



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

“Especies productoras de tunas, *Opuntia spp.* en Villa de Tezontepec, Hidalgo”.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIOLÓGO

PRESENTA

Manuel Alejandro Gutiérrez Chávez

DIRECTORA DE TESIS: DRA. LEÍA AKCELRAD LERNER DE SCHEINAVAR

ASESORA INTERNA: M. en C. BALBINA VAZQUÉZ BENITEZ



MÉXICO D.F. 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Hoja de datos

1. Datos del Alumno.

**Gutiérrez
Chávez
Manuel Alejandro
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza
Biología
405043990**

2. Datos del Tutor

**Dra.
Léia
Akcelrad
Lerner
Universidad Nacional Autónoma de México
Jardin Botánico IB-UNAM**

3. Datos del Asesor Interno

**M. en C.
Balbina
Vázquez
Benítez
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (UNAM).**

4. Datos del Sinodal 1

**Dr.
Arcadio
Monrroy
Ata
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (UNAM).**

5. Datos del Sinodal 2

**Dra.
M^a del Socorro
Orozco
Almanza
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (UNAM).**

6. Datos del Sinodal 3

**M. en C.
Jorge
Gutiérrez
Gallegos
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (UNAM).**



Trabajo realizado con el apoyo del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINARE), perteneciente a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Proyecto “Proyecto para la conservación y aprovechamiento de tunas” (2009), con clave FRU-NOP-03b.



Agradecimientos

A la máxima casa de estudios, Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II y al Jardín Botánico del Instituto de Biología, por formar parte importante en mi carrera profesional.

A la Dra. Léia Scheinvar, por enseñarme lo hermosas que pueden ser las cactáceas, por su apoyo incondicional, sus grandes consejos, su dedicación, paciencia, humanidad y su infinito amor a la vida.

Al Dr. Clemente Gallegos, por su apoyo, sus acertados consejos, por esas interminables horas de charla y sobre todo por ser un excelente maestro y un gran amigo.

A la M. en C. Balbina Vázquez Benítez, por brindarme su tiempo y compartir su experiencia con migo en la revisión de este trabajo.

A la Dra. M^a de Socorro Orozco, por recibirme en el laboratorio de Ecología Vegetal, por sus sugerencias y críticas tan acertadas y por ser una linda persona.

A la M. en C. Berenit Mendoza Garfias por su apoyo en la toma de fotografías de Microscopio Electrónico de Barrido y por esas pláticas tan amenas.

Al M.V.Z. Sergio C. Ángeles Campos y a la Q. A. Águeda García Pérez y al Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, por su colaboración en la realización de los análisis bromatológicos de los cladodios.

A mis sinodales Dr. Arcadio Monroy Ata y al Biol. Jorge, ya que sin sus comentarios, críticas y sugerencias tan acertadas y objetivas este trabajo no podría haberse terminado.

Al Sr. Enrique Contreras González. Por todo su apoyo incondicional, por preocuparse siempre por mi familia en todo momento, por sus grandes consejos e interminables pláticas, por brindarnos toda su confianza y transmitirnos ganas insaciables de salir adelante en cualquier circunstancia y a enfrentar las adversidades de la vida por muy irónicas que estas sean.

Al Laboratorio de Cactología del IB-UNAM en donde encontré buenos amigos: Abril, Ángel, Cesar, Daniel, Dulce, Elia, Gabriel, Libertad, Marlene, Melba, Miriam, Paty y Roberto.



Dedicatoria

A mis padres:

Hortensia Chávez Fabián, por ponerme siempre en el camino correcto, por ser la mejor persona que puede existir, por tu infinito respeto y amor a la vida, por enseñarme a nunca dejarte vencer a pesar de las circunstancias en las que te encuentres, por ser mi soporte, por compartir conmigo infinitos momentos de alegría, enojos, llantos y experiencias, por ser más que mi madre, una amiga en la que siempre puedo confiar y sobre todo por enseñarme a que llega un momento en la vida en el que ya no hay nada más que enseñar, este trabajo también es tuyo **Pinwika**.

Jesús Gutiérrez Martínez, a mi viejo, por ser el mejor padre que alguien puede tener, por tus sabios consejos, por tu apoyo incondicional y porque a pesar de la distancia siempre estás conmigo, sé que en todo momento puedo confiar en tí, siempre te llevo en mi corazón.

A mis hermanos:

Enrique Gutiérrez Chávez, por darme infinitas lecciones de vida, por demostrarme que nada es imposible, por ser mi cómplice, por soportarme, por tu tolerancia, por las innumerables veces que me has hecho reír cuando no he tenido ganas de hacerlo, por ser mi amigo y compartir junto a mí los mejores momentos de mi vida, eres el mejor hermano, gracias **Charal**.

Eduardo Andonaegui Chávez, por las grandes e interminables pláticas antes de ir a dormir, por enseñarme lo bueno de la música, por tus consejos, risas y alegrías, nunca olvides que: **“que es un hombre si no se tiene a sí mismo”** F.S.

A mi linda esposa: **Noemi Espinoza Díaz**, por dejarme ser el ladrón que roba tu preciado tiempo, por los bellos momentos que compartes conmigo, por enseñarme que la suma de **1 + 1 = (1 + 1 ó 2)**, por ser la mejor **artista** que conozco y plasmar tu arte en esas bonitas pinturas que haces para mí, por ser el **teflón donde resbalan mis problemas**, por tener siempre una sonrisa y palabras de aliento para mí, por ser mi **musa**, mi **nena**, mi **princesa**, la **Shally** de mi extraño mundo y soportar tantas cosas; y sin embargo, **“que quieres que haga”** TE AMO...!!!

A **los Fabianes**, por ser una familia completamente loca de remate, pero de la cual me siento muy orgulloso de formar parte: Hortensia (**Pinwika**), Vicente (**Tío bistek**), Yolanda (**abuela**), Antonia, Manuel (**Tío gordo**), Carlos (**Juano**), Alberto (**el ganzo**), Claudia (**gorda**), María (**negra**), Citlalí (**Citlí**), Alejandro, Gabriel (**Gabo**), Leticia, Karla, Daniel, (**chino**), Chelita (**Cantante calva**), Arturo (**hueso**), Saúl (**canelo**), Selene, Italo, Valeria (**mandril**), Ángel (**puerquito**), Esteban (**el gordo**), Víctor (**vico**), Kevin, Diego y David (**foca y bola**), Martín (**changoleon**), Carlos (**charli**), Fermín (**fabiruchis**), José (**el puma**), Valverde (**Juan-Diego**), Eduardo (**pelón**), Enrique (**muñeco**).



A todas aquellas personas que comenzaron conmigo la carrera de Biología como unos completos desconocidos y que con el transcurso del tiempo, pasaron a ser mis **compañeros** y **amigos** para convertirse en mis **hermanos**.

Ángel (chipi, orejón, Mr. ears) por jugarte la vida conmigo tantas veces, por las cosas inconclusas y fallidas que hemos dejado atrás, por tus buenos consejos, regañadas y sobre todo, por ser uno de mis más grandes amigos.

Jorge (flaco, conan, 16⁵⁰) por esas buenas borracheras y amenas conversaciones en los eventos, además de compartir conmigo el gusto de un buen **Cognac**, por los favores incondicionales y brindarme tu fabulosa amistad.

Manuel (mamer, labios, c gordao) por tu amistad incondicional, por tus amoríos y ser de esos amantes a la antigua, por tu nobleza, por siempre sacar la casta por la banda en todo momento y por esas inolvidables visitas al **carboncito**.

Tania (chapis) sin duda por ser una de nuestras mejores creaciones, por contagiarme siempre de tu buen humor y de tu buena onda, por esos buenos momentos, risas y alegrías, por ser mi hermanita, te quiero **chapita**.

Rene (charro, rana, renido) por ser la persona más obstinada y aferrada que conozco pero, y sin embargo, también por ser un gran amigo en el que puedo confiar.

Juanito (pollo, bruja, nari) por esas divertidísimas borracho-audiciones de **rock band**, por esos buenos momentos, por compartir conmigo el gran **día de los bastardos** y también por aguantarme en incontables ocasiones, una de ellas... "**pero, porque yo juanita**".

Adrian (animal, toc) por esas inolvidables horas entrenando contigo, por esos **chochos** tan desagradables que compartimos juntos, por tus amenas y divertidas borracheras con tan solo **dos chelas** y tu grandiosa amistad.

A **Gaby, Stacy, Jessi** (prangana), **Cindel, Omar** (bambuchas), **Nahúm, Alejandra, Víctor** (pigmeo), **Mitzi, Susana** (lulu), **Alejandro** (chikilin), **Paco, Tonatihu** (tona), **Carmelo, Jesús** (p....), **Jesús** (braulio), **Ricardo** (richi), **Alberto** (betin), **Ana** (la puerca), **Araceli, Brenda, Pilar, y Heriberto** (heri).

A **Agustín Salgado** (Gerente general) por enseñarme que en este mundo existen dos clases de personas; los que son hombres y los que son payasos, gracias por motivarme siempre a ser de los primeros.

A **Jesús Hernández** (Chucho, enano) por ser mi más grande y mejor amigo de la infancia, por todos tus buenos consejos y orientarme en todo momento cuando más lo he necesitado, por dejarme aprender de ti y por que juntos hemos hecho de cualquier lugar... lugar de las grandes p.....

A **Juan Henandéz** (nelo) por que en algún momento de la vida dejaste de ser mi amigo para convertirte en mi hermano, por ser mi confidente, por que juntos hemos soñado que el mundo puede cambiar y ser mejor, por todos los bellos recuerdos y amenas experiencias que nos ha tocado vivir y sobre todo por tu maravillosa amistad.

A **Israel Corona** (negro) por enseñarme que si quieres algo tienes que luchar por para conseguirlo, por ser un ejemplo a seguir, por ser tan orgulloso y obstinado, por ser más que un amigo, un hermano para mí.



A **Roberto Figueroa** (cabra) por ser la persona más capaz y rifada que he conocido jamás, por tus sabios consejos, por tu gran experiencia y ser mi gran amigo.

A **Javier** (javis), **Tavo** (botes), **Luis** (cocol), **Adrian** (ojitos), **Dorian**, **Sharon**, **Edwin** (metal), **Claudia** (gorda), **Jesús Carmona** (Chino).

A la Teniente de Corbeta S.S.N. M.C. **Maricarmen López Flores**, por ser la mejor amiga que pude encontrar en un lugar completamente desconocido, por las adversidades que hemos pasado juntos, por defenderme de tantas personas, por preocuparte por mí, por escucharme siempre y por que en algún momento de la vida el destino me puso en tu camino para dejarme aprender de tí "**Amiga, esas palas ya son más ok.**" te quiero.

A todos y a los miles que faltaron por mencionar...

GRACIAS!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!



Índice

1. Resumen	1
2. Introducción.....	2
2.1. Distribución de la familia <i>Cactaceae</i>	2
2.2. Familia <i>Cactaceae</i>	3
2.3. El Género <i>Opuntia</i>	4
2.4. Descripción del género <i>Opuntia</i>	5
2.5. Distribución del género <i>Opuntia</i> en México.....	7
3. Antecedentes.....	8
4. Justificación.....	10
5. Zona de estudio.....	11
5.1. Orografía.....	11
5.2. Hidrografía.....	11
5.3. Clima.....	11
5.4. Vegetación.....	12
5.5. Geología.....	12
6. Objetivos.....	13
7. Material y Métodos.....	14
7.1. Trabajo de campo.....	14
7.2. Trabajo de gabinete.....	15
7.3. Estudios Bromatológicos.....	17
7.4. Elaboración de fichas taxonómicas.....	19
7.5. Cultivo <i>ex situ</i> de nopales.....	20
8. Resultados.....	21
<i>Opuntia sarca</i> Griffiths <i>ex</i> Scheinvar 1981.....	22
<i>Opuntia streptacantha</i> subsp. <i>aguirana</i> x <i>O. lasiacantha</i>	28
<i>Opuntia streptacantha</i> Lem, 1839.....	33
<i>Opuntia streptacantha</i> subsp. <i>aguirrana</i>	39
<i>Opuntia pachona</i> Griffiths, 1909.....	44
<i>Opuntia guerrana</i> Griffiths, 1908.....	49
<i>Opuntia larreyi</i> F.A.C. Weber, 1879.....	53
<i>Opuntia lasiacantha</i> Pfeiffer, 1837.....	58
<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill., 1768.....	62
<i>Opuntia nigrita</i> Griffiths, 1920.....	66
<i>Opuntia streptacantha</i> x <i>O. megacantha</i>	70
<i>Opuntia albicarpa</i> Scheinvar, 1993.....	75



<i>Opuntia amarilla</i> Griffiths, 1919.....	79
8.1. Análisis Bromatológico.....	83
8.2. Conservación <i>ex situ</i> en el Jardín Botánico del IB-UNAM.....	84
9. Análisis de Resultados.....	85
10. Conclusiones.....	93
11. Literatura citada.....	95
Anexo I.....	102
Anexo II.....	104

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de distribución del género <i>Opuntia</i>	7
Figura 2. <i>Opuntia sarca</i>	24
Figura 3. Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) de <i>Opuntia sarca</i>	25
Figura 4. Mapa de distribución de <i>Opuntia sarca</i>	27
Figura 5. <i>Opuntia streptacantha</i> x <i>O. lasiacantha</i>	29
Figura 6. MEB de <i>Opuntia streptacantha</i> x <i>O. lasiacantha</i>	30
Figura 7. <i>Opuntia streptacantha</i>	35
Figura 8. MEB de <i>Opuntia streptacantha</i>	36
Figura 9. Mapa de distribución de <i>Opuntia streptacantha</i>	38
Figura 10. <i>Opuntia streptacantha</i> subsp. <i>aguirrana</i>	40
Figura 11. MEB de <i>Opuntia streptacantha</i> subsp. <i>aguirrana</i>	41
Figura 12. Mapa de distribución de <i>Opuntia streptacantha</i> subsp. <i>aguirrana</i>	43
Figura 13. <i>Opuntia pachona</i>	45
Figura 14. MEB de <i>Opuntia pachona</i>	46
Figura 15. Mapa de distribución de <i>Opuntia pachona</i>	48
Figura 16. <i>Opuntia guerrana</i>	50
Figura 17. MEB de <i>Opuntia guerrana</i>	51
Figura 18. Mapa de distribución de <i>Opuntia guerrana</i>	52
Figura 19. <i>Opuntia larreyi</i>	54
Figura 20. MEB de <i>Opuntia larreyi</i>	55
Figura 21. Mapa de distribución de <i>Opuntia larreyi</i>	57
Figura 22. <i>Opuntia lasiacantha</i>	59
Figura 23. MEB de <i>Opuntia lasiacantha</i>	60
Figura 24. Mapa de distribución de <i>Opuntia lasiacantha</i>	61
Figura 25. <i>Opuntia ficus-indica</i>	63
Figura 26. MEB de <i>Opuntia ficus-indica</i>	64
Figura 27. <i>Opuntia nigrita</i>	67
Figura 28. MEB <i>Opuntia nigrita</i>	68
Figura 29. Mapa de distribución de <i>Opuntia nigrita</i>	69



Figura 30. <i>Opuntia streptacantha</i> x <i>O. megacantha</i>	71
Figura 31. Cladodios y frutos de <i>Opuntia streptacantha</i> x <i>O. megacantha</i>	72
Figura 32. MEB de <i>Opuntia streptacantha</i> x <i>O. megacantha</i>	72
Figura 33. <i>Opuntia albicarpa</i>	76
Figura 34. MEB de <i>Opuntia albicarpa</i>	77
Figura 35. <i>Opuntia amarilla</i>	80
Figura 36. MEB de <i>Opuntia amarilla</i>	81
Figura 37. Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos.....	84

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Relación de especies colectadas.....	21
Cuadro 2. Características comparativas entre <i>Opuntia lasiacantha</i> , <i>O. streptacantha</i> subsp. <i>aguirrana</i> y <i>O. lasiacantha</i> x <i>O. streptacantha</i> subsp. <i>aguirrana</i> f. hort. nov.....	32
Cuadro 3. Características comparativas entre <i>O. streptacantha</i> , <i>O. megacantha</i> y <i>O. streptacantha</i> x <i>O. megacantha</i> f. hort. nov.....	74
Cuadro 4. Composición química de los cladodios de las 13 especies productoras de tunas.....	83
Cuadro 5. Especies de <i>Opuntia</i> endémicas de México, presentes en Villa de Tezontepec.....	85
Cuadro 6. Especies silvestres de <i>Opuntia</i> , presentes en las Áreas Nacionales Protegidas de los estados donde se distribuyen.....	86



1. Resumen

Opuntia es uno de los géneros más representativos de la familia *Cactaceae* y puede ser dominante fisonómico del matorral xerófilo y en general de la flora mexicana de zonas áridas y semiáridas que actualmente ocupan más del 60% del territorio mexicano. Los nopales se distinguen por tener un tallo articulado modificado aplanado, fotosintético llamado cladodio. Esta investigación tiene como objetivo contribuir al estudio de la diversidad de nopales silvestres productores de tunas dulces en Villa de Tezontepec, municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo, México. A partir de tres diferentes salidas de prospección al campo, se colectaron cuatro cladodios de cada especie encontrada, con flores y/o frutos. Dos cladodios se herborizaron y fueron depositados en los herbarios: MEXU, CHAPA, ARIS, MO. Otro fue enviado para la realización de análisis bromatológicos y un último fue cultivado *ex situ* en la “Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos” del Jardín Botánico IB-UNAM. Se elaboraron fichas taxonómicas con descripción detallada de cada taxón. Se realizaron estudios de Microscopía Electrónica de Barrido de diferentes estructuras tales como: epidermis, espinas, glóquidas, granos de polen y semillas, con la finalidad de caracterizar su micro-morfología en cada especie. La información taxonómica, ecológica y geográfica obtenida fue registrada en la base de datos “Especies de Nopales Silvestres Mexicanos” que actualmente cuenta con 5716 ejemplares de 93 especies silvestres de *Opuntia*. Con ayuda del sistema de información geográfica (SIG) DIVA-GIS 7.1.7 se elaboraron mapas distribución de cada especie encontrada y se le sobrepuso la capa de áreas naturales protegidas con la finalidad de documentar el estatus de conservación de los taxa estudiados. Se registraron 13 especies diferentes en la zona de estudio: *Opuntia albicarpa* Scheinvar, *O. amarilla* Griffiths, *O. ficus-indica* (L.) Mill., *O. guerrana* Griffiths, *O. larreyi* F.A.C. Weber, *O. lasiacantha* Pfeiffer, *O. nigrita* Griffiths, *O. pachona* Griffiths, *O. sarca* Griffiths ex Scheinvar, *O. streptacantha* Lem. y *O. streptacantha* Lem. subsp. *aguirrana* Scheinvar & A. Rodr.; así también se determinaron dos nuevos híbridos; uno, de *O. lasiacantha* x *O. streptacantha*, el segundo: *O. megacantha* x *O. streptacantha*. Como parte del programa de conservación *ex situ*, se cultivaron 13 ejemplares correspondientes a las especies estudiadas en el camellón registrado con la clave OP7, del Jardín Botánico del IB-UNAM. De las 13 especies de *Opuntia* reportadas en este estudio, se encontró que siete de ellas son endémicas de México. Además, al analizar la composición química de los nopales estudiados se encontró que todas ellos superan los valores de los parámetros estudiados con respecto al elemento de comparación (*Zaea maíz*).



