pero se sabe la fecha en que aparecieron plantas con betalainas, lo que ocurrió a fines del Terciario e inicios del Cuaternario, después de la separación de los Continentes Americano y Africano (Takhtajan 1969).

La familia Cactaceae comprende cuatro subfamilias: *Pereskioideae*, *Opuntioideae*, *Cactoideae* y *Maihuenioideae* (Leuenberger 1997; Parfitt y Gibson 2003). La subfamilia *Pereskioideae* presenta hojas laminares algo suculentas y sus semillas están envueltas en una capa delgada y quebradiza, no presentando glóquidas. La subfamilia *Opuntioideae*, a la cual pertenecen los nopales, presenta glóquidas o gloquídeos (ahuates, en náhuatl), espinas subuladas o aciculares, sin vaina papirácea, hojas reducidas, subuladas, sólo durante la etapa juvenil y semillas lenticulares, envueltas en un arilo esclerenquimatoso o pétreo. La subfamilia *Maihuenioideae* no presenta glóquidas y tienen semillas envueltas en un arilo blando (Kiesling y Ferrari 2005) y la subfamilia *Cactoideae* no presenta hojas laminares, ni glóquidas y las semillas no son lenticulares ni pétreas.

México es el país con mayor diversidad de cactáceas, debido a la convergencia de dos reinos biogeográficos: el Holártico y el Neotropical (por donde pasa el Trópico de Cáncer), a la posesión de diferentes tipos de suelo, altitudes muy variables, desde el nivel del mar hasta 5610 m, y condiciones climáticas áridas y semiáridas, lo que determina una gran biodiversidad en la flora y fauna en general (Scheinvar 2004). Bravo (1978) reconoce para toda la familia 91 géneros y en México 66, de los cuales 30 son endémicos; con 894 especies y 283 variedades. Hernández y Godínez (1994) y Bárcenas (1999) reconocen para México un total de 48 géneros y 563 especies. Aunado a esto, consideramos a Megaméxico I que según Rzedowski (1991) comprende México y el sur de los Estados Unidos de América como la unidad fitogeográfica que contiene el mayor índice de endemismos de la familia Cactaceae, con un 73% a nivel genérico y un 78% a nivel específico (Hernández y Godínez 1994).

La familia ha tenido grandes cambios taxonómicos, de acuerdo con el criterio de los cactólogos dedicados a elaborar monografías. Gibson *et al.* (1986) calcularon la existencia de aproximadamente 11,000 binomios y 400 nombres genéricos para la familia, mientras que Hunt (1991) señala que cerca del 50% de los 7,000 nombres publicados a nivel específico para las cactáceas, carecen de tipo nomenclatural. La mayoría de las especies descritas por aficionados son sinónimos de especies ya descritas. Así mismo, la situación de los herbarios

donde se depositan los tipos de las especies descritas en la literatura, presentan serios problemas, por ser incompletos, no presentan flores, frutos y/o semillas y no exhiben la variación que se observa en el campo; las etiquetas de los ejemplares en la mayoría de los casos no tienen datos georreferenciados o tienen información incompleta o errónea (Hernández y Godínez 1994). Con relación a los nopales, están pobremente representados en los herbarios, en parte, por la dificultad para colectarlos, identificarlos y herborizarlos (Clover 1952; Baker *et al.* 1985; Leuenberger 1987).

En la literatura existen cuatro grandes monografías de la familia Cactaceae, donde describen las cactáceas de todo el continente americano, la de K. Schumann (1898), la de Britton y Rose (1919, 1920), la de Anderson (2001) y más recientemente, el New Cactus Lexicon de Hunt (2006). Para México están las obras de Bravo (1937; 1978) y de Bravo y Sánchez-Mejorada (1991). Para el género *Opuntia* se puede consultar la obra de David Griffiths (1914) relacionada con los nopales mexicanos y la Guía de Campo del Género *Opuntia* en Jalisco de González, Riojas y Arreola (2001).

Los nopales, géneros Opuntia y Nopalea.

Los nopales son para México uno de los recursos de mayor relevancia en los ecosistemas de zonas áridas y semiáridas, presentes en casi el 60% de su territorio. Por otro lado, desempeñan una importante función ecológica ya que son formadoras de suelo al mitigar los procesos de erosión, poseen gran capacidad de captación del rocío y almacenaje de agua, son fuente de alimento para numerosas especies animales y humanas y en sus raíces hay micorrizas y bacterias nitrificantes asociadas (Scheinvar *et al. en prensa*).

Históricamente los nopales han sido de gran importancia cultural, medicinal y económica en México, lo que se puede observar en la iconografía de la gran Tenochtitlan o el Escudo Nacional (Bravo y Scheinvar 1999). Así mismo, Rodríguez y Nava (1998) y Bravo & Scheinvar (1995) reportan más de 20 usos para los nopales, entre los que sobresalen alimento, medicina y forraje.

Los nopales se encuentran dentro de la subfamilia Opuntioideae, géneros: *Opuntia* Mill. y *Nopalea* Salm-Dyck (Bravo 1978). Bravo (1978) describe a los nopales como plantas arborescentes, arbustivas o rastreras, con o sin tronco bien definido; artículos aplanados (cladodios o pencas), oblongos, elípticos, obovados, subcirculares o circulares; espinas sin vaina, el ápice retrobarbado; flores de hasta 6 cm de largo, comúnmente amarillas, cambiando de color al segundo día debido al cambio de pH y frutos de diferentes formas, con paredes delgadas o gruesas, dulces, ácidos o agrídulces (Scheinvar 2004).

Aún no se cuenta con datos que sustenten la región de origen del género *Opuntia*; sin embargo México es un importante centro de diversificación. Con relación al género *Nopalea*, Scheinvar *et al.* (2010 inédito), consideran que México es su centro de origen y de diversificación, contando con 8 especies endémicas, una más es centroamericana y una domesticada, sin espinas. Bravo (1978) reconoce en el subgénero *Opuntia*, 73 especies y 43 variedades, así como diez especies dudosas o poco estudiadas; de éstas, tres especies son cultivadas: *O. amarilla* y *O. ficus-indica*. En el género *Nopalea*, reconoce diez especies, una cultivada: *N. cochenillifera*, por lo que en total serían 132 taxa silvestres de nopales. Scheinvar *et al.* (2010 inédito), a partir de la revisión taxonómica de casi 6000 plantas, reconocen para México 93 especies silvestres y 15 variedades y/o subespecies de *Opuntia*, 90% endémicos; lo que significa cerca del 50% de las especies de *Opuntia* distribuidas en todo el Continente Americano; y 8 especies silvestres de *Nopalea*, de las once conocidas.

En México, los nopales se encuentran distribuidos a todo lo largo del país, pero la mayor concentración está en el centro de la República, en zonas áridas y semiáridas del desierto chihuahuense y en la zona semiárida de Tehuacán-Cuicatlán (Scheinvar *et al. en prensa*), 29 especies son microendémicas o de distribución restringida, ocurriendo en áreas muy específicas y reducidas.

El género *Opuntia* fue descrito por Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708), antes de que Linneo publicara su *Species Plantarum* (Scheinvar *et al. en prensa*). Posteriormente a la obra de Linneo (1753), este nombre fue retomado por Phillip

Miller (Scheinvar *et al. en prensa*) quien describió las especies de *Opuntia* conocidas y es considerado como autor del género, donde reúne especies que tienen el androceo y gineceo incluidos en el perianto, dialitépalo, generalmente con flores amarillas, pocas veces rojas y polinizadas esencialmente por insectos.

El género *Nopalea* fue descrito y propuesto por Salm Dyck (Scheinvar *et al. en prensa*) y retomado por Bravo (1978), donde separa a los nopales que presentan los órganos sexuales exsertos al perianto, flores rojas o anaranjadas con los segmentos del perianto reducidos (no abren en la antesis) y polinizados por colibríes. Estudios recientes de DNA de cloroplasto en nopales indican que existen diferencias significativas entre *Opuntia* y *Nopalea*, por lo que se acepta *Nopalea* como un género válido (Wallace y Dickie 2002).

OBJETIVOS

General

- Contribuir con el conocimiento de la biodiversidad de México, específicamente de los nopales silvestres (géneros *Opuntia* y *Nopalea*).

Particulares

- Incrementar la base de datos generada “Especies Silvestres de Nopales Mexicanos” (Biotica 4.5.5).
- Hacer un estudio comparativo entre las Bases de datos de Guzmán, Arias y Dávila (2003) y la base de datos generada en este proyecto.
- Elaborar fichas taxonómicas de cada taxón estudiado.
- Obtener fotos digitales de las plantas (tomadas en el campo y del material herborizado) que formarán parte de la Colección Nacional de Fotografías Digitales de CONABIO.
- Difundir la información generada mediante la creación de una página web.
- Participar en eventos científicos difundiendo los resultados obtenidos.
- Publicar artículos en revistas científicas.

- Formar recursos humanos en los géneros *Opuntia* y *Nopalea*.

METODOLOGÍA

La metodología constó de tres partes: trabajo de gabinete, trabajo de campo y cultivo *ex situ*.

I. TRABAJO DE GABINETE.

Éste se realizó en once partes: 1) revisión bibliográfica y consulta de herbarios; 2) identificación de las especies colectadas y observadas; 3) captura de los datos georreferenciados de cada planta estudiada en una base de datos 4) herborización del material traído del campo; 5) realización de mapas de distribución geográfica conocida; 6) fotografías al Microscopio Electrónico de Barrido de diversas estructuras; 7) elaboración de fichas taxonómicas por especie; 8) Tipos 9) realización de estudios bromatológicos: 10) elaboración de descripciones detalladas de los géneros *Opuntia* y *Nopalea* y 11) estudio comparativo entre la base de datos generada en este proyecto y los criterios adoptados por la autoridad taxonómica considerada en este estudio (Bravo 1978), Guzmán, Arias y Dávila (2003) y Parffit y Gibson (2003).

1. Revisión bibliográfica y consulta de herbarios.

Se revisó bibliografía especializada en cactáceas (D. Griffiths, 1919; Bravo 1978; Benson 1969; 1982; Weniger 1984; Parfitt y Pinkava 1988; Paredes *et al.* 2000; González, Riojas y Arreola (2001); Anderson 2001; Pinkava 2002; Guzmán, Arias & Dávila 2003; Parfitt y Gibson 2003 y Hunt 2006). Con esto se pudo tener una lista de las especies presentes en el País,

Se revisó la Norma Nacional de Protección de las Especies Mexicanas NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT 2002) y las normas internacionales IUCN (2007) y CITES (2007) para conocer las especies silvestres de *Opuntia* y *Nopalea* en peligro, referidas en cada una; la norma para el manejo de Áreas Naturales Protegidas (CONANP 2007) y el Mapa de Regiones Prioritarias Terrestres (Arriaga

et al. 2000) para observar que especies se encuentran protegidas dentro de las referidas áreas.

Para complementar la información obtenida, se revisaron y se tomaron fotos digitales de los ejemplares depositados en 45 herbarios, 42 nacionales y 3 foráneos con 5622 registros (Tabla 1).

2. Identificación de especies

Se identificaron las plantas colectadas y las depositadas en los herbarios consultados, a través de claves dicotómicas elaboradas por Bravo (1978) y las descripciones de las publicaciones de González-Ortega (1929), Bravo (1978), Parfitt y Pinkava (1988), Pinkava (1996; 2002), Paredes, Van Devender y Felger (2000); González, Riojas y Aréola (2001); Guzmán, Arias y Dávila (2003), Parfitt y Gibson (2003) y Hunt (2006) con modificaciones hechas por Scheinvar *et al.* (2010 inédito).

El sistema de clasificación para los tipos de vegetación utilizado fue el de Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México, 432 pp.

El sistema de clasificación taxonómica en el cual nos basamos fue el de Bravo, H. 1978, *Las Cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 742 pp.

3. Captura de la base de datos ESNM

A partir del trabajo realizado durante el proyecto GE005, se elaboró la base de datos ESNM (Scheinvar *et al.* 2010 inédito).

- 1- En la base de datos ESNM se configuraron 21 campos con el programa BIOTICA 4.5.5 capturando los datos de las plantas traídas del campo u observadas y de las depositadas en los herbarios revisados y que contienen información taxonómica, geográfica y ecológica. Los campos de ESNM son: Institución / Colección
- 2- Procedencia de los Datos (Colectado, Reportado u Observado)
- 3- Número de Catalogo/Registro

- 4- Grupo de Colecta
- 5- Fecha de Colecta
- 6- Número de Colecta
- 7- Duplicados
- 8- Regiones del ejemplar (Estado y Municipio)
- 9- Coordenadas Geográficas (Altitud, Latitud)
- 10- Obtención de la Coordenada (Geoposicionador)
- 11- Nombre de la Localidad
- 12- Altitud
- 13- Determinación del ejemplar
- 14- Fecha de determinación
- 15-Taxón
- 16-Tipo nomenclatural
- 17- Calificación del determinador (taxónomo especialista en el grupo)
- 18-Tipo de preparación (herborización)
- 19- Ambiente (terrestre)
- 20- Tipo de vegetación (según Rzedowski, 1978)
- 21- Foto asociada

4. Herborización

Dos de los cuatro cladodios colectados en el campo de cada planta registrada, se destinaron para la elaboración de 4 ejemplares de herbario a ser depositados en: MEXU, CHAPA, ARIZ Y MO.

La técnica de herborización fue la siguiente: cladodios, flores y frutos, fueron cortados longitudinalmente, colocados entre láminas corrugadas de aluminio y sumergidos por siete días en alcohol etílico a 96°. Una vez escurridos del exceso de alcohol, fueron prensados entre periódicos y cartones y llevados a una secadora. Ya secos, los periódicos fueron engrapados como un sobre, junto con su etiqueta elaborada en un formato de texto en WORD, para ser enviados a MEXU, indicando a la curadora del herbario los tres herbarios a los cuales deberán ser entregados.

5. Mapeo

A partir de la base de datos ESNM debidamente georreferenciada, se elaboraron mapas de distribución geográfica conocida de cada especie, con el programa del Sistema de Información Geográfica ArcView 3.1 (ESRI 1999), sobrepuestos al mapa de Áreas Naturales Protegidas (ANP) (CONANP 2007) para evaluar las especies que se encuentran dentro o cercanas a ellas. Las escalas de los metadatos de CONANP (2007) para las ANP's y los obtenidos a través de los GPS no coinciden, por lo que se escogió la proyección cónica de Lambert, con el objeto de que ellas se igualen.

Se elaboraron también mapas de especies por Estado que permitieron visualizar la diversidad y riqueza de especies estatales, cuáles se encuentran protegidas dentro de ANP's y cuáles son cercanas a ellas.

6. Fotografías al Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

Se tomaron fotos al MEB del IBUNAM de estructuras de los cladodios (epidermis, aréola, glóquidas y espinas) y de granos polen y/o semillas de las plantas colectadas que presentaban flor y/o fruto. El polen se montó directamente a los porta muestras del MEB. No se observaron diferencias significativas en las muestras acetolisadas, por lo que se decidió no utilizar la técnica de acetólisis. Las aréolas, espinas, glóquidas y semillas, fueron lavadas al chorro de agua; luego se trataron con xilol y se metieron en un sonicador para eliminar impurezas; posteriormente se deshidrataron en alcohol etílico a 90°, 95° y absoluto, para que se pudieran observar sus detalles al MEB. Se contó con la incondicional colaboración de la M. en C. Berenit Mendoza Garfias, técnica de dicho microscopio.

7. Elaboración de fichas taxonómicas.

Las fichas taxonómicas se hicieron con base en el formato enviado por CONABIO. Las descripciones se elaboraron a partir de la información obtenida de los ejemplares de los herbarios revisados, colectados y/u observados, complementándolas con datos de descripciones revisadas en la bibliografía, principalmente las de González-Ortega (1929), Bravo (1978), Parfitt y Pinkava (1988), Pinkava (1996; 2002), Paredes, Van Devender y Felger (2000); González, Riojas y Aréola (2001); Parfitt y Gibson (2003) y Hunt (2006).