2. Introducción

2.2. Distribución de la familia Cactaceae

Las cactáceas son una familia endémica del Continente Americano. Se distribuyen desde Canadá hasta la Patagonia y comprenden entre 1500 y 2000 especies (Bravo & Scheinvar, 1999). Sin embargo, hay una excepción con el género *Rhipsalis* el cual comprende un total de 35 especies de cactus epifitos la mayoría sin espinas. El género se encuentra ampliamente distribuido por Centroamérica y gran parte del norte y centro de Sudamérica y una de las especies, *Rhipsalis baccifera* se encuentra también en África, Madagascar, Sri Lanka, India y Nepal. La teoría más aceptada que explica la dispersión de *R. baccifera* es que probablemente las aves migratorias transportaron y dispersaron las semillas en sus viajes anuales (Wallace & Dickie, 2002). De acuerdo a Rzedowski (1991), la flora fanerogámica de México se calcula en aproximadamente 220 familias y no menos de 30 000 especies. De éstas, destacan por el número de géneros que las integran, las compuestas, leguminosas, gramíneas y cactáceas. Estas últimas cuentan con cerca de 93 géneros (Barthlott & Hunt, 1993). En México, Bravo, 1978; Bravo y Sánchez-Mejorado, 1991 consideran 66 géneros de cactáceas, entre ellos 30 endémicos y casi 900 especies (Bravo y Scheinvar, 1999).

Las gran diversidad de cactáceas se encuentra en zonas áridas y semiáridas que corresponden a matorrales xerófilos, pastizales también se desarrollan en bosques tropicales caducifolios, bosques perennifolios y bosques mesófilos de montaña, así como en bosques de pino y encino donde crecen como epífitas (Bárcenas, 1999). Las cactáceas se encuentran cultivadas y naturalizadas en todos los continentes, donde fueron introducidas después de la llegada de los europeos al continente Americano. En América existen dos importantes centros de diversificación de la familia; el primer centro de diversificación en Sudamérica comprende los Andes, zona árida de Perú, Chile, Paraguay, Bolivia y Argentina y el segundo en Norteamérica, que comprende la región centro-norte de México, extendiéndose hasta el Suroeste de E.U.A. Otros centros de diversificación de cactáceas están en el Este de Brasil y en la región Suroeste de México, donde se distribuye un importante grupo de especies epífitas de zonas húmedas (Barthlot & Hunt, 1993; Hernández & Godínez, 1994; Hernández & Bárcenas, 1995, 1996).



2.2. Familia Cactaceae

Hasta la fecha no se han registrado fósiles de cactáceas, lo que dificulta asegurar su fecha y lugar de origen. Pero se sabe que las primeras plantas con betalainas, sustancias preferentes en la familia *Cactaceae* aparecieron a finales del Terciario e inicios del Cuaternario, después de la separación de los continentes americano y africano (Takhtajan, 1969). Con mínimas evidencias en el registro fósil, las cactáceas son consideradas por los especialistas como un grupo natural monofilético que ha evolucionado en los últimos 80 a 60 millones de años. Por lo tanto, es difícil establecer los rasgos más primitivos de esta familia (Anderson, 2001). La familia *Cactaceae* ha sido clasificada dentro de diferentes órdenes por compartir características comunes con algunas familias de plantas. Los diferentes sistemas de clasificación se fundamentan en evidencias sobre las características primitivas que han evolucionado hacia caracteres más especializados (Arreola, 1996).

De acuerdo con Bessey, (1915). Las cactáceas se ubicaron en el orden Centrospermae. Posteriormente fueron agrupadas en el orden exclusivo de Cactales, aceptado por Britton & Rose, (1919), Benson, (1969) y por Hutchinson, (1959). Sin embargo, las clasificaciones más aceptadas actualmente son las de Takhtajan, (1969) y Cronquist, (1981) que se señalan a continuación:

Clasificación de la Familia *Cactaceae* según Takhtajan, (1969).

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta o Angiospermae
Clase	Magnoliopsida (Dicotiledónea)
Subclase	Caryophyllidae
Super orden	Caryophyllanae
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae

Clasificación de la Familia *Cactaceae* según Cronquist, (1981).

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida (Dicotiledónea)
Subclase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae



Las cactáceas tienen como sinapomorfia la presencia de aréolas. Estas son terminales o axilares, donde hay meristemos, muy especializados, claramente visibles y generalmente aparecen como pequeñas protuberancias de colores claros u oscuros, de donde emergen las espinas y algunas modificaciones de estas (glóquidas, pelos o cerdas, fieltro y lana) y que tienen como función disminuir la temperatura de la epidermis y reducir la evapotranspiración. Así también, de las aréolas emergen ramas y flores (Bravo 1978). Las cactáceas poseen adaptaciones especiales, que les confiere singularidad dentro del reino vegetal. Entre las principales adaptaciones están: la concentración de la actividad fotosintética en el tallo, Metabolismo Acido Crasulaceo (CAM), el cual comparte con la familia de las *Crasulaceas* y algunas orquídeas epifitas, el gran desarrollo del tejido parenquimatoso y de cutículas epidérmicas cerosas (Bravo, 1937; Taíz & Zeiger, 1991).

La familia Cactaceae comprende cuatro subfamilias: *Pereskioideae*, *Maihuenioideae*, *Opuntioideae* y *Cactoideae*. La subfamilia *Pereskioideae* es la única que presenta hojas laminares algo suculentas y no presenta glóquidas. La subfamilia *Maihuenioideae* se caracteriza por espinas aplanadas y semillas lenticulares, envueltas en un arilo blando (Leuenberger 1997; Parfitt y Gibson 2003). La subfamilia *Opuntioideae*, a la cual pertenecen los nopales, presenta glóquidas (ahuates), espinas subuladas o aciculares, con hojas subuladas sólo durante la etapa juvenil y la subfamilia *Cactoideae* no presenta hojas laminares, ni glóquidas y las semillas no son lenticulares ni pétreas (Ferrari 2005).

2.3 El género *Opuntia*

Fue descrito por Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708), antes de que Linneo publicara *Species Plantarum* (Linnaeus, 1753). El nombre *Opuntia* fue retomado por Miller-Phillip (1754), quien describió las especies conocidas hasta entonces. A este autor se le considera creador del género, ya que el *Código Internacional de Nomenclatura Botánica* (2002) indica que los nombres de autores anteriores a Linneo pueden omitirse (Scheinvar *et al.*, 2009). Los nopales son agrupados en dos géneros, *Opuntia* el cual reúne especies que tienen el androceo y gineceo dentro del perianto, generalmente con flores amarillas, a veces rojas polinizadas por insectos. El género *Nopalea* fue descrito y propuesto por Salm-Dyck (1834), separa a los nopales que presentan perianto tubuloso, órganos sexuales exertos, flores rojas o anaranjadas polinizadas principalmente por colibríes. Este género fue aceptado por Bravo (1978).



De acuerdo con Esquivel (2004) y Mizrahi y Nerd, (1997) las especies del género *Opuntia* en México, están agrupadas en 17 series y 83 especies y 43 variedades, de todas estas solo dos especies son cultivadas y comercializadas *Opuntia amarilla* Griffiths y *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. El género *Nopalea* presenta diez especies de las cuáles la *Nopalea cochenillifera*, sin espinas esta domesticada. *Opuntia* es el género de la familia *Cactaceae* más ampliamente distribuido en el continente americano. En México, puede ser dominante fisonómico del matorral xerófilo y en general de la flora mexicana de zonas áridas y semiáridas. Se distribuye bajo diferentes condiciones ambientales, al soportar escasa humedad relativa del aire, gran variabilidad de temperatura y se encuentran prácticamente en cualquier tipo de topografía, desde el nivel del mar, hasta los 2800 m formando parte de dunas, pastizales, bosque tropical caducifolio, matorrales xerófitos, bosques de pino-encino. México es un importante centro de diversificación de este género (Guzmán *et al.*, 2003).

2.4 Descripción del género *Opuntia*

Britton & Rose (1919), Griffiths (1914), (1919), Gibson & Nobel (1986), Bravo (1978), Scheinvar (1982), Parfith & Pinkava (1992), Diaz & Cocucci (2003), usaron caracteres fenotípicos para describir el género *Opuntia*, especies y variedades productoras de nopales. Hoy en día las clasificaciones basadas en biología molecular buscan encontrar las relaciones filogenéticas entre los taxa estudiados, pero aún no se ha hecho para los géneros *Opuntia* y *Nopalea*.

Plantas perennes, rastreras, a veces extendidas, formando clones con algunos cladodios ascendentes, arbustivas o arbóreas, de ramificación densa, irregular y abierta. **Raíces** fibrosas o tuberosas; las fibrosas muy extendidas alcanzando varios metros a pocos cm de la superficie del suelo; las tuberosas pueden alcanzar hasta 50 cm de largo y 15 cm de ancho dependiendo de la profundidad en que se encuentra el material parental. **Tronco** presente o ausente, corteza lisa, rugosa o escamosa, a veces segmentada, color negruzco, marrón, amarillo o anaranjado, con o sin espinas. **Cladodios** encadenados, actinomorfos o zigomorfos, aplanados, a veces algo cilíndricos, con o sin tubérculos prominentes, oblongos, circulares, subcirculares u obovados, verdes, glaucos, violáceos, amarillentos o variegados de púrpura o amarillo. **Epidermis** glabra, cuando pubescente con tricomas, a veces puberulenta, en general recubiertos de una capa de cera notoria; aparato estomático superficial o poco hundido, paracítico o tetracítico, células epidérmicas con paredes



anticlinales rectas, poco onduladas o muy onduladas, estomas en series paralelas o irregulares. **Aréolas** dispuestas en 5-16(-18) series, inmersas o prominentes, de formas variadas (circulares, elípticas, obovadas, anchamente obovadas a piriformes, con fieltro o lana de diferentes colores: grisáceo, blanco, amarillento, marrón o negruzco, a veces formando un anillo alrededor de la aréola. **Glóquidas** retrobarbadas hasta la base, dispuestas en la parte apical, alrededor o en el centro de las aréolas, ascendentes o porrectas, (1-20) mm, amarillas, marrón, marrón-amarillentas o anaranjadas. **Espinas** sin vaina, retrobarbadas en el ápice, glabras o con tricomas (*Opuntia lasiacantha*), dispuestas de 0-15, en todas las aréolas o en el tercio superior y bordes, aciculares o subuladas, ascendentes, reflejas o porrectas, aplanadas en la base, totalmente aplanadas o cilíndricas, a veces se distinguen centrales y radiales, blancas, amarillas, marrón, rojas o rojizas, la base y el ápice a veces de diferentes colores, que pueden cambiar de color con la edad. **Cladodios juveniles** presentan aréolas con lana, hojas basales subuladas y crasas, de 1-3 mm de longitud, en general verdes con el ápice rojizo o totalmente rojas, el ápice ascendente o reflejo, con 1-2 espinas, en general blancas y flexibles. **Flores** una en cada aréola con excepción de *O. pumila*, con dos o más flores por aréola, monoicas, tubulosas, de tonalidades amarillas, o verdosas, a veces con la fauce roja, algunas variegadas de rojo, otras rojas, anaranjadas o rosadas; pericarpelo ovado, obovado, globoso, subgloboso o piriforme, tuberculado, a veces reticulado, verde o verde-amarillento, glabros o pubescentes, aréolas dispuestas en todo el pericarpelo o sólo en la parte superior, con o sin hojas basales, con fieltro, de diferentes colores y glóquidas dispuestas en la parte superior o en el centro, espinas ausentes o presentes; segmentos exteriores e interiores del perianto angostos y subulados o anchos, ovados o cortamente espatulados, ápice agudo o mucronado, margen dentado o liso, de colores amarillos, rosa-rojizos, purpúreos, con estría o banda mediana más oscura; estambres alcanzan el tercio inferior o la mitad de largo de los segmentos interiores, filamentos amarillos, verdes, purpúreos o blancos; estilo en general emergente sobre los estambres o al mismo nivel, lóbulos del estigma 6-12, verdes o amarillos. **Polen** periporado, tectado, reticulado, con paredes rectas a onduladas, sus muros pueden ser lisos o verrucosos y delimitan fovéolos, con 10-16 poros. **Frutos** carnosos o secos (serie *Polyacanthae*), de formas variadas (piriformes, obovados, ovados, elípticos circulares o subcirculares), aréolas con o sin espinas y fieltro, glóquidas deciduas, paredes de 1 cm (tuna, dulces), 3 cm (xoconostles, ácidos o xocotunas, agridulces), funículos jugosos (tunas dulces), semisecos (xocotunas) o secos (xoconostles). **Semillas** lenticulares (globosas), regulares o irregulares,



reniformes o poligonales, región hilo-micropilar basal o subbasal, arilo lateral irregular, ancho, pero también puede ser angosto, testa glabra o con pelos cortos (Scheinvar *et al.* 2010).

2.5 MAPA DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA CONOCIDA DEL GÉNERO *OPUNTIA* EN MÉXICO.

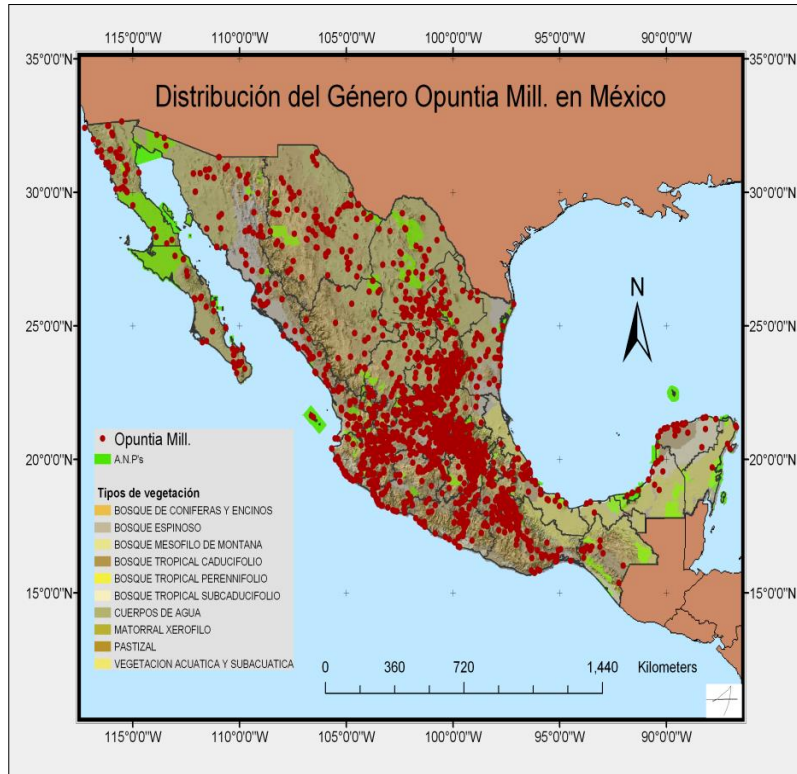


Fig 1. Mapa de distribución del género *Opuntia* en México. (Gaytan, 2010).



3. ANTECEDENTES

Las especies silvestres productoras de tunas dulces han sido utilizadas por los mexicanos desde épocas prehispánicas. Los cladodios juveniles son utilizados como verdura en la alimentación humana y como remedio para muchas afecciones como la diabetes, diuresis, presión arterial, antiinflamatorios por mencionar algunos. Así lo mencionan los relatos de los primeros conquistadores: Historia General y Natural de las indias, de Francisco Hernández de Oviedo y Valdés publicada en 1535. En ella, se describen las cactáceas que causaron admiración y asombro a los descubridores y conquistadores de América. También en los códices de Cruz-Badiano y Florentino aparecen las cactáceas; en el primero, están descritas y dibujadas dos especies, un nopal y un órgano que corresponden a los géneros (*Opuntia* y *Stenocereus*, respectivamente) con sus nombres en nahuatl (Bravo, 1978). Según Reyes *et al.* (2005) *Opuntia* fue uno de los géneros más importantes para los pobladores del territorio nacional cuando su sobrevivencia dependió de la caza y la recolección; luego siguió siendo importante en el periodo agrícola prehispánico y periodos históricos subsecuentes como recurso espontáneo y como cultivo, pues al menos una de sus especies fue domesticada: *O. ficus-indica* (L) Mill.