Se incluyó al final de cada descripción el número cromosómico conocido, dando crédito al autor de cada estudio, así como la bibliografía consultada.

8. Tipos.

Para investigar la existencia de tipos y sinonimia se consultaron las publicaciones relacionadas con el género *Opuntia* de Crook y Mottram (1995; 1996; 1997; 1998; 1999; 2000; 2001; 2002 y 2003), Guzmán, Arias & Dávila (2003) y Hunt (2006), así mismo se revisaron los tipos de MEXU y por internet los tipos de los Nopales Silvestres Mexicanos depositados en NY, US y MO. No se pudieron incluir los tipos de MO en la base de datos ESNM, porque sólo contiene tres datos y Biotica 4.5.5 no lo acepta. También se consultó la publicación de Scheinvar y Olalde (2009) donde se mencionan los tipos de especies de cactáceas del estado Guerrero.

9. Bromatología.

Los estudios bromatológicos se realizaron a partir de un cladodio y frutos de cada colecta, en el laboratorio del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, por los MVZMPA Sergio Ángeles Campos (jefe del departamento) y Quim. Águeda García Pérez (Jefa del laboratorio). Los resultados obtenidos se anexaron al final de las fichas taxonómicas.

10. *Página WEB.*

Se elaboró un diagrama de la futura página WEB a ser subida a la red de Unidad de Informática para la Biodiversidad (UNIBIO), que divulgará el conocimiento que existe sobre los nopales silvestres mexicanos, obtenidos a partir de la elaboración del presente proyecto, responsabilizando cada miembro del equipo a actualizar una de las diferentes actividades referidas en el diagrama de la página WEB.

11. Estudio comparativo entre la base de datos generada en este proyecto y los criterios adoptados por la autoridad taxonómica considerada en este estudio (Bravo 1978), Guzmán, Arias y Dávila (2003) y Parffit y Gibson (2003).

El criterio taxonómico adoptado fue el resultado de la observación en campo en campo de la variación en las características de las plantas y de sus poblaciones, comprándolas con las descripciones publicadas por Bravo (1978), Guzmán, Arias y Dávila (2003) y Parffit y Gibson (2003).

II. *TRABAJO DE CAMPO.*

A partir de la revisión bibliográfica, de herbarios y de la primera base de datos en Access, se pudo tener una idea de los sitios ya colectados para cada especie, y evaluar las regiones y/o localidades que necesitaban un mayor esfuerzo de recolecta.

Se realizaron diversas excursiones a lo largo del País, que incluyeron los estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas, San Luís Potosí, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo y Chiapas.

Se colectaron cuatro cladodios de cada planta, flores y/o frutos; dos cladodios para elaborar cuatro ejemplares de herbario, uno para cultivo *ex situ* y otro para realizar estudios bromatológicos. En cada localidad se estudiaron al azar, diferentes sitios y poblaciones de nopales silvestres, seleccionando aquellos en que había mayor número de plantas de la misma especie y/o de especies distintas, de preferencia, plantas sanas y sin cicatrices. Se registró de cada planta su altura, copa, tronco, corteza, altura de la primera ramificación, el estado de la población en la que se encontraba, especies asociadas y su abundancia relativa. Se tomaron datos de altitud, latitud y longitud, georreferenciados (GPS Garmin eTrex 210 en decimales y en UTM con GPS Garmin Colorado 200, y altitud en metros) y fotos digitales a 300 dpi de su hábito, hábitat, tronco, cladodios, flores y/o frutos. Con un plumón indeleble se marcaron los números de registro para que pudiéramos regresar posteriormente y tomar otros datos.

Dentro de una población de la misma especie, solo se colectó una planta, las demás fueron descritas y registradas como observadas, a las cuales también les dimos número.

III. CULTIVO EX SITU DE NOPALES.

Se cultivó un cladodio de cada una de las plantas colectadas en 8 camellones del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, organizados según la región de procedencia de las plantas, por afinidades geográficas (Norte, Sur, Este, Oeste y Centro) y por género.

Las plantas traídas al Jardín Botánico pasaron por un periodo de cuarentena para evitar la introducción de posibles plagas al referido jardín. Posteriormente, se sembraron los cladodios verticalmente, hasta la mitad, para estimular el crecimiento de raíces. De cada planta cultivada se registró su nombre científico, localidad, municipio, nombre del Estado, colector, número y fecha de colecta, usos y fecha de cultivo. Se elaboraron mapas de los ocho camellones organizados. Camellones 1-2: Estado de México, Hidalgo y Querétaro. Camellón 3: Hidalgo y Querétaro. Camellón 4: Tamaulipas, Nuevo León, Nayarit, Colima, Chiapas y

Veracruz y contiene las especies colectadas de *Nopalea*. Camellón 5: Tlaxcala, Puebla y Nayarit. Camellón 6: Guanajuato, Michoacán y Tlaxcala; Camellón 7: Sonora, Sinaloa e Hidalgo. Camellón 8: Baja California, Baja California Sur y Chihuahua.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Base de datos.

La anterior base de datos en Acces, con 3681 registros, fue revisada en CONABIO y se eliminaron más de 600 registros duplicados. Esta base fue migrada a Biótica 4.5.5 y en el último año se incrementaron 2046 registros, dando un total de 5647 hasta el 3 de abril del corriente año.

En el convenio firmado con CONABIO nos comprometimos a alcanzar un número aproximado de 6413 registros, de éstos 300 serían colectados en el campo y los demás de herbarios consultados, supusimos que alcanzarían 6113 registros.

En realidad, lo que ocurrió fue que el número de nopales silvestres depositados en los herbarios es insignificante, como se puede constar en las Tablas 5 y 6. Por otra parte, muchos de los ejemplares registrados como *Opuntia*, actualmente corresponden al género *Cylindropuntia* (que no es objeto de este trabajo); además muchos de los ejemplares corresponden a plantas domesticables (tampoco incluidas en este trabajo). El número de registros derivados de colectas de campo fue ultra rebasado.

Identificación de las especies y criterios taxonómicos adoptados.

La identificación de las especies fue un reto para la realización de este proyecto, debido a la gran plasticidad adaptativa de estas plantas, que se refleja en la variación intra e interespecífica en *Opuntia* y *Nopalea* (Muñoz-Urias *et al.* 2008), producto de múltiples hibridaciones, cambios morfológicos y anatómicos, por presiones ambientales y debido a los distintos criterios taxonómicos existentes.

La autoridad taxonómica básica fue la de Helia Bravo-Hollis (1978). Con relación a los cambios taxonómicos y nomenclaturales considerados en el presente trabajo,

fueron decididos a partir del examen crítico de publicaciones nacionales: Paredes, Van Devender y Felger (2000); Gonzáles, Riojas y Arreola

(2001); Guzmán, Arias y Dávila (2003) e internacionales; Parfitt y Pinkava (1988), Pinkava (1996; 2002), Parfitt y Gibson (2003) y Hunt (2006).

Un caso particular fue relacionado con los nopales silvestres de Sinaloa (que también se encuentran en Sonora), cuya obra más reciente es la de Jesús González-Ortega (1929), hace 81 años. Las especies nuevas descritas por este botánico no tienen tipo designado y en la mayoría faltan datos de flor y/o fruto.

Número de especies aceptadas

Como producto de este trabajo se acepta para toda la República Mexicana 93 especies silvestres de *Opuntia* y 8 de *Nopalea*

No profundizamos en el estudio de variedades, pero fue necesario hacerlo con una especie registrada en menos de 15 sitios, que presenta en México dos variedades: *O. polyacantha* var. *polyacantha* y *O. polyacantha* var. *arenaria*, ya que las referidas variedades se consideraban como especies aparte, aun siendo muy semejantes entre sí. Pinkava (2002) las reconoció como variedades de *O. polyacantha*, sólo diferenciándose en que la primera no tiene rizomas y la segunda sí. Consideramos que en este caso, sería mejor tratar *O. polyacantha* como protegida y no sólo una de sus variedades, ya que en México, ella restringe su distribución a una franja en el norte de Sonora, Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas. Su protección es necesaria, ya que habita sobre dunas en los tres primeros estados referidos. Cabe resaltar que esta especie es muy abundante y con amplia distribución en los E.U.A., llegando a encontrarse hasta en Canadá (L.D. Benson 1982).

Estatus de conservación de los nopales silvestres mexicanos

De las 93 especies nativas mexicanas de *Opuntia*, 62 son endémicas de México Tabla 1. Y 9 son microendémicas Tabla 2.

Tabla 1. 62 especies endémicas de *Opuntia*

Endémicas <i>Opuntia</i>
<i>O. aciculata</i> Griffiths
<i>O. affinis</i> Griffiths
<i>O. atropes</i> Rose
<i>O. azurea</i> Rose
<i>O. bensonii</i> Sánchez-Mej.
<i>O. cantabrigiensis</i> Lynch
<i>O. chavena</i> Griffiths
<i>O. chiangiana</i> Scheinvar & Manzanero
<i>O. cochineria</i> Griffiths
<i>O. cretochaeta</i> Griffiths
<i>O. decumbens</i> Salm-Dyck
<i>O. depressa</i> Rose
<i>O. durangensis</i> Britton & Rose
<i>O. elizondoana</i> E. Sanchez M. & Villasenor
<i>O. excelsa</i> Sánchez-Mej.
<i>O. feroacantha</i> Britton & Rose
<i>O. fuliginosa</i> Griffiths
<i>O. glaucescens</i> Salm-Dyck
<i>O. grandis</i> Pfeiff.
<i>O. guerrana</i> Griffiths
<i>O. guilanchi</i> Griffiths
<i>O. heliabravoana</i> Scheinvar
<i>O. hitchcocki</i> J.G.Ortega
<i>O. howeyi</i> J.A. Purpus
<i>O. huajuapensis</i> Bravo
<i>O. hyptiacantha</i> F.A.C. Weber
<i>O. icterica</i> Griffiths
<i>O. incarnadilla</i> Griffiths
<i>O. joconostle</i> F. A. C. Weber ex Diguët
<i>O. larreyi</i> F.A.C. Weber ex Coult.
<i>O. lasiacantha</i> Pfeiff.
<i>O. leucotricha</i> DC.
<i>O. macdougaliana</i> Rose
<i>O. matudae</i> Scheinvar
<i>O. maxonii</i> J.G.Ortega
<i>O. megacantha</i> Salm-Dyck
<i>O. megarhiza</i> Rose
<i>O. nigrita</i> Griffiths
<i>O. oligacantha</i> Först
<i>O. pachona</i> Griffiths
<i>O. pachyrhiza</i> H.M. Hern., Gomez-Hin. & Barcenás
<i>O. parviclada</i> S. Arias & S. Gama
<i>O. pilifera</i> F.A.C. Weber
<i>O. pumila</i> Rose
<i>O. pyriformis</i> Rose

<i>O. rastrea</i> F.A.C. Weber
<i>O. rileyi</i> J.G.Ortega
<i>O. robinsonii</i> J.G.Ortega
<i>O. robusta</i> H. Wendl.
<i>O. rzedowskii</i> Scheinvar
<i>O. sarca</i> Griffiths ex Scheinvar
<i>O. scheeri</i> F.A.C. Weber
<i>O. spinulifera</i> Salm-Dyck
<i>O. spraguei</i> J.G.Ortega
<i>O. stenopetala</i> Engelm
<i>O. streptacantha</i> Lem.
<i>O. tehuacana</i> S.Arias Montes & L.U.Guzmán Cruz
<i>O. undulata</i> Griffiths
<i>O. velutina</i> F.A.C.Weber
<i>O. wilcoxii</i> Britton & Rose
<i>O. xandersonii</i> H.M. Hern., Gomez-Hin. & Barcenás
<i>O. zamudioi</i> Scheinvar

Tabla 2. Nueve especies de *Opuntia* microendémicas.

Microendémicas <i>Opuntia</i>
<i>O. bravoana</i> E. M. Baxter
<i>O. chaffeyi</i> Britton & Rose
<i>O. lagunae</i> Baxter ex Bravo
<i>O. nejapensis</i> Bravo
<i>O. olmeca</i> Pérez Crisanto, J.Reyes & F.Brachet
<i>O. pailana</i> Weing.
<i>O. pycnantha</i> Engelm.
<i>O. taponá</i> Engelm. ex J.M.Coult.
<i>O. xoccidentalis</i> Engelm. & J. M. Bigelow

De las 8 especies nativas mexicanas de *Nopalea* 6 son endémicas Tabla 3.

Tabla 3. Seis especies de *Nopalea* endémicas de México.

Endémicas <i>Nopalea</i>
<i>N. auberi</i> (Pfeiff.) Salm-Dyck
<i>N. dejecta</i> (Salm-Dyck) Salm-Dyck
<i>N. gaumeri</i> Britton & Rose
<i>N. inaperta</i> Schott ex Griffiths
<i>N. karwinskiana</i> F.A.C. Weber
<i>N. nuda</i> Backeb.

En la NOM-059-ECOL-2001 (NOM) (SEMARNAT 2002), no se toma en cuenta las especies endémicas de México. Sólo están referidas: 1 *O. arenaria*; 2. *O. bravoana* y *O. excelsa*, todas en la categoría menor: bajo protección especial (Pr). A nuestra manera de ver, todas las endémicas deberían ser incluidas en la NOM bajo protección especial.

Con relación a las nueve especies de distribución restringida o microendémicas, sin duda deberían estar incluidas en al NOM.

En la Red List de la IUCN sólo están referidas dos especies mexicanas *O. chaffeyi* (microendémica) en peligro crítico y *O. megahriza* (endémica) en peligro.

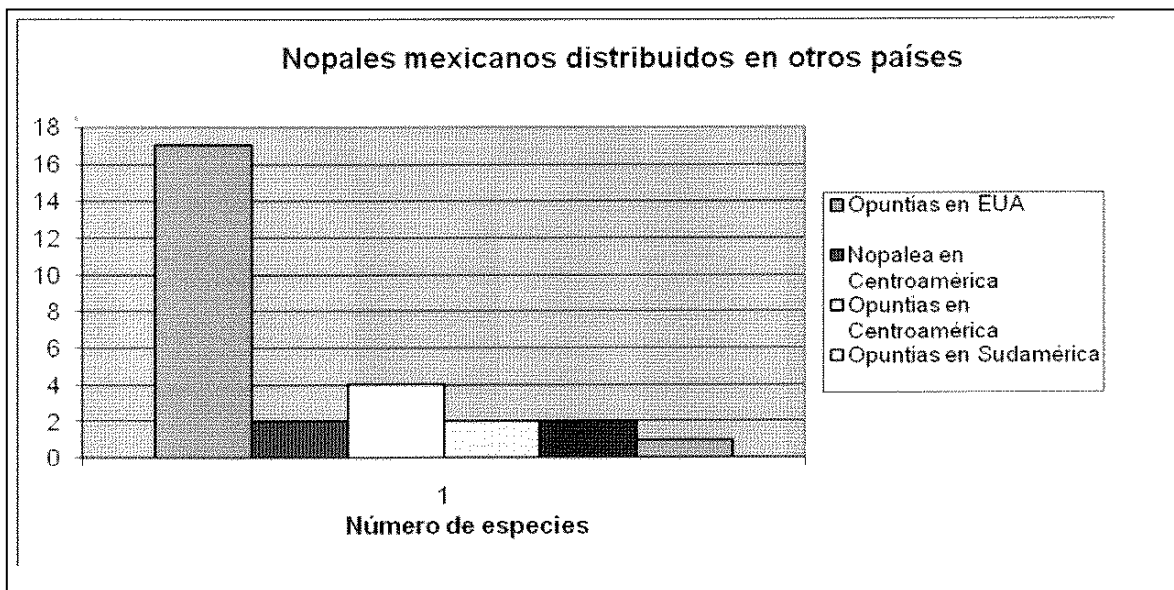
En el primer informe el número de microendémicas eran 21, este número se redujo a nueve gracias al incremento de trabajo de campo, pasando a estas especies a endémicas.