Las plantas productoras de tunas dulces y/o xoconostles ácidos son llamadas nopal (en Nahuatl). Actualmente, la producción de tuna en nuestro país se encuentra ampliamente distribuida en una gran variedad de zonas, de condiciones edáfico-climáticas diversas. Los estados que producen tunas pueden agruparse en dos grandes regiones: Región Centro-Norte que comprende los estados de Zacatecas, San Luís Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y Jalisco y la Región Centro-Sur que abarca los estados de México, Tlaxcala, Hidalgo y Puebla. (Esquivel, 2004). Los frutos de las cactáceas comestibles se pueden clasificar: en tunas, pitayas (Columnares), chilitos y biznagas. Existen alrededor de 100 especies principalmente del género *Opuntia*, del cual se obtienen frutos comestibles y su cultivo se logra en terrenos áridos, donde pocas plantas pueden sobrevivir (Pimienta, 1994). Actualmente la mayor parte de los frutos de cactáceas comercializados, son las tunas-dulces también, conocidos como “cactus pear”. Existen alrededor de 100000 ha de plantaciones comerciales a nivel mundial, donde el 70% se encuentra en México (Inglese *et al.*, 2002). Las especies del género *Opuntia* son muy usadas en las prácticas agroforestales y se asocian con cultivos agrícolas y/o forrajeros. Asimismo se emplean para delimitar terrenos como cercas vivas, retener suelos y proteger taludes contra la erosión. (Gallegos *et al.* 2006).



Las flores y frutos de los nopales tienen valor gastronómico, nutritivo y medicinal superior al de otras frutas en varios de sus componentes. Por ejemplo, el fruto de *Opuntia albicarpa* Scheinvar contiene en 100 g de la parte comestible 58 a 66 unidades calóricas; 3 g de proteínas; 0,20 g de grasas, 15,50 g de carbohidratos; 30 g de calcio; 28 g de fósforo y vitaminas (caroteno, niacina, tiamina, riboflavina y ácido ascórbico) (García, 2010, com. per.). El uso de los nopales como forraje para ganado vacuno, ovino y caprino, es tradicional en las zonas áridas y semiáridas del norte de México y se ha extendido a otras regiones del mundo, (Flores y Aguirre 1979).

Por la gran diversidad que alcanzan los nopales en México, se considera que nuestro país es el principal centro de diversificación del género. Su taxonomía es complicada debido a que las plantas florecen casi al mismo tiempo y no hay barreras que impidan su hibridación. La mayoría de los híbridos son fértiles y gran parte de los nopales actuales son poliploides y existen pocas especies diploides que ocasionan introgresiones genéticas y retrocruzamientos, lo cual explica la complejidad en la identificación taxonómica de sus especies (Scheinvar 1982). De acuerdo con Silva *et al.* (2001) los nopales poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten sobrevivir en condiciones de déficit hídrico por medio del metabolismo ácido crasuláceo (CAM) por lo que desempeñan una importante función ecológica que consiste en el cierre de sus estomas durante el día y la apertura de los mismos durante la noche, evitando así la evapotranspiración cuticular diurna, absorbiendo por las noches el rocío. Además, poseen micorrizas asociadas a sus raíces, que junto a las bacterias fijadoras de nitrógeno enriquecen el suelo. Las raíces de *Opuntia* tienen un crecimiento vertical poco profundo y horizontal muy extendido; detienen el suelo, disminuyendo el proceso de erosión y desertificación y lo enriquecen con agua y nitrógeno (Azcón y Talón, 2000).



4. JUSTIFICACIÓN

El nopal es una planta que está presente en los paisajes que nos rodean, en los símbolos patrios: escudo y bandera, en los platillos gastronómicos típicos mexicanos y en artesanías que son apreciadas por nacionales y extranjeros. Existen evidencias del cultivo y aprovechamiento del género *Opuntia* data hace más de 900 años. Los nopales fueron pieza clave para el asentamiento de los pueblos prehispánicos por ser un alimento básico y medicinal (López, 2000). Gaytán (2010), indica que México es un importante centro de diversificación del género *Opuntia* el cual se ve reflejado en la riqueza y abundancia de las especies de nopales silvestres existentes. También, como de las especies y variedades cultivadas a nivel nacional (Gallegos *et al.* 2003).

Nuestro país presenta una riqueza biológica de plantas y animales muy extensa (Anónimo, 1995) y una variabilidad genética de nopales tanto silvestres como cultivados. Lo anterior se refleja en el hábito, formas y colores de sus cladodios, flores, y principalmente en sus frutos, los cuales se distinguen por la forma, color, tamaño, sabor (ácido y dulce) y fenología reproductiva. En la mayoría de los casos las especies de *Opuntia* que son explotadas para la producción y comercialización ya sea de tunas dulces o joconostles-ácidos, están poco estudiadas. Es necesario hacer estudios florísticos para conocer la diversidad de los nopales en las distintas regiones de México. El presente estudio es una contribución al conocimiento a través de una revisión, de las especies del género *Opuntia* productoras de tunas en el municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo, haciendo una identificación taxonómica y un inventario florístico de estas especies. La información derivada del inventario de especies de *Opuntia* en el municipio contribuirá al manejo sustentable del recurso.



5. Zona de estudio

El municipio de Villa de Tezontepec, se ubica entre los paralelos 19° 53' de latitud norte y 98° 49' de longitud oeste, a una altitud de 2,320 msnm. Colinda al norte con Zempoala y Zapotlán; al sur con el Estado de México; al este con Zempoala y Estado de México, y al Oeste con Tolcayuca y Zapotlán. Los centros poblados del municipio son: la cabecera municipal, y nueve localidades menores. Siendo las principales: Colonia Morelos, Colonia Guadalupe, Colonia Juárez, Texpa y Acozac. El municipio de Villa de Tezontepec ocupa una extensión territorial de 133.60 km². De acuerdo a los resultados que presento el II Censo de Población y Vivienda en el 2005, el municipio cuenta con un total de 10,723 habitantes. Para este estudio se seleccionó el municipio de Villa de Tezontepec por la gran cantidad de elementos xeromorfos. Entre estos destacan las cactáceas y en particular el género *Opuntia* por su abundancia y diversidad.

5.1 Orografía

El municipio se encuentra ubicado en el Eje Neovolcánico Transmexicano y su orografía se compone en su totalidad de lomeríos, llanos planos además, de un cerro de nombre Cerro de Tezontle, conformado de piedra volcánica y que tiene una altura aproximada de 58 m.

5.2 Hidrografía

En el Municipio de Villa de Tezontepec cruza el río Pánuco que forma parte del sistema hidrológico conocido como Tula-Moctezuma-Pánuco se trata de una de las cuencas más contaminadas de México, por la actividad industrial que se desarrolla en sus orillas. Todas las corrientes corresponden a la vertiente del golfo. Así mismo el municipio cuenta con algunos manantiales de aguas termales localizados a orillas de sus ríos.

5.3 Clima

El clima que se manifiesta en el municipio es de tipo semiárido, registra una temperatura media anual de 30°C., una precipitación pluvial entre 250 y 500 mm por año y el período de lluvias es de abril a octubre (INEGI, 2008) .



5.4 Vegetación

La vegetación que predomina en el municipio es de tipo semidesértico, constituida principalmente por matorral xerófilo, mismo que es dominante en gran parte de Villa de Tezontepec y la región centro-norte de México, dicho matorral se caracteriza por plantas arbustivas hasta de 4 m de longitud, con tallos ramificados desde la base con adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten vivir en condiciones de escasas de agua. Así mismo en Villa de Tezontepec, interactúan otros matorrales como el matorral espinoso, con diversas especies del género *Opuntia* spp. y *Cylindropuntia fulgida* (cholla), que se encuentran asociadas con las siguientes especies, que son plantas dominantes del paisaje de la localidad antes mencionada, *Acacia* spp., *Leucophyllum* spp., *Prosopis* spp., *Condalia* spp., *Yucca filifera* y otras especies de corteza papirácea como: *Protium copal* (copal), *Jatropha cuneata* (matacora), *Fouquieria splendens* (ocotillo) y en algunos casos hay árboles de pirul. En el estrato inferior alcanzando menos de 1.5 m de altura, se encuentra plantas de *Agave* spp., *Mimosa biuncifera*, *Karwiskia humboltiana*, *Ferocactus latispinus* y *Mammillaria* spp. (Rzedowski, 1978).

5.5 Geología

El suelo del municipio tiene características pertenecientes a la etapa mesozoica, donde hay presencia de rocas ígneas de composición basáltica, rocas ígneas extrusivas color rojo, conocidas como tezontle, y también depósitos lacustres y aluviales. Los tipos de suelos dominantes presentes en el municipio son: feozem-háplico, ricos en materia orgánica y nutrientes de textura media, de colores café-pálido, oscuro o negro, con permeabilidad moderada y buen drenaje interno; así también se encuentran asociaciones de materiales volcánicos edafizados conocidos como tepetates (estratos calcáreos formados a partir de calizas o bien de lodos marinos), los cuales se llegan a encontrar a 80 cm de profundidad del suelo de Villa de Tezontepec. En lo que respecta al uso del suelo es de tipo agrícola, por lo cual, están sometidos a fuertes presiones para aumentar su productividad además, de estar expuestos a fuertes deterioros que en casos extremos puede dar lugar a la pérdida irreversible del recurso (Gómez y Magallanes, 2004).



6. Objetivos

General

- Realizar el tratamiento taxonómico de las especies productoras de tunas dulces del municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo.

Particulares

- Elaborar fichas taxonómicas de las especies de *Opuntia* encontradas en Villa de Tezontepec.
- Elaborar de mapas de distribución geográfica de las especies de nopales productores de tunas distribuidas en Villa de Tezontepec con ayuda de la base de datos “Especies de Nopales Silvestre Mexicanos”.
- Caracterizar la micromorfología de aréolas, espinas, glóquidas, epidermis, semillas y granos de polen, vistas al microscopio electrónico de barrido, de cada especie encontrada.
- Conocer la composición química de las especies productoras de tunas dulces.
- Documentar el status de conservación de las especies encontradas.
- Enriquecer los herbarios (MEXU, CHAPA, ARIZ, MO) con el material colectado en Villa de Tezontepec.
- Contribuir al incremento de la “Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos”, *Opuntia ex situ*, en la del Jardín Botánico del IB-UNAM.



7. Material y Métodos

7.1 Trabajo de campo.

Se realizaron tres salidas de prospección a la zona de estudio, para observar y recolectar las especies de *Opuntia*. Previamente fue medida la altura de la planta, copa, diámetro del tronco y textura de la corteza, de cinco organismos por especie. Se registraron datos de altitud, latitud y longitud previamente georreferenciados (GPS Garmin eTrex 210 en decimales y en UTM con GPS Garmin Colorado 200, y altitud en metros). Se tomaron fotografías digitales de hábito, hábitat, cladodios, flores y/o frutos (en caso de tenerlos) con una cámara digital a 300 dpi.

Se recolectaron cuatro cladodios de cada planta, flores y/o frutos (de encontrarse). Dos cladodios se herborizaron, otro cladodio fue utilizado para cultivo *ex situ* en camellones del Jardín Botánico del IB-UNAM como parte de la “Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos” y un cladodio se utilizó para realizar estudios de bromatología. Las flores recolectadas se colocaron en bolsas de papel destreza, para posteriormente obtener polen. De los frutos recolectados en campo se les extrajo la pulpa con ayuda de un tamiz de una apertura de malla de 1 mm. La pulpa se lavo al chorro de agua para obtener las semillas. De los granos de polen se observaron los poros y muros. En las semillas se observó al arilo y la región hilo-micropilar, con la finalidad de ampliar la información taxonómica de las especies, ambas estructuras fueron observadas al microscopio electrónico de barrido.

Las especies recolectadas y que volvieron a ser encontradas, solo se registraron como plantas observadas a las cuales también se les asignó un número de registro y se le tomaron fotografías digitales, se registraron datos geográficos y morfológicos con el objetivo de enriquecer la base de datos.

Las plantas cultivadas que no son parte de la flora nativa y que requieren atención humana para su mantenimiento, también se colectaron, debido a la transición de lo silvestre a lo domesticado y no presentar límites definidos (COMENTUNA *et al.*, 2008).



7.2 Trabajo de gabinete

1) Revisión bibliográfica y consulta de herbarios. Para conocer la distribución y diversidad de nopales presentes en el municipio de Villa de Tezontepec Hidalgo, se consultó la base de datos Especies de Nopales Silvestres Mexicanos (ESNM), que contiene hasta la fecha, 6000 registros. Además se revisó bibliografía especializada en cactáceas (Bravo 1978; Scheinvar 1982; Anderson, 2001; Guzmán, *et al.* 2003 y Hunt, 2006). También se consultó la Norma Oficial de Protección de las Especies Mexicanas NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT 2002), las Normas Internacionales IUCN (2007) y el CITES (2007) para conocer las especies silvestres referidas de *Opuntia* en cada una; la norma para el manejo y protección de áreas naturales (CONANP 2007).

Para complementar la información obtenida, se revisaron cinco herbarios con colecciones de nopales representativos de esa región: UNAM-Herbario Nacional de México (MEXU), Herbario-Facultad de Ciencias (FC-UNAM), Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), Herbario Colegio de Postgraduados (CP).

2) Identificación de las especies. Las plantas colectadas fueron identificadas en base a asesoría de especialistas en el género así de literatura especializada, teniendo como base el criterio taxonómico de Bravo (1978), Hunt (2006), Scheinvar (1982), Scheinvar *et al.* (2010) y Guzmán *et al.* (2003). Todos los autores antes mencionados respaldan sus identificaciones taxonómicas en características fisionómicas, morfológicas y moleculares principalmente, pero a excepción de Guzmán *et al.* (2003) que a pesar de tomar en cuenta la morfología de las especies para sus identificaciones, considera a muchas de ellas como sinónimos o variaciones de la misma especie.

3) Herborización. Dos de los cuatro cladodios colectados por especie, se destinaron para la elaboración de ejemplares de herbario. La técnica de herborización consistió en la disección de cladodios, flores y frutos, debido a que sus partes son muy carnosas y solo es posible secarlas en secciones longitudinales, en los cladodios muy voluptuosos fue necesario eliminar la pulpa manteniendo las características externas sin modificar. Posteriormente se colocó cada *excicata* (sección longitudinal de cada cladodio) entre láminas corrugadas de aluminio, sumergidas por siete días en alcohol etílico de 96°, con la finalidad de eliminar el exceso de agua. Una vez finalizado este proceso cada ejemplar fue colocado dentro de una prensa botánica en el interior de



hojas de papel periódico anotando el número de colecta con marcador indeleble en la parte superior derecha, separados por plantillas de cartón de igual tamaño y depositados en una secadora con el objetivo de eliminar la humedad. Ya secos, se guardaron dentro de sobres de papel periódico, junto con su etiqueta llevando los siguientes datos: nombre del colector, nombre científico de la planta, estado, localidad, altitud. Para ser enviados al MEXU, indicando el destino de los tres herbarios donde deberán ser depositados: CHAPA, ARIZ Y MO (Radford *et al*, 1974, Frank & Perkins, 2004).

4) Realización de mapas de distribución geográfica. Los datos de colecta ecológicos y taxonómicos debidamente georreferenciados, obtenidos en campo, fueron capturados en la base de datos ESNM respaldada con 5700 registros, Proyecto GE005 CONABIO x Laboratorio de Cactología del Jardín Botánico del IB-UNAM. Estos datos fueron exportados a una tabla plana de Excel 2007 para facilitar su manejo. Posteriormente, con el programa de Sistemas de Información Geográfica Arc-Map 8.1 (ESRI 2001). Se elaboraron mapas de distribución geográfica de los nopales a partir de la información registrada en la base de datos (ESNM) procedentes de 30 herbarios mexicanos, tres extranjeros y visitas al campo, sobreponiéndolos a la capa de Áreas Naturales Protegidas (ANP) para conocer que especies se encuentran protegidas dentro de ellas (CONANP 2007). Se realizó un mapa de distribución geográfica a un nivel nacional para cada una de las especies encontradas en Villa de Tezontepec.

5) Fotografías de microscopía electrónica de barrido (MEB). Se tomaron fotografías al MEB de diferentes estructuras como son: aréolas, espinas, glóquidas, epidermis, granos de polen y semillas, para caracterizar la micromorfología de cada especie y de esta manera incrementar la información taxonómica de cada especie.

Técnica de fijación y deshidratación de estructuras para MEB: epidermis, aréolas, glóquidas, espinas y semillas, fueron fijadas con una solución FAA (formol, alcohol y ácido acético) durante 24-48 hrs. Posteriormente se lavaron al chorro de agua para eliminar los excedentes de la solución. La deshidratación consistió en pasar las estructuras por una serie de diluciones de alcohol étílico, que van del, 30%, 50%, 70%, 95 % y 100%, en lapsos de 2 hrs para cada dilución, conocido como “tren de alcoholes” ya secas y libres de impurezas, fueron bañadas en oro y se montaron directamente en los porta muestras del MEB. El polen seco no fue sometido al



tratamiento antes mencionado, ya que es una estructura libre de impurezas, solo fue recubierto de oro y se montó directamente para ser observado.

7.3 Estudios bromatológicos

De los cuatro cladodios colectados de cada planta, uno de ellos fue destinado para estudios bromatológicos, en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

1) Proteína cruda - Método macro-Kjeldahl: se pesaron de 20-40 mg del cladodio, colocando la muestra en un matraz micro-kjeldahl de 30 mL. Se añadieron 3 mg de óxido de mercurio, 2 mL de mezcla digestiva y cuerpos de ebullición. Posteriormente se colocó en el aparato de digestión y se calentó durante 1.5 horas, hasta que el líquido del matraz se observó transparente. Al enfriarse, se adicionaron 10 mL de agua destilada; vaciando el contenido en un matraz de destilación, posteriormente se enjuagando con 2 mL de agua destilada varias veces. Luego se añadieron 5 mL de NaOH al 60% en forma lenta pero continua, para lograr el desprendimiento de amoníaco, después se agregan 50 mL de solución de ácido bórico y se sometió a destilación. El ácido bórico pasa de color café rojizo a verde esmeralda. Si esto no ocurre (cuando el volumen del destilado llegue a 70 mL), se agrega otros 5 mL de NaOH al 60%. Se titula el líquido destilado con HCl 0.01 N.

2) Cenizas Totales: se colocó un crisol en la mufla a 600-700°C hasta obtener un peso constante. Se pesaron 5 g del cladodio en un crisol, luego se colocó en un tripié con un triángulo de porcelana, calentando con un mechero. Se carbonizó hasta que no hubo desprendimiento del vapor (la calcinación se pudo acelerar adicionando pequeñas cantidades de peróxido de hidrógeno). Se calcinó en una mufla durante 2 horas aproximadamente, a una temperatura de 100°C hasta que las cenizas pasan a color blanco o grisáceo dejando enfriar en el desecador. Se pesa y repite este paso hasta obtener el peso constante, al destruir toda la materia orgánica, se obtienen las cenizas cuantificables formadas por carbonatos metálicos o metales en cuestión (Desroiseier, 1996).

3) Fibra cruda: se pesaron 50 g de la muestra del cladodio transfiriéndolas a un vaso Berzelius con un gramo de asbesto. Se añadieron 200 mL de ácido sulfúrico 1.25 % hasta hervir. Se colocó el vaso en el aparato para fibra cruda (el cual se debe calentar previamente), se rotó varias veces para evitar que los sólidos se pegaran al vaso. Se filtró con una tela de lino y se colocó nuevamente el sólido en el vaso



Berzellius. Se añadieron 200 mL de hidróxido de sodio a 1.25% hasta hervir durante 30 min. Se filtró con una tela de lino, se lavó con agua caliente y se añadieron 25 mL de etanol dejándolo secar a peso y temperatura constantes. Se enfrió en un desecador, se pesó y calcinó en la mufla a 600°C durante 30 min hasta obtener la fibra cruda (Corvera y Aguilar, 2008).

4) Celulosa y Lignina: se tamizó la muestra seca del cladodio con una apertura de malla de 1 mm. Se pesó en un crisol 1 g de la muestra molida. Se agregó 100 mL de solución de detergente ácido a temperatura ambiente y algunas gotas de n-octanol. Se calentó hasta hervir, recirculando por 60 minutos. Se filtró y lavó tres veces con agua hirviendo y dos veces con acetona fría. Se agregaron 25 mL de solución de permanganato de potasio (reactivo para lignina), y se agitó a temperatura ambiente durante 10 minutos. Al finalizar esta reacción, se filtró. Se agregaron lentamente 25 mL de solución desmineralizadora (puede producir espuma). Se filtró después de cinco minutos. Se debe repetir el tratamiento de desmineralización por lo menos una vez más y filtrar el residuo y lavándolo dos veces con etanol al 80% y dos veces con acetona. Se secó durante ocho horas a 105 °C y se enfrió en un desecador. Luego se pesó el residuo compuesto por la celulosa y la silicona. Se calculó el porcentaje de residuo = $\frac{\text{peso del crisol} + \text{peso del residuo} - \text{peso del crisol}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$. Se agregó alrededor de 25 mL de ácido sulfúrico al 72% (solvente para la celulosa), y se continuó la extracción fresca durante tres horas, revolviendo cada hora. Se filtró y lavó tres veces con agua hirviendo y se dejó secar ocho horas a 105°C. Se enfrió en un desecador y se pesó. Posteriormente se calculó el % de detergente ácido + silicona = $\frac{\text{peso del crisol} + \text{peso del residuo} - \text{peso del crisol}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$ (Fisher, 1983).

5) Calcio: se calcinó 5 g de la muestra a 500°C y se lavaron las cenizas en un vaso de 250 mL con 40 mL de ácido clorhídrico concentrado y 60 mL de agua. Se adicionaron 3 gotas de ácido nítrico concentrado y se pusieron a hervir durante 30 min. Se enfrió en un matraz volumétrico de 250 mL aforado, se mezcló y se filtró. De la mezcla obtenida se tomaron 10 mL y se transfirieron a un vaso de precipitados de 250 mL, luego a eso se le agregó 1 mL de solución de ácido cítrico a 30%, 5 mL de solución de cloruro de amonio a 5% y se diluyó a 10 mL con agua, el cual se llevó a ebullición. Posteriormente se le adicionaron 10 gotas de solución verde de bromocresol y 30 mL de solución saturada de oxalato de amonio caliente. Si se llegara a formar un precipitado, debe ser disuelto con ácido clorhídrico concentrado. Se tuvo que neutralizar muy lentamente con una solución de amoniaco, agitando



constantemente hasta que el indicador cambie de color (pH 4.4 - 4.6). Una vez finalizado este proceso, se coloca el vaso de precipitado en baño María durante 30 min, dejando enfriar y filtrando en un matraz volumétrico de 100 mL, adicionando 50 mL de ácido sulfúrico a 10% y aforando con agua. Se calentó el filtrado a 70-80°C y se tituló con permanganato de potasio 0.2 M, hasta que viró a color rosa persistente.

6) Fósforo: Se calcinaron 5 g de la muestra a 500°C y se lavaron las cenizas en un vaso de 250 mL con 40 mL de ácido clorhídrico concentrado y 60 mL de agua. Se le adicionó 20 mL de reactivo de molibdo vanato. Se aforó y mezcló para luego dejarlo reposar por 10 min. Se transfirieron alícuotas del estándar de conteniendo 0.5, 0.8, 1.0 y 1.5 mg de fósforo en matraces de 100 mL y se repitió el proceso como en el lavado de las cenizas de la muestra. Se leyó la muestra a 400 nm, ajustando el estándar de 0.5 mg a 100% de transmisión y determinando el porcentaje de fósforo en la muestra usando una curva estándar (Osborne, 1996).

Todos los análisis bromatológicos fueron realizados en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, departamento de Nutrición Animal, en el Laboratorio de Análisis Químicos para Alimentos.

7.4 Elaboración de fichas taxonómicas

Se realizaron con base en un formato que incluye información de distribución geográfica en todo el país, datos taxonómicos, ecológicos y fitogeográficos. Las descripciones se apegaron a los ejemplares de herbario revisados, así como a las características observadas en las plantas colectadas en Villa de Tezontepec, Hidalgo. Para los ejemplares carentes de flor y/o fruto, y no se pueda obtener polen ni semilla se utilizaron fotografías de estas estructuras, pertenecientes a la base de datos (ESNM) incluidos en las fichas taxonómicas.



7.5 Cultivo *ex situ* de nopales.

De cada una de las diferentes especies que se colectaron en este estudio, un cladodio de ellas fue seleccionado para ser plantado en el camellón correspondiente a la clave (OP-7) que corresponde a los estados de Hidalgo y Puebla de la “Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos” perteneciente al Jardín Botánico del Instituto de Biología-UNAM. Los cladodios fueron sometidos a un periodo de cuarentena (tratamiento de prevención a posibles plagas traídas del campo, mismo que consistió en un aislamiento durante un lapso de 40 días). Una vez pasado el periodo, el camellón se acondiciono de acuerdo con Gómez, (2002) con una mezcla de 1/3 de tierra de bosque, 1/3 de tezontle y 1/3 de turba o mantillo de hojas. Esta mezcla es adecuada para el cultivo de cactáceas ya que es suelta, aireada, porosa y no retendrá el agua mucho tiempo, así también, la tierra de bosque y el mantillo proporcionaran la cantidad de nutrientes necesarios para su desarrollo y el tezontle asegurará un adecuado drenaje del agua. Debido a la elevada capacidad de reproducción asexual por medio de esquejes el género *Opuntia*, no hubo la necesidad de emplear enraizadores comerciales para facilitar su sobrevivencia (Rodríguez y Nava, 1998) es por esta razón que los cladodios fueron plantados verticalmente hasta la mitad con la cara vuelta hacia el sur, para recibir la mayor cantidad de luz solar durante el día. Posteriormente los cladodios plantados fueron documentados en un mapa del camellón, para registrar su desarrollo y su ciclo biológico. De cada especie se considero: nombre científico, colector, número y fecha de colecta, localidad, municipio y nombre del estado, con el propósito de posteriores actividades didácticas, utilizando estas especies de *Opuntia* incorporadas a la colección nacional. Con lo que respeta al mantenimiento de la colección, conforme incrementa la longevidad de los taxa depositados en el camellón, los cladodios de las plantas que crezcan en dirección al piso, o presenten alguna deformidad serán podados, para estimular su crecimiento en forma ascendente, en el caso de que en el primer año los cladodio presenten botones florales, de igual forma serán podados con la finalidad de que toda la energía útil de la planta sea encaminada en dirección a su crecimiento y adaptación. En cuanto al control de plagas el camellón será fumigado dos veces por año con insecticidas comerciales utilizados en el Jardín Botánico del IB-UNAM para prevenir plagas causadas por fitoparásitos como: *Cactophagus spinolae* (picudo barrenador), *Cylindrocopturus birraddiatus* (picudo de las espinas), *Dactilopius indicus* (Cochinilla o grana), *Dasiops bennetti* (Mosca del nopal), por mencionar algunas.



8. Resultados

Se realizaron tres salidas de prospección al campo en Villa de Tezontepec, Hidalgo, donde se colectaron 13 especies productoras de tunas dulces, de las cuales ocho fueron silvestres, tres cultivadas y dos nuevos híbridos no registrados en la literatura.

Cuadro 1. Relación de especies colectadas, número de colecta, número de ficha y estatus: silvestre, cultivada.

Espece	No. colecta	No. Ficha	Silvestre	Cultivada
<i>Opuntia sarca</i> Griffith ex Scheivar.	AG1	1	Se encontró	-
<i>Opuntia lasiacantha</i> x <i>Opuntia streptacantha</i> ssp. <i>Aguirrana</i>	AG2	2	Se encontró	-
<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	AG3	3	Se encontró	-
<i>Opuntia streptacantha</i> Lem. subsp. <i>aguirrana</i> Scheinvar & Rodr.	AG21	4	Se encontró	-
<i>Opuntia pachona</i> Griffiths.	AG6	5	Se encontró	-
<i>Opuntia guerrana</i> Griffiths.	AG7	6	Se encontró	-
<i>Opuntia larreyi</i> F.A.C. Weber.	AG8	7	Se encontró	-
<i>Opuntia lasiacantha</i> Pfeiffer.	AG9	8	Se encontró	-
<i>Opuntia ficus indica</i> (L) Mill.	AG10	9	-	Se encontró
<i>Opuntia nigrita</i> Griffiths.	AG13	10	Se encontró	-
<i>Opuntia streptacantha</i> Lem, X <i>Opuntia megacantha</i> Salm-Dyck	AG15	11	Se encontró	-
<i>Opuntia albicarpa</i> Scheinvar.	AG21	12	-	Se encontró
<i>Opuntia amarilla</i> Griffiths.	AG22	13	-	Se encontró



Ficha: No. 1

Nombre científico: *Opuntia sarca* Griffiths ex Scheinvar 1981.

Tipo: D. Griffiths 8120, Hidalgo, Jasso (antes estación de ferrocarril Dublin), 1905 (holotipo, US). **HT:** US. Not found by Meckler (1984c), or by Arias Montes *et al.* (1997:135).

Etimología: En relación al significado de la palabra zarca, en español se refiere a un color azul claro. Su aplicación a esta especie debe estar relacionada con el color del artículo que es algo azulado o con el color del fruto que con el tiempo pasa a azulado o con ambos (Crook y Mottram, 2001).

Nombre común: sarca; nopal de coyote; nopal chamacuerito.

Colecciones de referencia: IBUG, MEXU.

Descripción de la especie:

Hábito arbustivo, de 3 a 4 m de altura. **Tronco** bien definido, de 60 a 150 cm de alto, y ca. 60 cm de diámetro corteza grisácea. **Epidermis** verde-grisácea, pubescente, con tricomas aislados, encorvados, con paredes angostas y lumen ancho, estomas tetracíticos, dispuestos irregularmente. **Cladodios** oblongos, de 14-42 cm de largo, de 10.5-15 cm de ancho y hasta 2.5 cm de espesor, de color verde claro amarillento con podarios ligeramente elevados, oblongos. **Aréolas** 7-9 series, angostamente piriformes, de 2-3 x 1-2 mm, con fieltro corto, negruzco. **Glóquidas** amarillas con la base marrón, cortas, dispuestas en la parte superior de la aréola. **Espinas** 1 (2) (4) (6) principalmente en los bordes, ausente en la parte inferior de los cladodios, rígidas, desiguales, de 2-3 cm de largo, blancas, el ápice translucido. **Cladodios juveniles** presentan forma elíptica, aréolas con tubérculos prominentes bien marcados, aréolas con fieltro marrón, 10 series de aréolas; hojas basales cilíndricas, ascendentes, verdes con el ápice traslucido, presenta 1-2 espinas de ca. 5 mm de largo, flexibles, con la base y ápice amarillo-verdoso, blanca en la parte media. **Flores** amarillas-brillantes con una banda media rojiza, de 6-8 cm de largo, pericarpelo obovado, de ca. 3.95 cm de largo y 2.35 cm de ancho, con aréolas dispuestas en 6-7 series, distantes 4 mm entre sí, con escama basal crasa, segmentos exteriores del perianto oblongos a anchamente obovados, angostos y espatulados, ápice agudo, segmentos interiores amarillo-brillantes anchamente espatulados con banda media roja y con una estría media más oscura, bordes superiores rectos, ligeramente dentados, mucronados, cortamente o largamente emarginados, estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos rojizos y anteras amarillentas, estilo cuneiforme, ca. 2.30 cm de largo, rojizo en la base y ligeramente amarillentos en la parte superior, lóbulos del estigma 7-9, papilosos, de ca. 5 mm de largo y ca. .8 mm de diámetro, emergentes de los estambres, amarillos con estría mediana rosada, cámara ovarica angostamente obovada, ovulaos blancos, pericarpelo encorbado. **Granos de polen** pentagonal, liso, muy reticulados, tectados, presenta de 14-15 poros, ca. 90 μ m de diámetro y 80 μ m largo. **Frutos** angostamente obovados, de 3.5 x 5.5 cm, cicatriz floral circular, 0.7 cm de profundidad, cáscara gruesa, verde limón a rojo muy pardo cuando maduran, aréolas grandes, redondas, dispuestas en 5-6 series de aréolas, distantes 8 mm y las aréolas separadas entre sí 6 mm con fieltro marrón, espinas ausentes, glóquidas amarillas a anaranjadas, dispuestas en la parte media y superior de la aréola, pulpa del mismo color que la cáscara, cámara ovárica ampliamente distribuida en todo el



fruto, funículos muy jugosos poco dulces, paredes de la pulpa gruesa ca. 5 mm. **Semillas** dispuestas en el centro del fruto, lenticulares, discoidales, amarillentas, de ca. 0.3 cm de diámetro y 0.2 cm de espesor, con arilo irregular, testa rugosa.