Las especies que se encuentran en otros países a parte de México son 21 de *Opuntia* y 2 de *Nopalea* referidas en la Tabla (4). En la gráfica 1 se observa el número de especies de *Opuntia* y *Nopalea* que México comparte con EUA, Centroamérica, Sudamérica, Islas del Caribe y Canadá.

Tabla 4. Especies de nopales silvestres mexicanos distribuidos en otros países o regiones.

EUA	Centoamérica	Sudamérica	Caribe	Canadá
<i>O. atrispina</i> Griffiths	<i>O. guatemalensis</i> Britton & Rose	<i>O. pubescens</i> H. L. Wendl.	<i>O. pubescens</i> H. L. Wendl.	<i>O. polyacantha</i> Haw.
<i>O. basilaris</i> Engelm. & J.M. Bigelow	<i>O. puberula</i> Hort. Vindob. ex Pfeiff.	<i>O. stricta</i> (Haw.) Haw.	<i>O. stricta</i> (Haw.) Haw.	
<i>O. chlorotica</i> Engelm. & Bigelow	<i>O. stricta</i> (Haw.) Haw.			
<i>O. engelmannii</i> Salm-Dyck	<i>O. tomentosa</i> Salm-Dyck			
<i>O. fragilis</i> (Nuttall) Haw	<i>N. escuinclensis</i> Matuda			
<i>O. gosseliniana</i> F.A.C. Weber	<i>N. lutea</i> Rose			
<i>O. humifusa</i> (Raf.) Raf.				
<i>O. littoralis</i> (Engelm.) Cockerell				
<i>O. macrocentra</i> Engelm.				
<i>O. macrorhiza</i> Engelm.				
<i>O. microdasys</i> (Lehm.) Pfeiffer				
<i>O. oricola</i> Philbrick				
<i>O. phaeacantha</i> Engelm.				
<i>O. polyacantha</i> Haw.				
<i>O. pottsii</i> Salm-Dyck				
<i>O. santa-rita</i> (Griff & Hare) Rose				
<i>O. stricta</i> (Haw.) Haw.				

Gráfica 1. Número de especies de nopales distribuidos en México y en otros países y regiones.



Distribución Geográfica y Abundancia Relativa de los nopales silvestres mexicanos.

Muchas de las especies de nopales tienen en México amplia distribución, se encuentran en buenas condiciones y muchas de ellas se ven beneficiadas por el ganado que se alimenta de frutos y pencas vivas, ya que su poda promueve el crecimiento de nuevos cladodios y su reproducción vegetativa las hace especies de fácil propagación. Se hicieron mapas por especie (incluidos en la ficha taxonómica) y por estado (31 mapas ver Anexo), indicando la diversidad de especies encontradas y las incluidas y/o cercanas a las ANP's donde se observa que existen especies ampliamente distribuidas con más de 15 registros (Tabla 5).

Tabla 5. Especies de nopales silvestres mexicanos con más de 15 registros en herbarios.

Especies	Ejemplares
<i>Opuntia glaucescens</i> Salm-Dyck	16
<i>Opuntia nigrita</i> Griffiths	16
<i>Opuntia tehuacana</i> S.Arias Montes & L.U.Guzmán Cruz	16
<i>Opuntia aciculata</i> Griffiths	17
<i>Opuntia rileyi</i> J.G.Ortega	17
<i>Opuntia undulata</i> Griffiths	17
<i>Opuntia zamudioi</i> Scheinvar	19
<i>Opuntia pycnantha</i> Engelm.	22
<i>Opuntia tapona</i> Engelm. ex J.M.Coult.	22
<i>Opuntia oligacantha</i> Först	23
<i>Opuntia robinsonii</i> J.G.Ortega	25
<i>Nopalea karwinskiana</i> F.A.C. Weber	26
<i>Nopalea nuda</i> Backeb.	26
<i>Opuntia feroacantha</i> Britton & Rose	27
<i>Opuntia rzedowskii</i> Scheinvar	27
<i>Opuntia huajuapensis</i> Bravo	29
<i>Opuntia littoralis</i> (Engelm.) Cockerell	29
<i>Opuntia santa-rita</i> (Griff & Hare) Rose	29
<i>Opuntia matudae</i> Scheinvar	31
<i>Opuntia sarca</i> Griffiths ex Scheinvar	32
<i>Opuntia heliabravoana</i> Scheinvar	33
<i>Nopalea inaperta</i> Schott ex Griffiths	34
<i>Opuntia spinulifera</i> Salm-Dyck	35
<i>Opuntia gosseliniana</i> F.A.C. Weber	36
<i>Opuntia guerrana</i> Griffiths	36
<i>Opuntia larreyi</i> F.A.C. Weber ex Coult.	38
<i>Opuntia maxonii</i> J.G.Ortega	38
<i>Opuntia wilcoxii</i> Britton & Rose	39
<i>Nopalea auberi</i> (Pfeiff.) Salm-Dyck	44
<i>Opuntia depressa</i> Rose	46
<i>Opuntia pachona</i> Griffiths	47
<i>Opuntia cochineria</i> Griffiths	48
<i>Opuntia durangensis</i> Britton & Rose	53
<i>Opuntia pilifera</i> F.A.C. Weber	55
<i>Opuntia guilanchi</i> Griffiths	57
<i>Opuntia chlorotica</i> Engelm. & Bigelow	58
<i>Opuntia pumila</i> Rose	59
<i>Opuntia spraguei</i> J.G.Ortega	66
<i>Nopalea dejecta</i> (Salm-Dyck) Salm-Dyck	69
<i>Opuntia megacantha</i> Salm-Dyck	70
<i>Opuntia excelsa</i> Sánchez-Mej.	71
<i>Nopalea gaumeri</i> Britton & Rose	74
<i>Opuntia chavena</i> Griffiths	79

<i>Opuntia velutina</i> F.A.C.Weber	81
<i>Opuntia hyptiacantha</i> F.A.C. Weber	85
Especies	Ejemplares
<i>Opuntia decumbens</i> Salm-Dyck	87
<i>Opuntia joconostle</i> F. A. C. Weber ex Diguét	114
<i>Opuntia leucotricha</i> DC.	124
<i>Opuntia macrocentra</i> Engelm.	126
<i>Opuntia rastrera</i> F.A.C. Weber	127
<i>Opuntia phaeacantha</i> Engelm.	141
<i>Opuntia atropes</i> Rose	143
<i>Opuntia puberula</i> Hort. Vindob. ex Pfeiff.	163
<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	167
<i>Opuntia lasiacantha</i> Pfeiff.	174
<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw.	182
<i>Opuntia fuliginosa</i> Griffiths	183
<i>Opuntia robusta</i> H. Wendl.	189
<i>Opuntia microdasys</i> (Lehm.) Pfeiffer	194
<i>Opuntia stenopetala</i> Engelm	235
<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	259
<i>Opuntia icterica</i> Griffiths	267
<i>Opuntia cantabrigiensis</i> Lynch	307
<i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyck	323

Tabla 6. Especies de nopales silvestres mexicanos con menos de 15 registros en herbarios.