Número cromosómico: $2n = 22$ cromosomas (com. pers. de J. Guzmán)

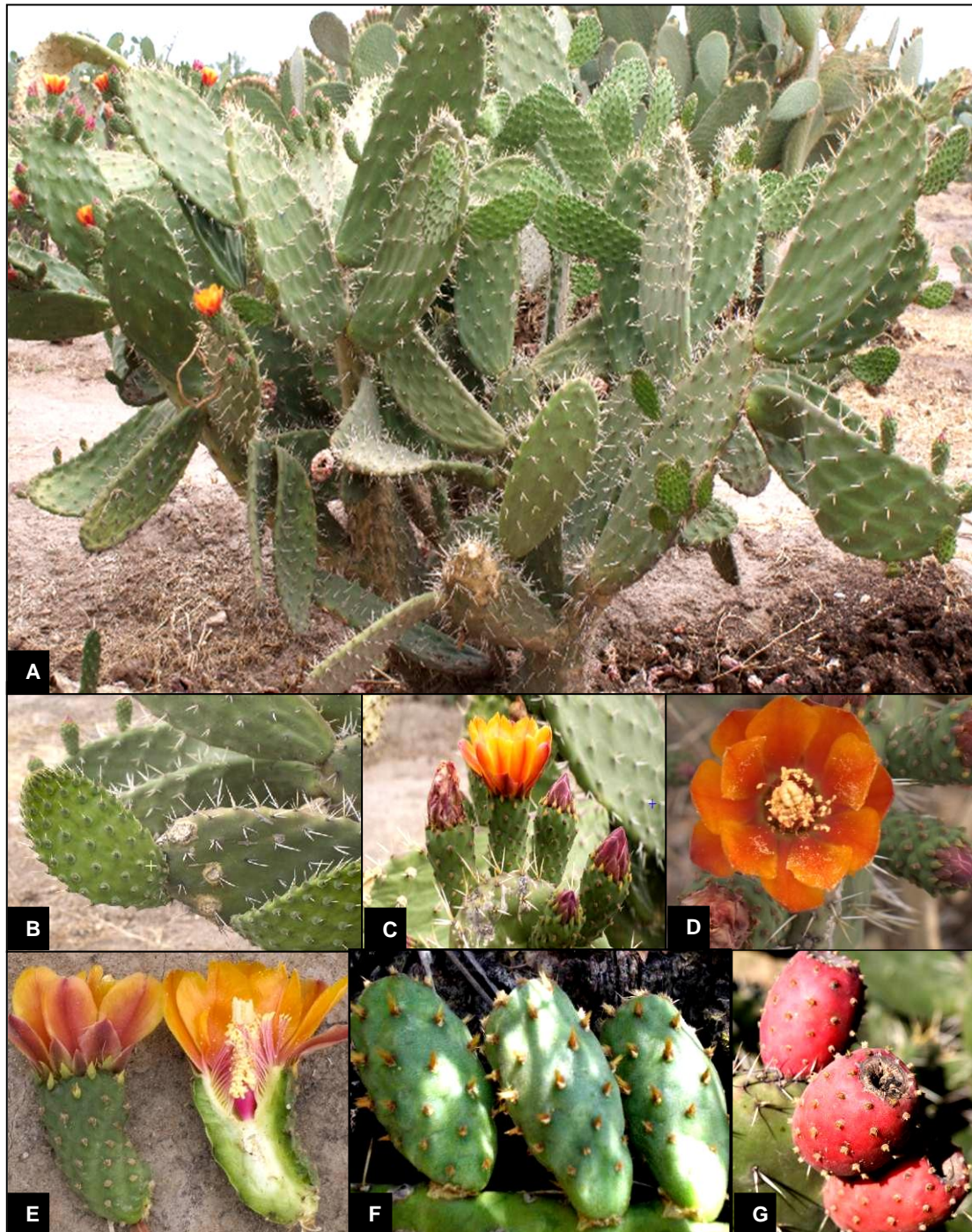


Fig. 2. *Opuntia sarca*. A. Planta arbustiva. B. Cladodio juvenil, con hojas subuladas. C. Botones florales marrón-rojizos, vista lateral de una flor. D. Flor en antesis. Vista interior de una flor, anaranjado intenso con pigmentos rojizos. E. Corte longitudinal de la flor, mostrando vista externa e interna. F. Frutos verdes, largamente obovados, vista exterior. G. Frutos maduros, obovados. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

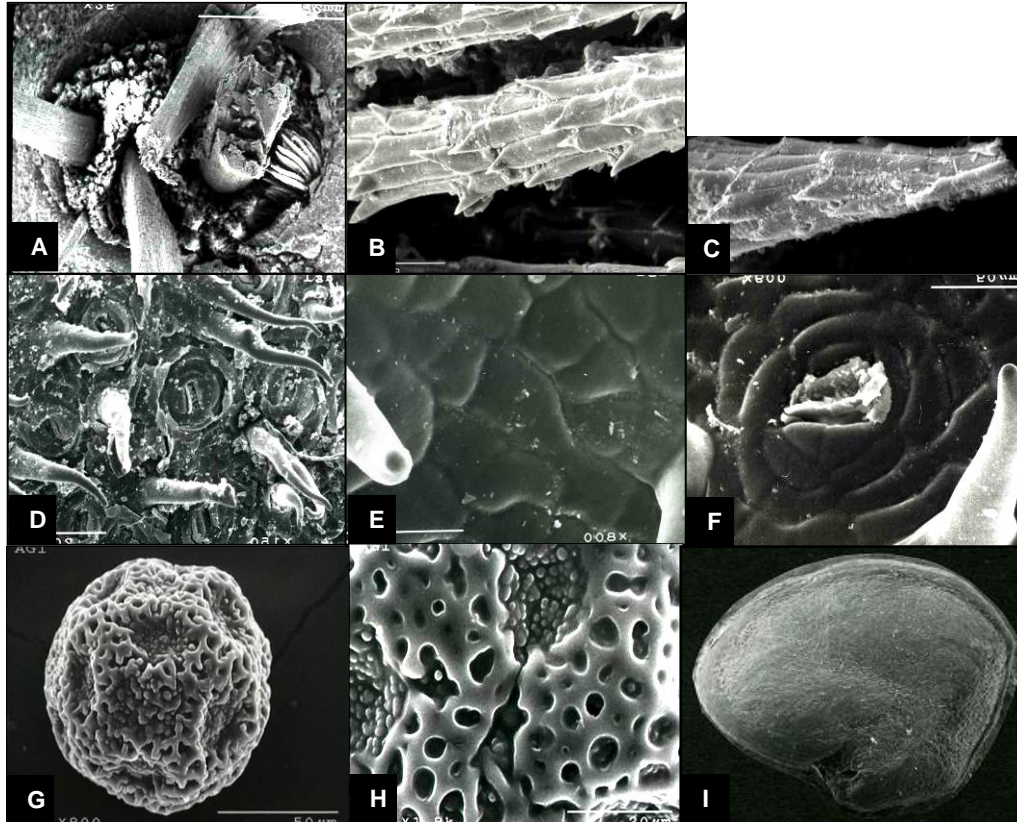


Fig. 3. *Opuntia sarca*. **A.** Aréola elíptica con cuatro espinas centrales y glóquidas en la parte inferior. (X30). **B.** Parte media de una glóquida; escamas largas, adpresas con el ápice agudo (X600). **C.** Ápice de una espina (X800). **D.** Epidermis pubescente con aparato estomático (X150). **E.** Células epidérmicas isodiamétricas, con paredes anticlinales irregulares y acercamiento de un tricoma (X800). **F.** Estoma teracítico, cerrado y ligeramente hundido (X600). **G.** Grano de polen pentagonal, con 14 poros (X800). **H.** Pared de un grano de polen, muy reticulada y poro, de ca. 18 μm de longitud, (X800). **I.** Semilla lenticular, con arilo irregular, (X700). (Foto: M. en C. Berenit Mendoza I.B.-UNAM).



MATERIAL DE HERBARIO EXAMINADO:

HIDALGO: Municipio: Tezontepec, Tezontepec, 26. III. 1971 S. Sánchez 1 (ENCB).
Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 61" Long. W 98° 22' 721". Alt. 2310 m., A.G. 1 - L.S. 7806 (MEXU).

Tipo de vegetación: Bosque tropical caducifolio este tipo de vegetación se desarrolla entre 0 y 2900 m de altitud (Rzedowskii, 1978).

Macroclima:, La temperatura media anual es de 20 a 29°C. La precipitación media anual varía entre 300 y 1800 mm; el tipo de clima más común de esta formación vegetal es Aw, aunque también hay algunos sitios con clima BS y Cw (Koeppen, 1948).

Altitud: En el Distrito Federal entre 2320 y 2700 m en el estado de Hidalgo 2310 m.

Fenología: Florece de abril a mayo y fructifica de agosto a octubre.

Usos: Cladodios juveniles usados como verdura (nopalitos). Fruta fresca.

Conservación: Actualmente no existe un programa de conservación que proteja a *O. sarca*, por lo que se encuentra muy vulnerable a las actividades humanas principalmente, pero se encuentra protegida dentro de una colección privada en el estado de Hidalgo, municipio de Villa de Tezontepec.

CITES

Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, lo que permite con permiso de la SEMARNAT, la cosecha de flores, semillas y polen, y de la obtención de cladodios para su propagación.

NOM-059-ECOL-2010

No está citada.

IUCN

No está citada.



Mapa de distribución geográfica: Respaldo por la base de datos: “Especies Silvestres de Nopales Mexicanos”, con 5700 registros.

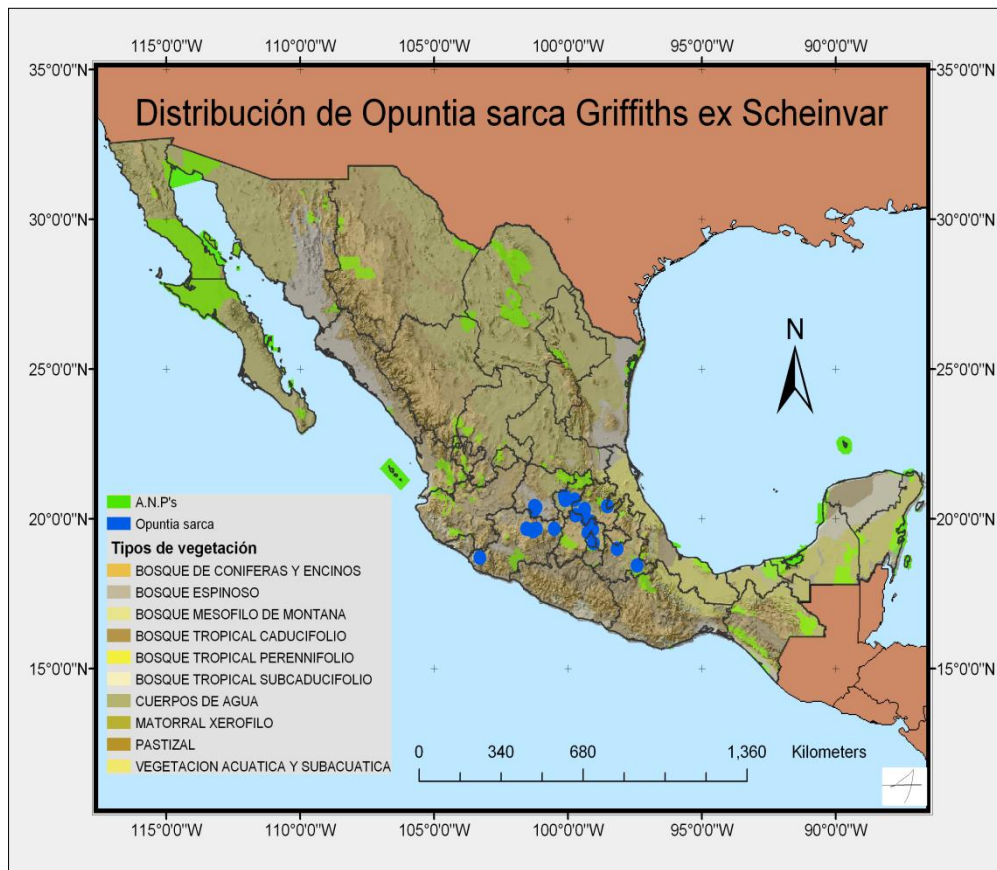


Fig. 4. Distribución geográfica de *Opuntia sarca* (Gaytan, 2010).



Ficha: No. 2

Nombre científico: *Opuntia streptacantha* Lem. subsp. *aguirana* Scheinvar & A. Rodr. x *Opuntia lasiacantha* Pfeiff.

Tipo: no designado

Nombre común: Tuna rosa mexicana.

Descripción de la especie:

Hábito arbustivo, hasta 1.80 m de altura. **Tronco** inconspicuo, ca. 30 cm de ancho, corteza café-amarillenta. **Epidermis** glabra, células epidérmicas alargadas, con paredes convexas y las paredes anticlinales rectas e irregularmente rectangulares, vistas al microscopio electrónico de barrido, con estomas tetracíticos, ligeramente hundidos dispuestos en series paralelas. **Cladodios** largamente obovados, de 30-60 x 15-20 cm y ca. 1.5 cm de espesor, de color verde-amarillento, cubierto de una capa cerosa transparente. **Aréolas** 7-8 series, angostamente piriformes, de 3-5 x 2 mm, con fieltro corto, café-amarillento. **Glóquidas** amarillas con el ápice ambariano, cortas, dispuestas en la parte superior de la aréola. **Espinas:** 1, 2, 3, (-5), principalmente en los bordes, ausente en la parte inferior de los cladodios, rígidas, desiguales, torcidas y cilíndricas de 4 cm de largo, marrón de la base y ápice, amarillas en la parte media, divergentes, 1-2 reflejas, 2 ascendentes, 1 porrecta., presentan escamas o púas oblongas imbricadas, con el ápice agudo. **Cladodios juveniles** largamente obovados, con tubérculos ligeramente marcados, aréolas con fieltro amarillo claro, hojas dispuestas en posición ascendente, con una ligera desviación en la parte superior derecha del cladodio, color verde amarillentas con el ápice café, espinas, 1 en posición refleja y puede presentar otra en posición ascendente, blancas, flexibles. **Flores** amarillo-anaranjado brillante, de 7-8.5 cm de largo, pericarpelo angostamente obovado y muy largo, de ca. 5 x 2.5 cm de ancho, aréolas dispuestas de 5-7 series, distantes 2.5 mm entre sí, con escama basal crasa, segmentos exteriores del perianto espatulados, con ápice apiculado, purpúreo, bordes color amarillo pálido, con banda media ligeramente verdosa, con tintes purpúreos, segmentos interiores amarillo metálico intenso, bordes superiores rectos, dentados, mucronados, estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos amarillo verdosos y anteras blancas, estilo cuneiforme, ca. 2 cm de largo, blanco amarillento, lóbulos del estigma de 7 a 9, papilosos, de ca. 4 mm de largo, verdes con estría mediana rosada, cámara ovárica largamente elíptica. **Granos de polen** Poligonal o subcircular, muros no continuos con paredes onduladas, dentadas, verrugosas, 10 poros. **Frutos** piriformes, elipsoides u obovados, de 9.5 x 5.5 cm, cicatriz floral profunda (5 mm), estriada y ondulada, cáscara delgada, rosa purpúreo cuando madura, sin espinas, aréolas grandes redondas u obovadas, dispuestas en 4 series, distantes de 17 mm y las aréolas distantes entre sí 12 mm, glóquidas rojizas, dispuestas en la parte central de la aréola, pulpa del mismo color q la cáscara y rosa pardo alrededor de las semillas, cámara ovárica ampliamente distribuida en todo el fruto, funículos muy jugosos dulces, paredes de la pulpa delgadas ca. 2 mm. **Semillas** dispuestas de manera irregular en todo el fruto, lenticuladas, deltoides y anguladas café-amarillento; región arilo lateral irregular; región hilo-micropilar basal; testa con depresión semicircular hasta la parte media de la semilla, de ca. 4 mm de diámetro.

Número cromosómico: No estudiado



Fig. 5. *Opuntia strepacantha* subsp. *aguirrana* x *Opuntia lasiacantha* f. hort. nov. **A.** Planta arbustiva con frutos inmaduros. **B.** Cladodio juvenil, obovado, hojas basales ascendentes, verdes con el ápice café. **C.** Espinas divergentes. Botones florales, largamente obovados. **D.** Vista interior de una flor, lóbulos del estigma verdes y anteras amarillas. **E.** Corte longitudinal de la flor, con exposición de estambre, estigma, filamentos y cámaras ováricas. **F.** Frutos inmaduros, obovados, funículos y pulpa en proceso de maduración. **G.** Cladodio con frutos maduros color rosa intenso, largamente obovados. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

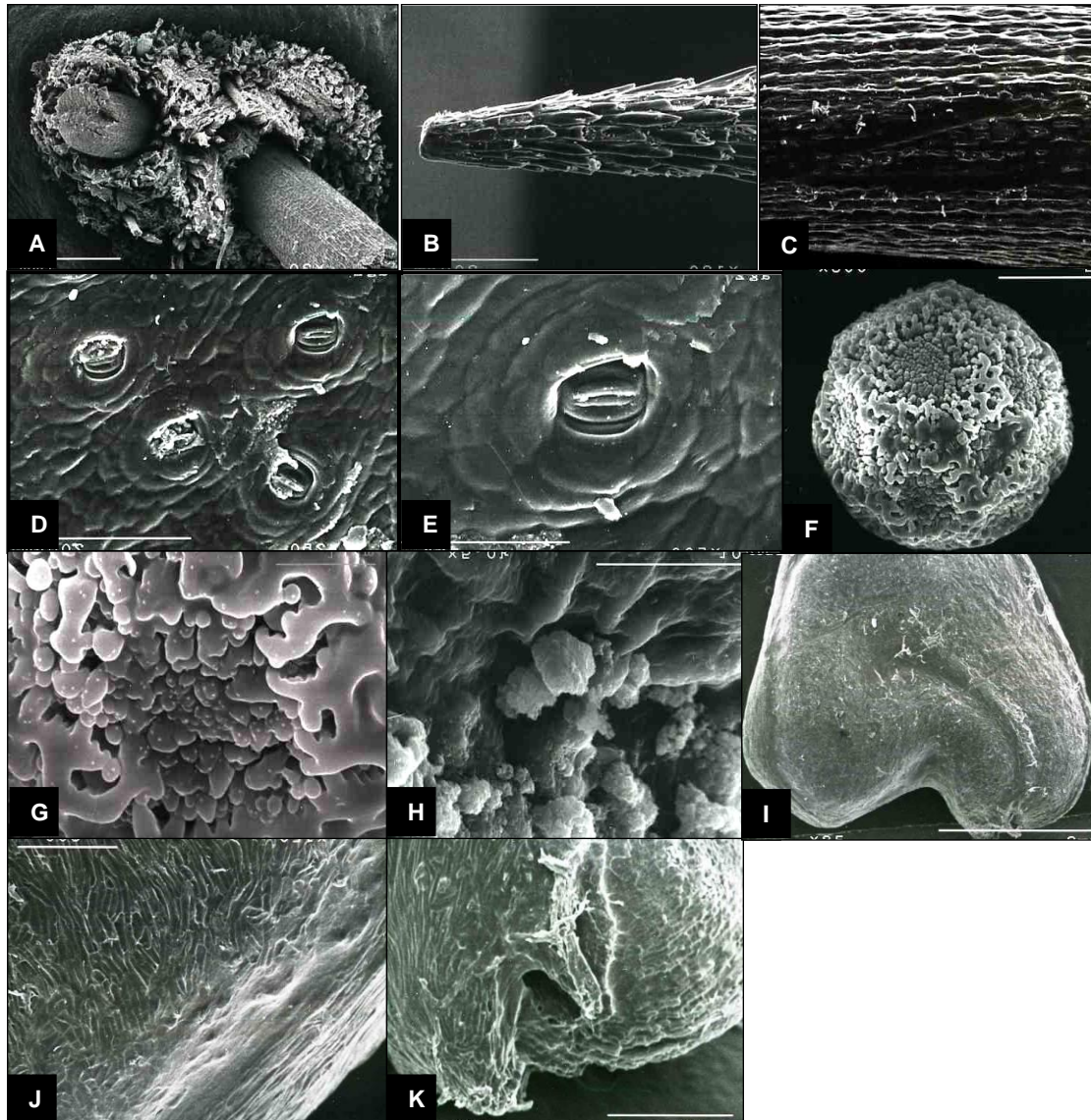


Fig. 6. *Opuntia strepacantha* subsp. *aguirrana* x *Opuntia lasiacantha* f. hort. nov. **A.** Aréola con espinas y lana (X30). **B.** Ápice de una espina con escamas oblongas (X180). **C.** Parte media de una espina (X125). **D.** Epidermis y aparato estomático (X250). **E.** Estoma ligeramente hundido, con células epidérmicas alargadas. (X500). **F.** Grano de polen, poligonal (X800). **G.** Poro, con muros irregulares y verrugosos (X1800). **H.** Pared de un grano de polen con pegamento polínico. (X500). **I.** Semilla en forma de delta (X25). **J.** Región arilo lateral, ligeramente húmeda (X150). **K.** Región hilo-micropilar (X60). (Foto: M. en C. Berenit Mendoza I.B.-UNAM).