Especies	Ejemplares
<i>Opuntia affinis</i> Griffiths	1
<i>Opuntia humifusa</i> (Raf.) Raf.	1
<i>Opuntia fragilis</i> (Nuttall) Haw	1
<i>Opuntia nejapensis</i> Bravo	1
<i>Opuntia olmeca</i> Pérez Crisanto, J.Reyes & F.Brachet	1
<i>Opuntia xoccidentalis</i> Engelm. & J. M. Bigelow	1
<i>Opuntia xspinobacca</i> M. S. Anthony	1
<i>Opuntia basilaris</i> Engelm. & J.M.Bigelow	2
<i>Opuntia guatemalensis</i> Britton & Rose	2
<i>Opuntia howeyi</i> J.A. Purpus	2
<i>Opuntia pailana</i> Weing.	2
<i>Opuntia pyriformis</i> Rose	2
<i>Opuntia chiangiana</i> Scheinvar & Manzanero	3
<i>Opuntia pottsii</i> Salm-Dyck	3
<i>Opuntia oricola</i> Philbrick	4
<i>Nopalea lutea</i> Rose	5
<i>Opuntia chaffeyi</i> Britton & Rose	5
<i>Opuntia elizondoana</i> E. Sanchez M. & Villasenor	6
<i>Opuntia grandis</i> Pfeiff.	6

<i>Opuntia lagunae</i> Baxter ex Bravo	6
<i>Opuntia scheeri</i> F.A.C. Weber	7
<i>Nopalea esquinclensis</i> Matuda	8
<i>Opuntia cretochaeta</i> Griffiths	8
<i>Opuntia parviclada</i> S. Arias & S. Gama	8
<i>Opuntia polyacantha</i> Haw.	8
<i>Especies</i>	<i>Ejemplares</i>
<i>Opuntia incarnadilla</i> Griffiths	9
<i>Opuntia macdougaliana</i> Rose	9
<i>Opuntia bravoana</i> E. M. Baxter	10
<i>Opuntia hitchcocki</i> J.G.Ortega	10
<i>Opuntia macrorhiza</i> Engelm.	10
<i>Opuntia pachyrhiza</i> H.M. Hern., Gomez-Hin. & Barcnas	11
<i>Opuntia megarhiza</i> Rose	13
<i>Opuntia xandersonii</i> H.M. Hern., Gomez-Hin. & Barcnas	14
<i>Opuntia atrispina</i> Griffiths	15
<i>Opuntia azurea</i> Rose	15
<i>Opuntia bensonii</i> Sánchez-Mej.	15

Las especies que se encuentran en la Tabla 6 con menos de 15 registros del total de los 45 herbarios revisados indican la necesidad de incrementar el esfuerzo de recolecta, para que se tenga mayor representación de la variación de estas especies.

Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos.

A partir del presente proyecto, organizamos una colección *ex situ* conformada por ocho camellones con nopales silvestres mexicanos, ubicados en el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM, que cuenta actualmente con 397 plantas debidamente registradas y documentadas, de 68 diferentes especies de los géneros *Opuntia* y *Nopalea*. Esto corresponde a más del 60% del total de especies reconocidas por nosotros para estos géneros.

Se planteó la posibilidad de que se reconociera esta colección como “Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos”, puesto que dicha colección representa gran parte de la diversidad de nopales silvestres existente en el país y porque servirá para su conservación si bien la mejor estrategia para la protección

y conservación de la vida silvestre siempre será dentro de su propio hábitat (Primack *et al.* 2006).

Estas plantas pueden funcionar como platas madre, en caso de extinción de alguna especie.

En la última Asamblea Nacional de Jardines Botánicos, realizada el 11 de septiembre 2009 fue decretada como “Colección nacional de Nopales Silvestre Mexicanos”.

Neotipos

Durante la revisión de los tipos se encontró que restan 23 especies de nopales mexicanos que carecen de tipo (ver Tabla 7), 22 de *Opuntia* y 1 de *Nopalea* a los cuales se plantea designarles un neotipo nomenclatural.

Tabla 7. Especies que no tienen tipo nomenclatural.

Género <i>Opuntia</i>	
1. <i>O. cantabrigiensis</i> Lynch	13. <i>O. olmeca</i> Pérez, Reyes y Brachet
2. <i>O. glaucescens</i> Salm-Dyck	14. <i>O. pailana</i> Weing.
3. <i>O. gosseliniana</i> F.A.C. Weber	15. <i>O. pilifera</i> F.A.C. Weber
4. <i>O. grandis</i> Pfeiff.	16. <i>O. rileyi</i> J.G.Ortega
5. <i>O. guilanchi</i> Griffiths	17. <i>O. rastrera</i> F.A.C. Weber
6. <i>O. hitchcocki</i> J.G.Ortega	18. <i>O. robinsonii</i> J.G.Ortega
7. <i>O. humifusa</i> (Raf.) Raf.	19. <i>O. robusta</i> H. Wendl.
8. <i>O. joconostle</i> F. A. C. Weber ex Diguet	20. <i>O. santa-rita</i> (Griff & Hare) Rose
9. <i>O. larreyi</i> F.A.C. Weber ex Coult.	21. <i>O. spraguei</i> J.G.Ortega
10. <i>O. leucotricha</i> DC.	22. <i>O. stenopetala</i> Engelm
11. <i>O. maxonii</i> J.G.Ortega	Género <i>Nopalea</i>
12. <i>O. microdasys</i> (Lehm.) Pfeiffer	1. <i>N. dejecta</i> (Salm-Dyck) Salm-Dyck

Se publicó un artículo donde se incluyen neotipos para algunos nopales silvestres mexicanos: *Nopalea auberi* (*Opuntia auberi* Pfeiff.), *N. karwinskiana* (*Opuntia karwinskiana* Salm-Dyck), *Opuntia decumbens* Salm-Dyck, *O. puberula* Pfeiff., *O.*

pubescens H.Wendl. ex Pfeiff. y *O. velutina* F.A.C. Weber (Scheinvar y Olalde 2008).

Se elaboró un artículo designando neotipos para las especies *O. hypticantha*, *O. streptacantha*, *O. lasiacantha* y *O. megacantha*”, publicado en la revista alemana *Schumannia Biodiversity & Ecology* 3: 277-296. 2010.

Es necesario ampliar las áreas de muestreo para aumentar la recolecta de las especies con menos de 15 registros, incrementando las colecciones científicas con las plantas referidas en la Tabla 6.

Con relación a las regiones muestreadas, sobresale los Desierto Sonorense y Chihuahuense, que a pesar de abarcar desde el sur de los E.U.A., hasta Querétaro, Hidalgo, hasta Tehuacán, Puebla y Oaxaca, el área que correspondiente a México es única, ya que presenta especies endémicas y microendémicas que sólo ahí se distribuyen y hace falta mucho trabajo de campo.

Son necesarios estudios de dinámica de población, así como estudios moleculares de los nopales silvestres mexicanos, empezando por aquellas especies que se encontraron en una sola localidad, e incluir a las especies que deriven de estas futuras investigaciones en la NOM (SEMARNAT 2002).

Urge hacer estudios MER (SEMARNAT 2002) para las especies de distribución restringida (Tabla 6) para determinar el estatus de conservación requerido y poder protegerlas en la NOM.

Así mismo, es necesario ampliar el criterio adoptado en la norma citada para proteger a la especie *O. polyacantha* y no sólo a su variedad *arenaria*.

La “Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos”, *ex situ* del Jardín Botánico del IBUNAM debe ser robustecida con más plantas, en especial las especies que no fueron encontradas en el campo pero que se tiene registro. Y resguardar en invernadero aquellas plantas que sean vulnerables a las condiciones climáticas de la Ciudad de México (por ejemplo: *O. microdasys* var. *rufida*, *O. bravoana*, *O. pycnantha* y *O. polyacantha*).

Sugerimos la creación de otras “Colecciones de Nopales Silvestres”, en diferentes Jardines Botánicos con condiciones ecológicas disimiles, garantizando así su conservación en el caso de su destrucción por los actuales cambios climáticos.

Es necesario plantear otro proyecto para coleccionar y designar neotipos de las especies que carecen de tipo: (Tabla 7).

Los nopales están pobremente representados en los herbarios; siendo éstos fuente de información primaria que refleja el trabajo de campo realizado, deben ser enriquecidos sustancialmente con el apoyo de los organismos que puedan ofrecer recursos económicos para esta tarea.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la CONABIO el apoyo otorgado para la realización de esta importante investigación, que juzgamos aporta importantes conocimientos científicos relacionados con los nopales silvestres mexicanos.

Agradecemos también a SAGARPA-SINAREFI por el apoyo en el mismo periodo para el estudio de las especies de nopales productoras de xocónostles, cuyos datos enriquecieron este proyecto.

Agradecemos a la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial a la Dra. Tila María Pérez Ortiz, Directora del Instituto de Biología y al Dr. Javier Caballero Nieto, Jefe del Jardín Botánico del IB-UNAM por el equipo, laboratorios y recursos ofrecidos para el éxito de este proyecto.

Agradecemos al MVZMPZ Sergio Ángeles Campos, Jefe del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM y a la Quim. Águeda García Pérez Jefa del Laboratorio, por los análisis bromatológicos realizados y anexados al final de cada descripción taxonómica.

Agradecemos a la M. en C. Berenit Garfias Mendoza, Técnica del Microscopio Electrónico de Barrido del IBUNAM, por las fotografías tomadas a diversas microestructuras anexadas a cada descripción taxonómica.

Fue de gran valor la colaboración de la M. en C. Ernestina Preciado, de Los Mochis, Sinaloa, quien, en colaboración con el Ing. Vicente Uribe recorrió todos los municipios de Sinaloa, colectando los nopales silvestres georreferenciadas, sacando fotos digitales y enviando descripciones detalladas de cada número de colecta y de las plantas observadas. Así mismo, en colaboración con el Ing. Vicente Uribe, Biól. Gerardo Rangel y la Ing. Berenice Martínez, recorrió el estado de Sonora enviando plantas por paquetería, fotos y descripciones detalladas de cada planta colectada y/u observadas.

Las colectas de Chihuahua se realizaron con el apoyo del Dr. Carlos Morales Nieto, Jefe del Laboratorio de Fitogenética del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-Chihuahua) y del Dr. Corral-Díaz, Jefe del Laboratorio de Botánica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), que proporcionaron una camioneta para el trabajo de campo y participaron durante las colectas realizadas, indicando las localidades mejor representadas con nopales.

Agradecemos a invaluable colaboración de los estudiantes que hicieron su Servicio Social y/o tesis en nuestro Laboratorio, recorriendo diferentes estados de la República Mexicana y ya recibidos: Pas. de Maestría Daniel Olvera Sule quien trabajó el estado de Chihuahua; Pas. de Maestría Patricia Palacios Reséndiz, quien estudió los efectos de los cambios climáticos sobre las especies de nopales en los 5 estados del centro de la República Mexicana; Pas. de Lic. Cesar Ramiro Martínez quien trabajó las especies silvestres productoras de xoconostles del Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo; Pas. de Biól. Angel Gaytán Villafuerte, quien elaboró una tesis relacionada con la distribución, riqueza y diversidad de los nopales silvestres de la República Mexicana y elaboró nuestros mapas de distribución geográfica y de distribución potencial de todas las especies encontradas; Pas. de Biól. Libertad Silva Mijangos quien trabajo en el estado de Michoacán; Pas. de Biól. Abril Gómez Barajas, quien trabajo las ANP's del estado de Tamaulipas. Pas. de Biól. Alejandro quien estudió las especies de nopales productores de tunas dulces en el Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo. Pas. de Biól. Miriam Mena Mendieta, quien recorrió los estados de Colima y Nayarit y

Pas. de Biól. Dulce Ordoñez Barrios quien está recorriendo el SE del estado de Puebla y el NE de Oaxaca (Tabla 8).

GRADO	NOMBRE DEL TESISTA	TITULO	AVANCES
Maestría	M. Patricia Palacios Reséndiz (UNAM)	Efectos del cambio climático sobre la distribución de nopales (Géneros <i>O.</i> y <i>Nopalea</i> Cactaceae) En la ecorregión central de México	Presentada en 2010 APROBADA
Maestría	Daniel A. Olvera Sule (UNAM)	Centro de origen de los xoconostles	Defendida
Licenciatura	Daniel A. Olvera Sule (UNAM)	Diversidad, distribución y conservación de los nopales silvestres <i>O. Mill</i> y <i>Nopalea Salm-Dyck</i> , Cactaceae en el estado de Chihuahua México	Presentada en 2009 APROBADO
Licenciatura	Ángel Gaytan Villafuerte (UNAM)	Distribución, riqueza y diversidad de los nopales silvestres mexicanos, géneros <i>O. Mill.</i> y <i>Nopalea Salm-Dyck</i> , Cactaceae.	Presentada en 2010 APROBADO
Licenciatura	César Ramiro Martínez	Nopales de Villa de Tezontepec, Hidalgo	Presentada en 2010 APROBADO
Licenciatura	Libertad Silva Mijangos (UAEM)	Catálogo de las especies silvestres de nopales en el estado de Michoacán	A presentarse Diciembre 2010
Licenciatura	Miriam Mena Mendieta (UAT)	Número cromosómico de los nopales silvestres de los estados de Nayarit y Colima	En elaboración

Licenciatura	Dulce E. Ordóñez Barrios (UNAM)	Taxonomía de las especies productoras de xoconostles en el valle de Tehuacán-Cuicatlán	En elaboración
Licenciatura	M. Alejandro Gutiérrez Chávez (UNAM)	Especies productoras de tunas del estado de Hidalgo	Presentada Feb. 2012
Licenciatura	Ángel Gaytan Villafuerte	Distribución, riqueza y diversidad de los Nopales Silvestres en la Republica Mexicana.	Presentada 2011
Licenciatura	Abril Gómez B.(UNAM) UNAM	Nopales silvestres de las áreas naturales protegidas de Tamps. Tamaulipas	En revisión

Tabla 8. Tesis desarrolladas durante la elaboración del proyecto

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, E. F. 2001. *The Cactus Family*. Timber Press. Portland, Oregon. USA. 776 p.
- Arriaga, L., J. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coord.). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Baker, M., W. Mohlenbock y D. Pinkava. 1985. A comparison of two new methods of preparing cacti and other stem succulents for standar herbarium samples. *Taxon* **34** (1): 118-120. En: Bárcenas, R. T. 1999. *Patrones de distribución de cactáceas en el estado de Guanajuato*. Tesis Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Bárcenas, R. T. 1999. *Patrones de distribución de cactáceas en el estado de Guanajuato*. Tesis Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.

- Barthlott, W y D. Hunt. 1993. Cactaceae. En: K. Kubitzki (ed.). *The Families and Genera of Vascular Plants*. Springer-Verlag. Berlin. pp. 161-197.
- Benson, L. 1969. *The Cacti of Arizona*. University of Arizona Press. 218 p.
- _____.1982. *The cacti of the United States and Canada*. Stanford University Press, Stanford. 1039 p.
- Bravo, H.1937. *Las cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 755 p.
- _____. 1978. *Las cactáceas de Méxio*. v. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 743 p.
- _____ y H. Sánchez-Mejorada. 1991. *Las cactáceas de México*, 2a ed. v. 2 y 3, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- _____ y L. Scheinvar. 1995. *El interesante mundo de las cactáceas*. Fondo de Cultura conómica y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F. 233 p
- _____ y Scheinvar 1999. *El interesante mundo de las cactáceas*. 2a ed. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 233 p.
- Britton, N. y J. Rose. 1919. *The Cactaceae*. v. 1. Carnegie Institution of Washington, D.C.
- _____ y J. Rose.1920. *The Cactaceae*. Carnegie Institution of Washington, D.C. 182 p.
- CITES. 2007. *Convention on International Trade in Endangered Species*. Apéndices I, II y III de la Convención Washington D. C. EE.UU. www.cites.org Consultado en Mayo de 2008.
- Clover, E. U. 1952. Methods of collecting cacti for herbarium and botanical garden. *Cactus Succulent Journal America*. **24** (3) 72-75 En: Bárcenas, R. T. 1999. *Patrones de distribución de cactáceas en el estado de Guanajuato*. Tesis Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- COMENTUNA, Red Nopal y CONABIO. 2008. *Nopales, tunas y xoconostles*. Consejo Mexicano del Nopal y Tuna, A. C., Red Nopal y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- CONANP. 2007. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas SEMARNAT, México D. F. www.conanp.gob.mx Consultado en Febrero de 2008.
- Crook, R. y R. Mottram .1995. *Opuntia* Index. Part 1: Introduction and A-B. *Bradleya* **13**: 89-118.
- _____.1996. *Opuntia* Index. Part 2: Nomenclatural note and C-E. *Bradleya* **14**: 99-144.
- _____. 1997. *Opuntia* Index. Part 3: Nomenclatural note and F. *Bradleya* **15**: 98-112.
- _____. 1998. *Opuntia* Index. Part 4: G-H. *Bradleya* **16**: 119-136.
- _____. 1999. *Opuntia* Index. Part 5: I-L *Bradleya* **17**: 109-131.