MATERIAL DE HERBARIO EXAMINADO:

HIDALGO. Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 61" Long. W 98° 22' 721". Alt. 2324 msnm, A.G. 2 - L.S. 7807 (MEXU). Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 80" Long. W 98° 22' 726". Alt. 2327 msnm, A.G. 10 - L.S. 7844 (MEXU).

Distribución Geográfica: Planta exclusiva del estado de Hidalgo.

Tipo de vegetación: matorrales xerófilos y en pastizales,

Altitud: 2324 m.

Fenología: florece de marzo a junio y fructifica de junio hasta principios de noviembre.

Usos: La utilizan como una fruta exquisita, muy valorada por su estacionalidad y dulce sabor. También se consume el jugo de los frutos, cortados en rodajas, se cubren de azúcar y se dejan reposar durante varias horas, dando lugar a un jarabe que se puede tomar frío, solo o mezclado con frutas. La tuna se utiliza para mermeladas, jugos, licores y como láminas deshidratadas. Los cladodios se usan para forraje y como fuente de agua para el ganado.

CITES

Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, lo que permite con permiso de la SEMARNAT, la cosecha de flores, semillas y polen, y de la obtención de cladodios para su propagación.

NOM-059-ECOL-2010

No está citada.

IUCN

No está citada.



Observaciones: Se considera que esta planta corresponden a un probable híbrido entre *O. streptacantha* y *O. lasiacantha* y en el cuadro 2 se observan las características sobresalientes del híbrido.

Cuadro 2. Características comparativas entre *Opuntia lasiacantha*, *O. streptacantha* subsp. *aguirrana* y *O. lasiacantha* x *O. streptacantha* subsp. *aguirrana* f. hort. nov. En letras negritas se observan las características propias del híbrido, distintas de las dos especies que la originaron.

Carácter	<i>O. lasiacantha</i>	<i>O. streptacantha</i> subsp. <i>aguirrana</i>	<i>O. lasiacantha</i> x <i>O. streptacantha</i> subsp. <i>aguirrana</i> (AG10)
Hábito	Arbóreo hasta 2.5 m	Arbóreo hasta 3 m	Arbustiva 1.5 m
Corteza del tronco adulto	Textura lisa y color amarillento	Textura escamosa y color amarillo-negrusco	Textura lisa-escamosa y color café-amarillento
Forma del cladodio	obovado	Anchamente obovados	Largamente obovados
Color del cladodio	Verdes-glaucos	Verdes	Verde-amarillento
Epidermis	Glabra	Glabra	Glabra
Número de series de aréolas	7-11	12-13	7-8
Forma de las aréolas	Angostamente piriformes	Obovadas	Angostamente piriformes
Color de las glóquidas	Amarillas	Amarillas	Amarillas con el ápice ambarino
Longitud de la flor	9.0 cm	7.0 cm	8.5 cm
Color de la flor	Amarillas-rojizas	Amarillas con tintes rojizos	Amarillo-anaranjado brillante
Grano de polen	Poligonal	Sub-circular	Poligonal
Número de poros en el grano de polen	12-18	10	10
Morfología de los muros del grano de polen	Glabro	Verrugoso	Verrugoso
Forma del fruto	Piriformes, elipsoides u obovados	Obovados, piriformes y cilíndricos	Piriformes, elipsoides u obovados
Color del fruto	Rojo-purpúreo	Rosa-rojizo	Rosa-rojizo intenso
Dimensiones del fruto (cm)	9.5 x 5.5	8 x 6	10 x 5
Forma de la Semillas	Lenticular	Lenticular	Deltoides y anguladas
Nombre común	Nopal del cerro	Tuna tardía	Tuna rosa



Ficha: No. 3

Nombre científico: *Opuntia streptacantha* Lem, 1839.

Tipo: No conocido. **Neotipo:** Designado por Scheinvar, Olalde y Gallegos (*In prensa*).

Localidad tipo: México, S. de Saltillo, Buena Vista.

Etimología: Compuesto por las palabras griegas, *streptos*: torcido o recurvado, y *akantha*: espina. En este caso las espinas pueden ser curvas o recurvadas (Crook y Mottram, 2001).

Nombre común: Tuna mansa; nopal cardón; nopal de tuna colorada.

Colecciones de referencia: ANSM, BUAQ, CHAP, CHAPA, CFNL, ENCB, FCME, GUADA, HCIIDIR, HFCB-UNL, HUJAT, IBUG, IEB, INEGI, INIFAP, MEXU, SLPM, XAL.

Descripción de la especie:

Hábito arborescente, muy ramificado de 2-6 m de altura. **Tronco** bien definido, 60 x 36 cm, con corteza aplanada, color verde-amarillento. **Epidermis** glabra. **Cladodios** angostamente obovados, de 20-45 x 12-30 x 2-3 cm, de color verde-glaucos oscuro, recubiertos de una capa cerosa. **Aréolas** 10-11 series, distantes hasta 3.5 cm entre sí, obovadas a elípticas, ca. 4 x 3 mm, con lana corta, de color negruzco en la parte inferior de la aréola. **Glóquidas** castaño-amarillentas, algo rojizas, ca. 2 mm de largo en la parte superior de la aréola. **Espinas** 2-6, retrobarbadas, rígidas, de diferentes tamaños, ausentes en algunas aréolas inferiores, generalmente erectas, las superiores divergentes, dirigidas hacia fuera, de 1.5-2 cm de largo, en la base otras, encorvadas y algo reflejas, en los bordes espinas abundantes, una porrecta, 2 reflejas, y otras ascendentes, de 0.5-1.5 cm de largo, blancas con la base amarillenta y el ápice ambarino translúcido. **Cladodios juveniles** con aréolas prominentes, con lana de color marrón, pasando a ligeramente rojizo y hoja basal ascendente, de color verde claro con la punta rosada a rojiza, presenta una sola espina, suave, refleja de ca 2 cm de largo. **Flores** en la antesis llegan a medir de 6-7 cm de largo, pericarpelo de 3.5-5 x 2.5-3 cm, obovoide a elipsoide, ligeramente tuberculado, con aréolas dispuestas en 7-8 series, distantes ca. 5 mm entre sí, ovadas a elípticas, de ca. 1 mm de largo, sin espinas con fieltro rojizo y glóquidas amarillentas-rojizas en sus $\frac{3}{4}$ partes y amarillentas en la parte apical; segmentos exteriores del perianto deltoides a oblongos, cortamente apiculados y el margen finamente delgado, de color rojizo en la parte apical y amarillo-verdosos en la parte basal; segmentos interiores espatulados, ápice cortamente apiculado, amarillo con estría media ligeramente rosada; estambres amarillo-verdosos, estilo ligeramente rosado, lóbulos del estigma 6-9, ca. 5 mm de largo, verde claro con estría media color blanco. **Granos de polen** poligonales, reticulados, semitectados, muros discontinuos, glabros, 18 poros. **Frutos** obovados, cáscara delgada, de 6.5 x 5 cm, rojo cuando madura, aréolas pequeñas obovadas, dispuestas en 5 series, distantes 8 mm, glóquidas marrón-rojizas, dispuestas en la parte superior de la aréola, pulpa rojiza, cámara ovárica ampliamente distribuida en todo el fruto, funículos muy jugosos y dulces, paredes de la pulpa gruesas ca. 4 mm, cicatriz floral poco profunda (3 mm), estriada.



Semillas dispuestas de manera irregular en todo el fruto, reniformes, lenticulares, café oscuro, arilo lateral muy irregular; región hilo-micropilar subdasal, hundida, testa con depresión a la altura de la región hilo-micropilar, de ca. 3 mm de diámetro, funículos rojos, dulces.

Número cromosómico: $2n= 88$ cromosomas (Parfith y Pinkava, 1992).



Fig. 7. *Opuntia streptacantha*. **A.** Planta arbustiva con tronco grisáceo, cladodios obovados, espinas divergentes, dirigidas hacia afuera y frutos inmaduros. **B.** Cladodio juvenil, anchamente obovado. **C.** Botones florales, cilíndricos y flor amarilla, vista exterior. **D.** Vista interior de una flor, filamentos, amarillo-verdosos y anteras amarillas. **E.** Corte longitudinal de una flor, mostrando sus órganos internos. **F.** Frutos inmaduros, obovados, con glóquidas amarillo-rojizas. **G.** Cladodio con frutos inmaduros verdes y maduros rojos, de forma obovados. **H.** Corte longitudinal de un fruto maduro, con paredes delgadas, funículos dulces, rojos. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

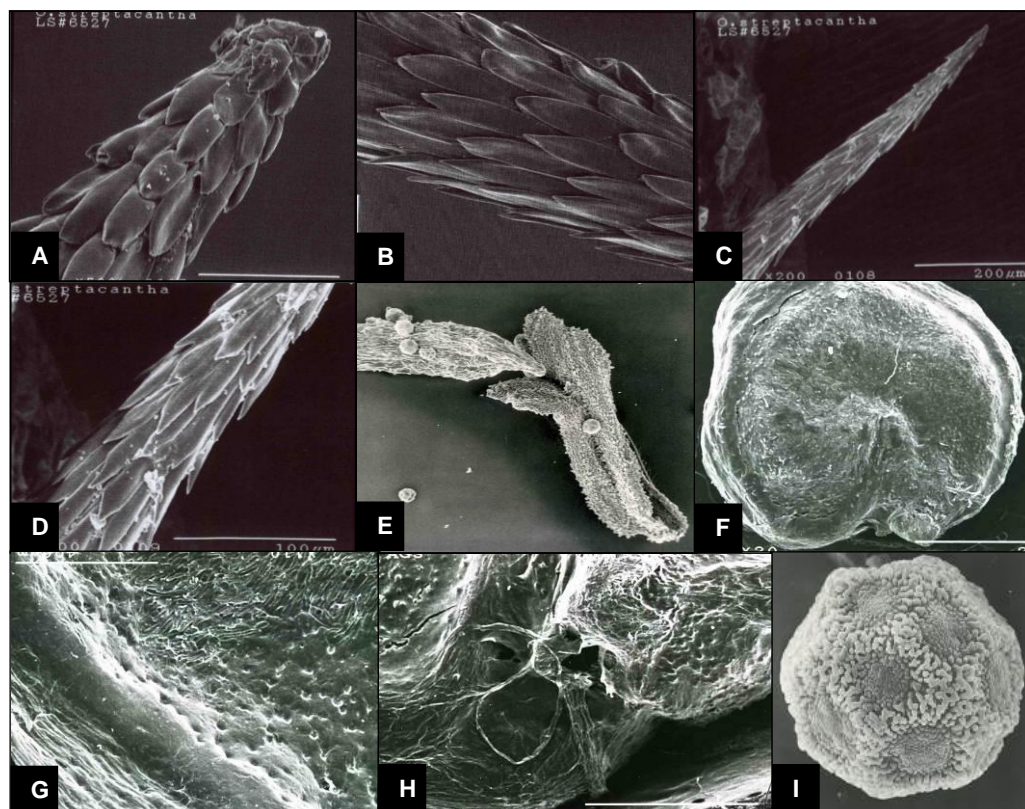


Fig. 8. *Opuntia streptacantha*. **A.** Espina con escamas anchas, adpresas y ligeramente imbricadas (X500). **B.** Parte mediana de una espina, con escamas largas, agudas y adpresas a la superficie (X350). **C.** Ápice de una glóquida, con escamas angostas, oblongas, ápice agudo (X200). **D.** Parte mediana de una glóquida con escamas ligeramente elevadas (X500). **E.** Antera basifija, dehiscencia longitudinal, con liberación de granos de polen (X44). **F.** Semilla lenticular, arilo irregularmente ancho, (X25). **G.** Arilo lateral y testa (X150). **H.** Región hilo-micropilar basal (X60). **I.** Grano de polen poligonal, con 18 poros, retículo interrumpido, glabro (X440). (Foto: M. en C. Berenit Mendoza I.B.-UNAM).

MATERIAL DE HERBARIO EXAMINADO:

HIDALGO. Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 61" Long. W 98° 22' 721". Alt. 2310 msnm, A.G. 3 - L.S. 7808 (MEXU).

Tipo de vegetación: Forma parte de la flora del bosque tropical caducifolio, habitando principalmente zonas de tipo pedregoso. Matorral xerófilo crasicauale, micrófilo, pastizales y suelos volcánicos. (Rzedowski, 1978).

Altitud: 1200-2340 m.

Fenología: Florece de marzo a mayo y fructifica junio a octubre.



Usos: La tuna es dulce, comestible. Sus frutos son utilizados para elaborar “melcocha” (mermelada de tuna), “colonche” (jugo de tuna fermentada) y “queso de tuna”. Las semillas molidas contienen abundantes proteínas y grasas, usadas para engordar rápidamente animales de engorda. Podrían ser industrializadas para la alimentación humana.

Conservación: Actualmente no existe un programa de conservación que proteja a *O. streptacantha*, por lo que se encuentra muy vulnerable a las actividades humanas principalmente, pero se encuentra protegida dentro de una colección privada en el estado de Hidalgo, municipio de Villa de Tezontepec.

CITES

Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, lo que permite con permiso de la SEMARNAT, la cosecha de flores, semillas y polen, y de la obtención de cladodios para su propagación.

NOM-059-ECOL-2010

No está citada.

IUCN

No está citada.



Mapa de distribución geográfica: Respaldo por la Base de datos: “Especies Silvestres de Nopales Mexicanos”, con 5700 registros.

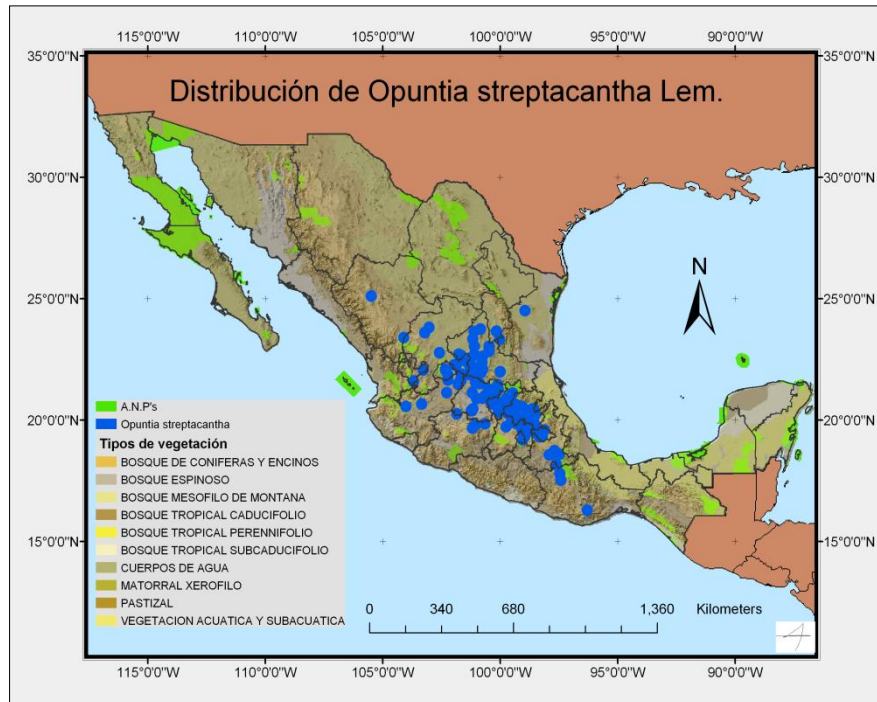


Fig. 9. *Opuntia streptacantha*. Distribución geográfica conocida. (Gaytan, 2010)



Ficha: No. 4

Nombre científico: *Opuntia streptacantha* Lem. subsp. *aguirrana* Scheinvar & A. Rodr., 2003.

HT: San Luís Potosí: Mun. Villa de Arriaga, Hacienda el Àguila, ex Hacienda de Santiago del sr. Marco Garfias, 7V.2000, L. Scheinvar 6521 et A. Rodríguez (MEXU).

Etimología: En homenaje al Dr. Juan Rogelio Aguirre Rivera (Crook y Mottram, 2001).

Nombre común: Nopal charola, charola tardía.

Colecciones de referencia: CHAP, MO, SLPM.

Descripción de la especie:

Hábito arbustivo, hasta 3 m de altura, copa abierta. **Tronco** corto, corteza delgada, amarilla, pasando a negruzca en hábitats sombríos, escamosa. **Epidermis** glabra. **Cladodios** obovados a anchamente obovados, de 30-60 x 25 cm y ca. 3 cm de espesor. **Aréolas** obovadas de aprox. 4 x 2 mm, dispuestas de 12-13 series espiraladas, distantes 3 cm entre sí, hundidas, algunas aréolas inferiores sin espinas, con lana negruzca. **Glóquidas** amarillas, cortas, de ca. 15 mm de largo, dispuestos en la parte central de la aréola, caducas. **Espinas** 3-5, divergentes, en ocasiones adpresas, blancas pasando a gris con la edad, algunas torcidas, rígidas y divergentes, de 1-3.5 cm de largo. **Cladodios juveniles** obovados a largamente obovado, con aréolas ligeramente tuberculadas, presenta fieltro marrón, con 10 series de aréolas, hojas subuladas, con el ápice reflejo, de 4 x 1.5 mm, presenta 1- 2 espinas, reflejas, blancas, muy flexibles, de ca. 3 mm de largo. **Flores** amarillas, con algunos tintes rojizos, ca. 7 cm en la anthesis, pericarpelo obovado, verde, de 3.5 x 2 cm, ligeramente tuberculado, con aréolas dispuestas de 6-7 series, distantes de 4-5 mm entre sí, sin espinas, con lana y glóquidas rojizas; filamentos y estilo rosado, anteras amarillas, lóbulos de estigma 8, verdes. **Granos de polen** circular o subcircular, presenta 10 poros, semitectado, supra reticulado, de ca 116 µm de diámetro, muros verrugosos. **Frutos** obovados, cilíndricos o piriformes, de 8 x 6 cm; cicatriz floral hundida (5 mm), estriada, paredes gruesas, color rosa cuando madura, pared exterior con aréolas grandes obovadas a elípticas, dispuestas en 5 series, distantes entre sí 12 mm y entre aréolas 10 mm, espinas ausentes, glóquidas amarillas y dispuestas en la parte central de la aréola, pulpa distribuida de manera uniforme, rosa pálido a anaranjada; funículos muy jugosos y dulces; paredes delgadas, aprox. 3 mm. **Semillas** dispuestas irregularmente en la cámara ovárica, amarillas, con la taza del hilo subbasal, arilo lateral muy ancho, de ca. 4mm de diámetro. En algunas semillas se observa la presencia de tricomas en su base.

Número cromosómico: $2n = 88$ cromosomas (Hunt & Taylor, 2002).



Fig. 10. *Opuntia streptacantha* subsp. *aguirrana*. **A.** Planta arbustiva, frutos inmaduros y maduros. **B.** Cladodio juvenil, podarios muy prolongados, espina central, blanca y ascendente. **C.** Flores en antesis vista exterior y botones florales. **D.** Vista interior de una flor, mostrando filamentos rosados y 8 lóbulos del estigma. **E.** Corte longitudinal de una flor, estilo verdoso en la base y rojizo en la parte superior. **F.** Fruto maduro rosa-rojizo y frutos inmaduros. **G.** Frutos maduros, obovados y elípticos, cicatriz floral poco hundida. **H.** Corte transversal y longitudinal de los frutos maduros, paredes delgadas, funículos dulces. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

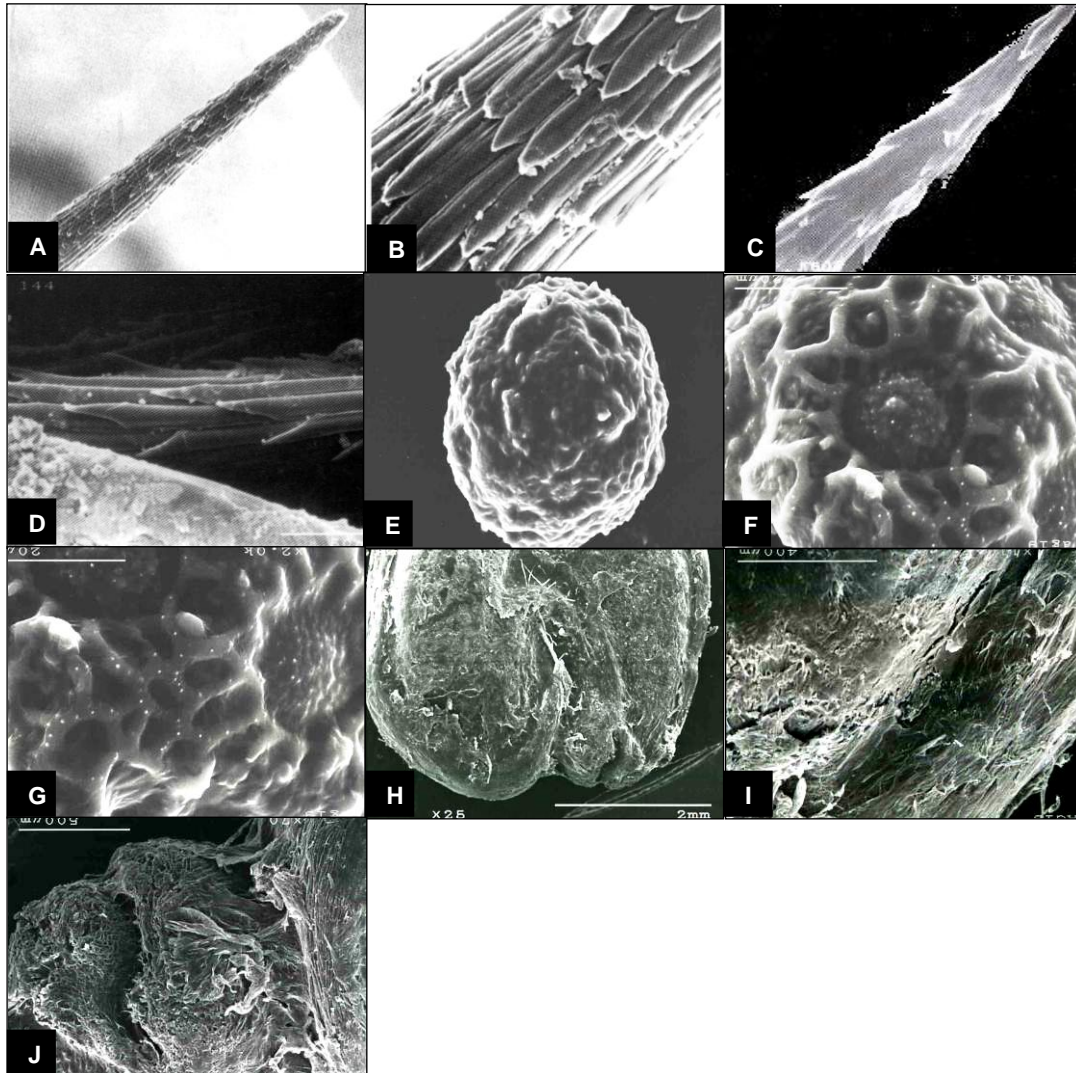


Fig. 11. *Opuntia streptacantha* subsp. *aguirrana*. **A.** Ápice de una espina retrobarbada, escamas muy adpresas, angostas (X80). **B.** Parte media de una espina, escamas angostas, adpresas e imbricadas, con el ápice triangular, agudo. (X450). **C.** Ápice de una glóquida, con los bordes aserrados (X600). **D.** Parte media de una glóquida con escamas muy largas y elevadas (X600). **E.** grano de polen subcircular (X700). **F.** Poro de un grano de polen con fovéolos amplios (X 2.5 K). **G.** Pared de los muros verrugosos (X3.0 K). **H.** Semilla lenticular, arilo ancho e irregular (X25). **I.** Región arilo lateral (X150). **J.** Región hilo-micropilar (X60). (Foto: M. en C. Berenit Mendoza I.B.-UNAM).



MATERIAL DE HERBARIO EXAMINADO:

HIDALGO: Municipio: Tezontepec, Tezontepec, 26. III. 1971 S. Sánchez 1 (ENCB).
Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 61" Long. W 98° 22' 721". Alt. 2310 msnm, A.G.19 - L.S. 7861 (MEXU).

Distribución Geográfica: Tlaxcala, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, San Luís Potosí, Jalisco y Nuevo León.

Tipo de vegetación: Matorral xerófilo crasicaule (Scheinvar, 2003).

Altitud: 2300 a 2350 m

Fenología: Su floración es tardía hacia el otoño, por ello las tunas maduran en el invierno.

Usos: Los cladodios juveniles, sirven como verdura para consumo humano, sus frutos son comercializados en San Luís Potosí, Jalisco, Guanajuato y las plantas se cultivan en huertos de otros estados como Hidalgo (Valle del Mezquital) para la venta de la tuna en invierno.

Conservación: Actualmente no existe un programa de conservación que proteja a *O. streptacantha* subsp *aguirrana*, por lo que se encuentra muy vulnerable a las actividades humanas principalmente, pero se encuentra protegida dentro de una colección privada en el estado de Hidalgo, municipio de Villa de Tezontepec.

CITES

Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, lo que permite con permiso de la SEMARNAT, la cosecha de flores, semillas y polen, y de la obtención de cladodios para su propagación.

NOM-059-ECOL-2010

No está citada.

IUCN

No está citada.



Mapa de distribución geográfica: Respaldo por la Base de datos “Especies Silvestres de Nopales Mexicanos”, respaldado con 5700 registros.

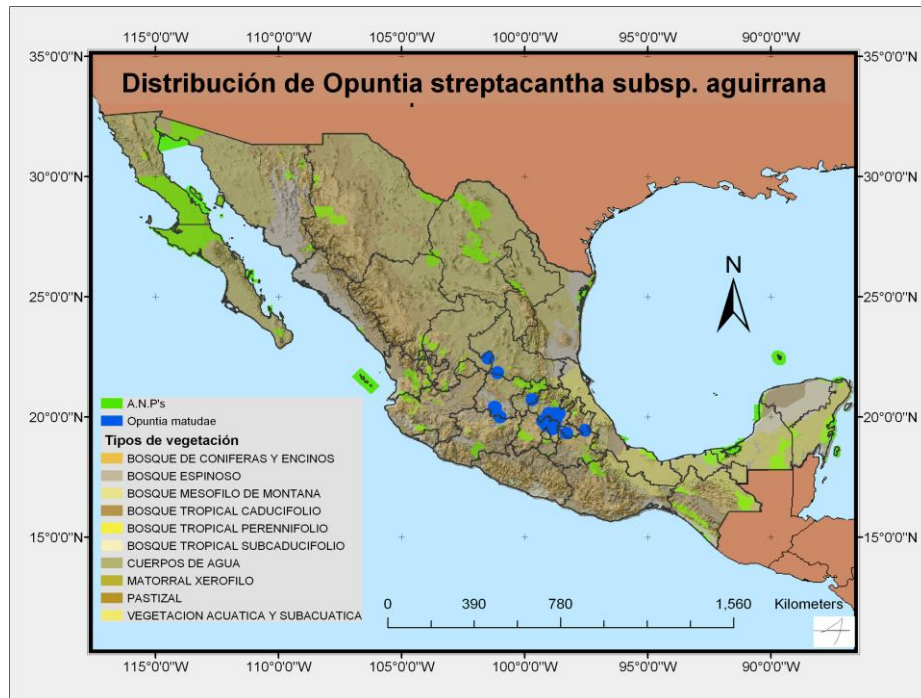


Fig. 12. *Opuntia streptacantha subsp aguirrana*. Distribución geográfica de (Gaytan, 2010).



Ficha: No. 5

Nombre científico: *Opuntia pachona* Griffiths, 1909.

Tipo: México, Zacatecas, cerca de Zacatecas; 19 Spetiembre 1905, *David Griffiths* 8141. **Holotipo:** NY. Una foto de esta página fue publicado por Meckler (1984b: mf. 1238 de 296). **Sin.** *Opuntia streptacantha* var. *pachona* (Griffiths) Hammer, *Kulterpflanze* 24:262. 1976.

Etim. Posiblemente se refiere a su sabia, la cual contiene abundantes sólidos en suspensión y es usada en la manufactura de queso. También es probable que derive del Latín *pachy* (*pachys* en Griego), grueso y *onus*, mucha carga (Crook y Mottram, 2001).

Nombre común: Nopal hartón, nopal barroso.

Colecciones de referencia: ENCB, FCME, IBUG, IEB, INIFAP, MEXU.

Descripción de la especie:

Hábito arbóreo, hasta 5 m de altura, muy ramificada, copa muy amplia y con ramas no muy extendidas. **Tronco** bien definido, hasta 1.5 x 0.20 m de ancho, corteza café-amarillenta escamosa. **Epidermis** glabra, con células epidérmicas convexas, rectangulares, paredes anticlinales poco onduladas, estomas parasíticos, ligeramente hundidos y dispuestos en líneas paralelas. **Cladodios** anchamente obovados a subcirculares, de 28-45 x 13-25 x 2 cm, de color verde oscuro, cubierto de una capa cerosa grisácea que le da un aspecto blancuzco. **Aréolas** 10-11 series, obovadas, de 3-5 x 2-4 mm de ancho, provistas con fieltro muy corto de color negruzco. **Glóquidas** color rojo muy oscuro, rojo-pardo o amarillo-rojizo, dispuestas en la parte superior de la aréola. **Espinas** 2-6, blancas, de 4-6 cm de longitud, con el ápice ambarino, ligeramente aplanadas, a veces ligeramente torcidas, divergentes, las 2 superiores ascendentes, cortas, la mediana porrecta y las inferiores reflejas, a veces acompañadas de un corto pelo cerdoso, en cladodios maduros las espinas se incrementan en número, divergiendo en todas direcciones. **Cladodios juveniles** obovados, con tubérculos prominentes subcirculares al rededor de la aréola, con fieltro rojizo, hojas basales erectas, verdes, con el ápice rojizo, uncinado. **Flores** amarillas, pasando a rosadas cuando cierran, de 8 cm de longitud, pericarpelo anchamente obovado de ca. 4.5 x 2.8 cm; aréolas dispuestas de 5-6 series; escamas basales amarillentas, subuladas; segmentos exteriores del perianto amarillos con banda media rojiza, espatulados, con ápice apiculado y bordes dentados; segmentos interiores amarillos, emarginados, con bordes dentados, estambres 1/3 del largo de la flor, amarillos; estilo blanco, cuneiforme, de ca. 2.3 cm, lóbulos del estigma verdes, 8-11, papilosos, de ca. 0.6 cm de largo. **Granos de polen** poligonales, tectados, reticulados, con aprox. 12 poros, muros glabros, fobéolos. **Frutos** elipsoides, 4.8 x 5.5 cm, cicatriz floral poco profunda (3 mm), estriada, cáscara gruesa, rosa-rojizo cuando madura, aréolas grandes obovadas, dispuestas en 5 series, distantes 8 mm y las aréolas distantes entre sí 6 mm, glóquidas marrón-rojizas, dispuestas en la parte superior de la aréola, pulpa más oscura alrededor de las semillas, funículos muy jugosos y no muy dulces, paredes de la pulpa delgadas, ca. 2 mm. **Semillas:** dispuestas de manera irregular en todo el fruto, reniformes, lenticulares, angosta en la base; arilo lateral angosto en la base pasando a muy ancho, de ca. 3mm de diámetro.

Número cromosómico: no estudiado.