- _____. 2000 *Opuntia* Index. Part 6: M-O. *Bradleya* **18**: 113-140.
- _____. 2001 *Opuntia* Index. Part 7: P-Q. *Bradleya* **19**: 91-116.
- _____. 2002 *Opuntia* Index. Part 8: R. *Bradleya* **20**: 51-66.
- _____. 2003 *Opuntia* Index. Part 9: S. *Bradleya* **21**: 63-86.
- Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press. Nueva York.
- ESRI. 1999. Environmental Systems Research Institute ArcView 3.2 (SIG).
- Gibson, A. C., K. C. Spencer, R. Bajaj y J. L. McLaughlin .1986. The ever-changing landscape of cactus systematic. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. **73**: 532-555.
- González-Ortega, J. 1929. *Flora indígena de Sinaloa*. Imprenta de la Escuela Preparatoria. Mazatlán, Sinaloa. 17 p.
- González, D. A., M. E. Riojas L. y H. J. Arreola N. 2001. *El género Opuntia en Jalisco*. Guía de campo. Universidad de Guadalajara y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Zapopan, Jalisco. 135 p.
- Griffiths, D. 1914. New species of *Opuntia*. *Proceedings of the Biological Society of Washington* **27**: 23-28.
- _____. 1919. New and old species of *Opuntia*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* **46** (6): 195-206.
- Guzmán, U. L., S. Arias y P. Dávila. 2003. *Catálogo de cactáceas mexicanas*. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 315 p.
- Hernández, H y H. Godínez .1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* **26**:33-52.
- _____ y R. Bárcenas. 1995. Endangered cacto in the Chihuahuan Desert. I Distribution Patterns. *Conservation Biology* **9** (5): 1176-1188.
- _____ y R. Bárcenas. 1996. Endangered cacto in the Chihuahuan Desert. II Biogeography and conservation. *Conservation Biology* **10** (4): 1200-1209.
- Hunt, D. R. 1991. Stabilization of names in succulent plants. En: D. L. Hawksworth (ed.) *Improving the stability of names: needs and options*. Regnum Vegetabile. 123 p.
- _____. 2006. *The New Cactus Lexicon*. Text. Milbourne Port, Inglaterra. 373 p.
- IUCN. 2007. International Union for Conservation of Nature. Red List of Threatened Species. www.iucnreslist.org Consultado en mayo de 2008.
- Kiesling, R. y O. E. Ferrari. 2005. *100 Cactus Argentinos*. Albatros, Instituto de Botánica Darwinion. San Isidro, Argentina. pp 19-20.

- Leuenberger, B. E. 1987. A preliminary list of Cactaceae from the Guianas and recommendations for the future collecting and preparation of specimens. *Willdenowia* **16** (24): 497-510.
- _____. 1997. *Maihuenia*- monograph of Patagonian genus of Cactaceae. *Botanische Jahrbücher für Systematik*. **119**: 1-92.
- Linnaeus, C. von. 1753. *Species plantarum*. Stockholm. pp. 114-125.
- Miller, P. 1754. *Opuntia*. Gardeners Dictionary Abr. ed. 1. London.
- Muñoz-Urías, A. G. Palomino-Hasbach, T. Terrazas, A. Gracia-Velázquez y E. Pimienta B. 2008. Variación anatómica y morfológica en especies y entre poblaciones de *Opuntia* en la porción sur del Desierto Chihuahuense. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. **83**:1-11.
- Paredes, R., T. Van Devender y R. Felger. 2000. *Cactáceas de Sonora, México: su Diversidad, Uso y Conservación* Arizona-Sonora Desert Museum Press, Tucson, Arizona. 143 p.
- Parfitt, B. D. y D. J. Pinkava. 1988. Nomenclatural systematic reassessment of *Opuntia engelmannii* and *Opuntia lindheimeri* (Cactaceae). *Madroño* **35**: 342-349.
- _____. y A. C. Gibson. 2003. Cactaceae. En: *Flora of North America. North of Mexico*. v. 4. Part 1. Oxford University Press. pp. 92-152.
- Pinkava, D.J. 1996. Nomenclatural changes in *Opuntia* (Cactaceae) . *Haseltonia* **4**:103-104. En: Paredes, R., T. Van Devender y R. Felger. 2000. *Cactáceas de Sonora, México: su Diversidad, Uso y Conservación* Arizona-Sonora. Desert Museum Press, Tucson, Arizona. 143 p.
- _____. 2002. On the evolution of the continental North American Opuntioidea (Cactaceae). En: Hunt, D. R. y N. Taylor (eds. y comps). *Studies on Opuntioidea (Cactaceae)*. London. pp 59-98.
- Primack, R., R. Roíz, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. 2006. *Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas*. México. pp. 421- 445.
- Rodríguez S. E. y A. Nava C. 1998. *Nopal. Riqueza agroecológica de México*. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria. Secretaría de Educación Pública. México, D.F. 160 p.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México. 432 p.
- _____. 1991. El endemismo de la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana* **15**: 47-64.
- Salm-Dyck, J. 1850. *Cactaeae in Horto Dyckensi cultae anno 1849*. Bonn. 266 p.
- Scheinvar, L. 2004. *Flora cactológica del estado de Querétaro. Diversidad y riqueza*. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 390 p.
- _____. y G. Olalde. 2009. Tipificación de algunas cactáceas del estado de Guerrero. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **53** (2): 36-50.

- _____, G. Olalde, S. Filardo y P. Beckler. 2010. *Diez especies mexicanas productoras de xoconostles: Opuntia spp. y Cyllindropuntia imbricata (Cactaceae)*. Universidad Nacional Autónoma de México/Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México, D.F.
- _____, G. Olalde, D. Sule, M. Mena, E. Matías, C. González, A. Gaytán, D. Ordóñez, C. Martínez, A. Gutiérrez, V. Morales, A. Gómez, R. Ortiz, L. Silva y P. Palacios. 2010 inédito. *Base de Datos Nopales Silvestres Mexicanos*. Laboratorio de Cactología, Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Proyecto GE005. México, D.F.
- _____, C. Gallegos, G. Olalde & A. Rodríguez. 2010. *Opuntia serie Streptacanthae (Cactaceae)-neo-tipifications and Taxonomic notes for four species. Schumannia 6 Biodiversity & Ecology 3: 277-296.*
- Schumann, K. M. 1898. *Gesamtbeschreibung der Kakteen (Monographia Cactacearum)*. Neudamm. 827 p.
- SEMARNAT. 2002. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, 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. 6 de marzo de 2002, Primera sección. México, DF.
- Takhtajan, A. 1969. *Flowering plants. Origin and dispersal*. Oliver and Boyd LTD. Gran Bretaña. Trad. C. Jeffrey. 310 p.
- Tournefort, J. P. 1656-1708. *Institutiones rei herbariae*. 2a. ed. v. 1. Paris.
- Wallace, R. S. y S. L. Dickie. 2002. Systematic implications of chloroplast DNA sequence variation in the Opuntioideae. En: Hunt, D. y N. Taylor. 2002. *Studies in the Opuntioideae (Cactaceae). Succulent Plant Research*. v. 6. Inglaterra.
- Weniger, D. 1984. *Cacti of Texas and neighboring states*. University of Texas Press. pp. 228-318.