Fig. 13. *Opuntia pachona*. **A.** Planta arbustiva, con copa muy amplia y frutos inmaduros. **B.** Cladodio juvenil, con tubérculos muy prominentes y botón floral. **C.** Vista exterior de dos flores en antesis. **D.** Vista interior de dos flores. **E.** Corte longitudinal de una flor, exponiendo sus órganos. **F.** Cladodio recubierto con cera, y frutos inmaduros, elipsoides. **G.** Frutos maduros, elípticos, color rojo púrpúreo. **H.** Corte longitudinal de los frutos maduros, rosa-rojizo, y rojo intenso alrededor de las semillas. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

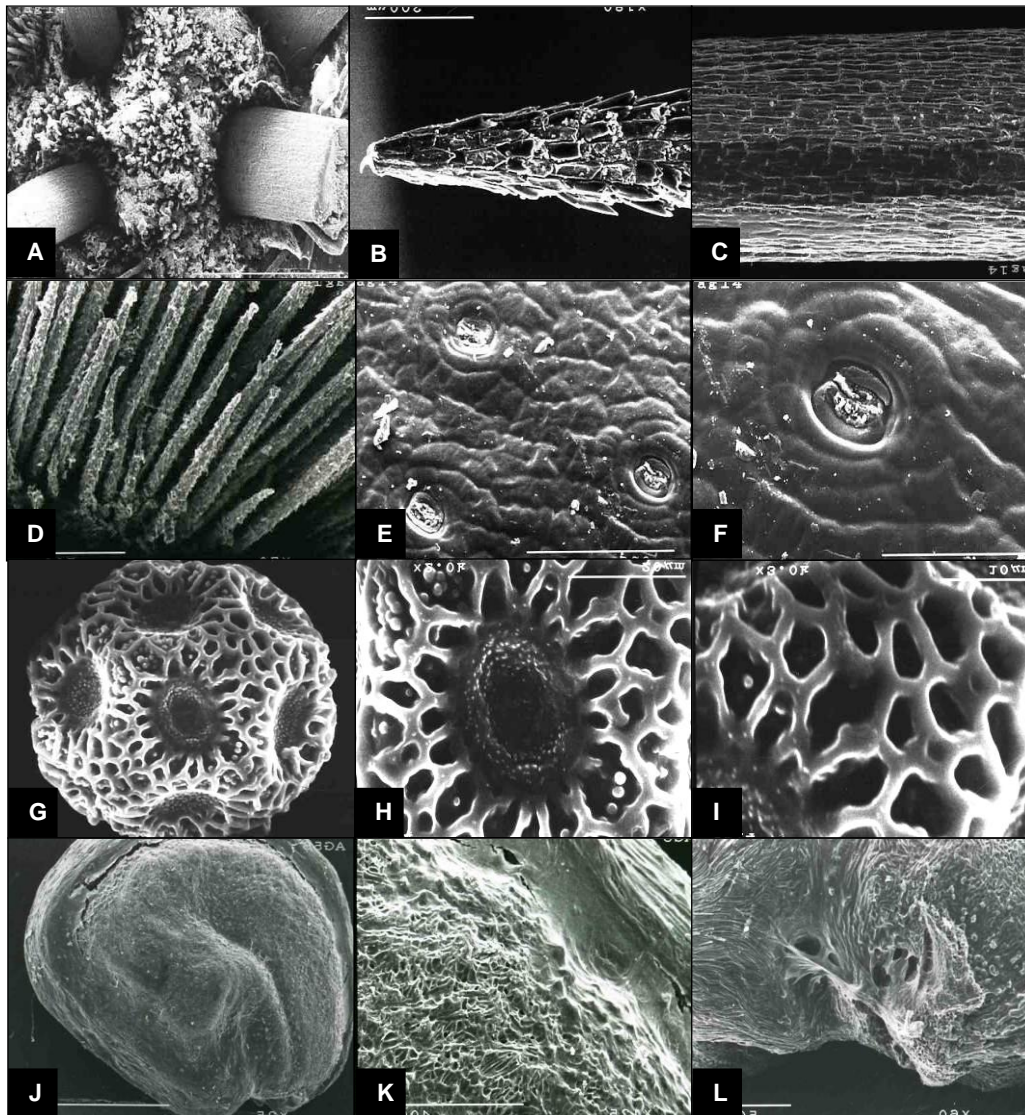


Fig. 14. *Opuntia pachona*. **A.** Aréola, con fieltro y tres espinas centrales (X30). **B.** Ápice de una espina, escamas afastadas (formando un ángulo agudo). (X180). **C.** Parte media de la espina, células dispuestas en hileras paralelas, con espacios intercelulares (X125). **D.** Glóquidas (X70). **E.** Epidermis glabra, con aparato estomático dispuesto en líneas paralelas (X250). **F.** Estoma paracítico, ligeramente hundido (X500). **G.** Grano de polen subcircular (X750). **H.** Poro con fobeos verrugosos. (X1500). **I.** Pared de un grano de polen, paredes delgadas, lisas y ligeramente vesiculadas. (X500). **J.** Semilla obovada, arilo lateral irregular (X25). **K.** Testa verrucosa y arilo lateral con depresión (X150). **L.** Región hilo micropilar con papilas verrucosas (X60). (Foto: Berenit Mendoza I.B.-UNAM).



MATERIAL DE HERBARIO EXAMINADO:

HIDALGO. Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 61" Long. W 98° 22' 721".Alt. 2310 msnm A.G. 14 - L.S. 7819 (MEXU).

QUERETARO. Municipio de Cadereyta, Vizarrón, E. Puebla y A. M. Serna 19 (MEXU).
Municipio de Pinal de Amoles, Pinal de Amoles, L. Scheinvar 4051 (MEXU).

Tipo de vegetación: Matorral xerófito crasicauale, bosque de juníperos, pinos, encinos y bosque tropical caducifolio. (Rzedowski 1978).

Altitud: 1100 - 2252 m.

Fenología: Florece de abril a mayo y fructifica de junio a mediados de octubre.

Usos: Los cladodios juveniles son utilizados como verdura, es excelente forraje para ganado y además la tuna no es muy dulce pero se utiliza para consumo humano.

Conservación: Actualmente no existe un programa de conservación para *O. pachona*, por lo que se encuentra muy vulnerable a las actividades humanas principalmente, pero se está protegida dentro de una colección privada en el estado de Hidalgo, municipio de Villa de Tezontepec.

CITES

Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, lo que permite con permiso de la SEMARNAT, la cosecha de flores, semillas y polen, y de la obtención de cladodios para su propagación.

NOM-059-ECOL-2010

No está citada.

IUCN

No está citada.



Mapa: Respaldo por la base de datos: “Especies Silvestres de Nopales Mexicanos”, con 5700 registros.



Fig. 15. *Opuntia pachona*. Distribución geográfica (Gaytan, 2010).



Ficha No. 6

Nombre científico: *Opuntia guerrana* Griffiths, 1908.

Tipo. México, Hidalgo, cerca de Dublán, Sep 1906, *David Griffiths 8475*. (Holotipo: MO). **Sin.** *Opuntia robusta* var. *guerrana* (Griffiths) Sánchez-Mejorada, in Bravo, Nuevas combinaciones, Cactáceas y Suculentas Mexicanas 17(4): 119. 1972.

Etimología: Nombrado en honor a Enrique L. Guerra, con el sufijo adjetivo posesivo en Latín *-anus* (Crook y Mottram 2001).

Nombre común: nopal tapón blanco, tuna taponá cimarrona, nopal camueso.

Colecciones de referencia: ENCB, IBUG, MEXU.

Descripción de la especie:

Hábito planta arbustiva, de 1-3 m de altura. **Tronco** bien definido, de color amarillo verdoso. **Epidermis** glabra a simple vista pero con papilas digitiformes vista al microscopio electrónico de barrido. **Cladodios** oblongos u obovados, de 20-50 x 20-30 x ca. 2.5 cm, de color verde-azuloso-grisáceo. **Aréolas** 7-11 series, elípticas a subsirculares, hundidas, de 2-4 x 3-4 mm, con fieltro corto, marrón. **Glóquidas** amarillo-verdoso con la base negruzca o amarillas translucidas, cortas, dispuestas en la parte superior de la aréola. **Espinas** 0-3, principalmente en los bordes, 1 porrecta gruesa y semiflexible, 2 muy delgas, de 3-5 cm de largo, ausentes en las aréolas inferiores, 1 gruesa, porrecta, de ca. 1.5 cm de largo y 2-3 muy delgadas y flexibles, aplanadas, desiguales, de 3-5 cm de largo, amarillentas con el ápice traslucido. **Cladodios juveniles** obovados, tubérculos ligeramente marcados, aréolas con fieltro café claro, hojas basales ascendentes, amarillentas de la base y ápice verde-limón, espinas 1-2, hasta 5 cm de largo, amarillentas, flexibles. **Flores** amarillas, de 6-8 cm de largo, pericarpelo elipsoide a obovoide, de 4 x 3 cm, aréolas dispuestas en 4-6 series, escama basal crasa; segmentos exteriores del perianto verde-amarillentos con tintes ligeramente purpúreos en la parte superior, espatulados, apiculados con bordes enteros; segmentos interiores amarillos, emarginados, mucronados, con bordes dentados; estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos y anteras amarillentas; estilo cuneiforme, amarillo, de ca. 2.20 cm de largo y muy ancho, lóbulos del estigma 7-10, amarillos y papilosos, de ca. 8 mm de largo. **Granos de polen** poliédricos, tectados, reticulados, poliporados, con 14 poros, muros ligeramente verrugosos, irregulares y muy delgados. **Frutos** globosos a elipsoides, de 6.5 x 5.5 cm, cáscara gruesa, rojo-purpúreo a violáceo o blancos, muy tuberculados en la parte superior del fruto, sin espinas, o con espinas muy delgadas y flexibles, amarillas, aréolas grandes, circulares, elipsoides u obovadas, dispuestas en 3-4 series, distantes 13 mm, y las aréolas distantes 20 mm entre sí, glóquidas amarillas, dispuestas en la parte superior de la aréola, pulpa violeta y rojo intenso alrededor de las semillas o blanca, cámara ovárica ampliamente distribuida en todo el fruto, funículos muy jugosos y poco dulces, paredes gruesas, ca. 4 mm de ancho; cicatriz floral de 13 mm de profundidad, muy ondulada, **Semillas** dispuestas de manera irregular en todo el fruto, lenticulares y reniformes, de ca. 3 mm de diámetro, café-oscuras, región hilo-micropilar basal, profunda y arilo lateral irregular, testa glabra.

Número cromosómico: 2n=66 (Hunt & Taylor, 2002).



Fig. 16. *Opuntia guerrana*. **A.** Planta arbustiva con frutos inmaduros. **B.** Cladodio juvenil, largamente obovados, verde-glaucos con hojas basales en posición ascendente. **C.** Botón floral y flor en antesis, vista exterior. **D.** Botones florales y vista interior de una flor. **E.** Corte transversal de una flor, mostrando sus órganos internos. **F.** Cladodio recubierto de cera y fruto inmaduro. Con podarios oblongos prominentes. **G.** Cladodio con frutos maduros, violáceos, sin espinas. **H.** Corte longitudinal y transversal de los frutos maduros con pulpa rojiza y paredes anchas. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

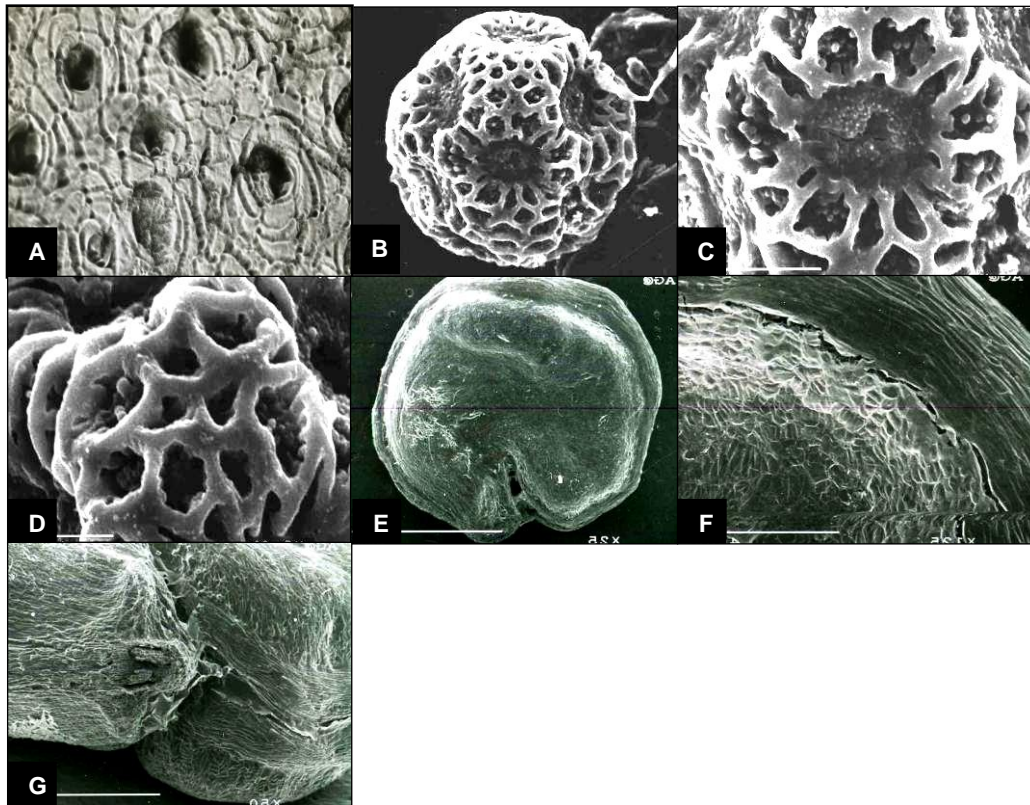


Fig. 17. *Opuntia guerrana*. **A.** Epidermis glabra, mostrando aparato estomático tetracítico (X800). **B.** Grano de polen reticulado y heptagonal (X800). **C.** Poro de un grano de polen (X1800). **D.** retículo de un grano de polen, muros con microverrugas (X500). **E.** Semilla lenticular con tricomas, tasa del hilo basal, muy hundida (X25). **F.** Arilo lateral irregular (X150). **G.** Región hilo-micropilar (X60). (Foto: Berenit Mendoza I.B.-UNAM).

MATERIAL DE HERBARIO EXAMINADO:

HIDALGO. Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 61". Long. W 98° 22' 721". Alt. 2310 msnm, A.G. 7 - L.S. 7812 (MEXU).

Tipo de vegetación: matorrales xerófilos, generalmente muy perturbados por actividades humanas (Rzedowski 1978).

Altitud: 2310 - 2680 m.

Fenología: florece de abril a mayo y fructifica de junio a octubre.

Usos: el fruto es usado para preparar miel para la alimentación humana.

Conservación: Actualmente no existe un programa de conservación para *O. guerrana*, por lo que se encuentra muy vulnerable a las actividades humanas principalmente, pero se está protegida dentro de una colección privada en el estado de Hidalgo, municipio de Villa de Tezontepec.

CITES

Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, lo que permite con permiso de la SEMARNAT, la cosecha de flores, semillas y polen, y de la obtención de cladodios para su propagación.

NOM-059-ECOL-2010

No está citada.

IUCN

No está citada.

Mapa de distribución geográfica: Respaldo por la Base de datos: “Especies Silvestres de Nopales Mexicanos”, con 5700 registros.



Fig. 18. *Opuntia guerrana*. Distribución geográfica. (Gaytan, 2010).



Ficha: No. 7

Nombre científico: *Opuntia larreyi* F.A.C. Weber, 1879.

Sin: *Opuntia camuessa* F.A.C. Weber, Dict. Hort. Bois. 895. 1898. *O. robusta* Wendl. var. *larreyi* (F.A.C. Weber) Bravo, Cact. Suc. Mex. 17 (4) 119. 1972.

Etimología: No explicada, pero posiblemente sea en honor a un Señor Larrey (Crook y Mottram, 2001).

Nombre común: Tuna taponá, nopal cenizo, nopal rodajón, camuesa alargada, nopal camueso.

Colecciones de referencia: ENCB, IBUG, INIFAP, CHAP, FCME, MEXU.

Descripción de la especie:

Hábito arbustivo, hasta 1.80 m de altura. **Tronco** Inconspicuo, ca. 30 cm de ancho, corteza amarillo-verdosa. **Epidermis** glabra a simple vista pero con papilas digitiformes vistas al microscopio electrónico de barrido; estomas paracíticos, ligeramente hundidos. **Cladodios** glaucos, de 20-35 cm de largo, de 15-28 cm de ancho y ca. 2 a 3 cm de espesor, de color verde azulado, cubierto de una capa cerosa grisácea. **Aréolas:** 8-10 (-12) series, circulares a elípticas, de 5-8 x 2-4 mm, con fieltro corto, de color café oscuro. **Glóquidas** amarillas, traslucidas, la base café, muy cortas, dispuestas en la parte superior de la aréola, caducas. **Espinas** ausentes, a veces llegan a presentar en los bordes 1-3, amarillas, aplanadas, con la base verdosa, flexibles, de ca. 1 cm. **Cladodios juveniles** con tubérculos prominentes; aréolas con fieltro café claro; hojas basales ascendentes, verdes, el ápice amarillo, traslucido, espinas 2 (-3), reflejas, radiales, ligeramente amarillentas. **Flores** amarillas, con una banda mediana marrón, de 6-8 cm de largo, pericarpelo obovado a elíptico, de ca. 4 x 3 cm; aréolas dispuestas en 4 series, distantes 3 mm entre sí; escama basal grisácea, crasa, ascendente, subulada, apiculada; segmentos exteriores del perianto cortos y anchos en la base y los más largos espatulados, con el ápice emarginado, bordes enteros y a veces deltoides; segmentos interiores con bordes superiores dentados, mucronados y emarginados. Estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos y anteras amarillas. Estilo cuneiforme, ca. 2 cm de largo, amarillo-verdoso, lóbulos del estigma, 12-15, papilosos, de ca. 8 mm de largo, amarillos. **Granos de polen** poligonal, tectado, reticulado, con 14 poros, ca. 70 x 80 μm . **Frutos** globosos, a veces subglobosos, de 8 x 8 cm, cicatriz floral poco hundida (2 mm) a superficial, estriada, cáscara delgada, violeta cuando madura, sin espinas, aréolas hundidas, sin espinas, elipsoides u obovadas, dispuestas en 3-4 series, distantes entre sí 30 mm, glóquidas amarillas, dispuestas en la parte superior de la aréola, caducas, pulpa rojo intenso, cámara ovárica ampliamente distribuida en todo el fruto, funículos muy jugosos y dulces, paredes de ca. 8 mm. **Semillas** dispuestas de manera irregular en todo el fruto, irregularmente lenticulares y discoides, marrón oscuro; arilo lateral de irregular ancho alrededor de la semilla; región hilo-micropilar basal, ligeramente hundida, de ca. 4 mm de diámetro.

Número cromosómico: Especie tetraploide $2n = 44$, Bravo (1978) la descubrió como var. *larreyi* de la *O. robusta*.



Fig. 19. *Opuntia larreyi*. **A.** Planta arbustiva, epidermis glauca, sin espinas con frutos inmaduros y restos florales secos. **B.** Cladodio juvenil, con hojas ascendentes, verdes con el ápice amarillo traslucido. **C.** Botón floral y flor amarilla, moteada con tintes pardos, vista lateral. **D.** Vista interior de una flor. **E.** Corte longitudinal de una flor, mostrando sus órganos internos. **F.** Cladodio recubierto de cera, con frutos inmaduros, globosos y con restos florales secos. **G.** Cladodio con frutos maduros, globosos, color violeta, sin espinas. **H.** Corte sagital longitudinal de un fruto maduro, pulpa, color rojo purpúreo. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

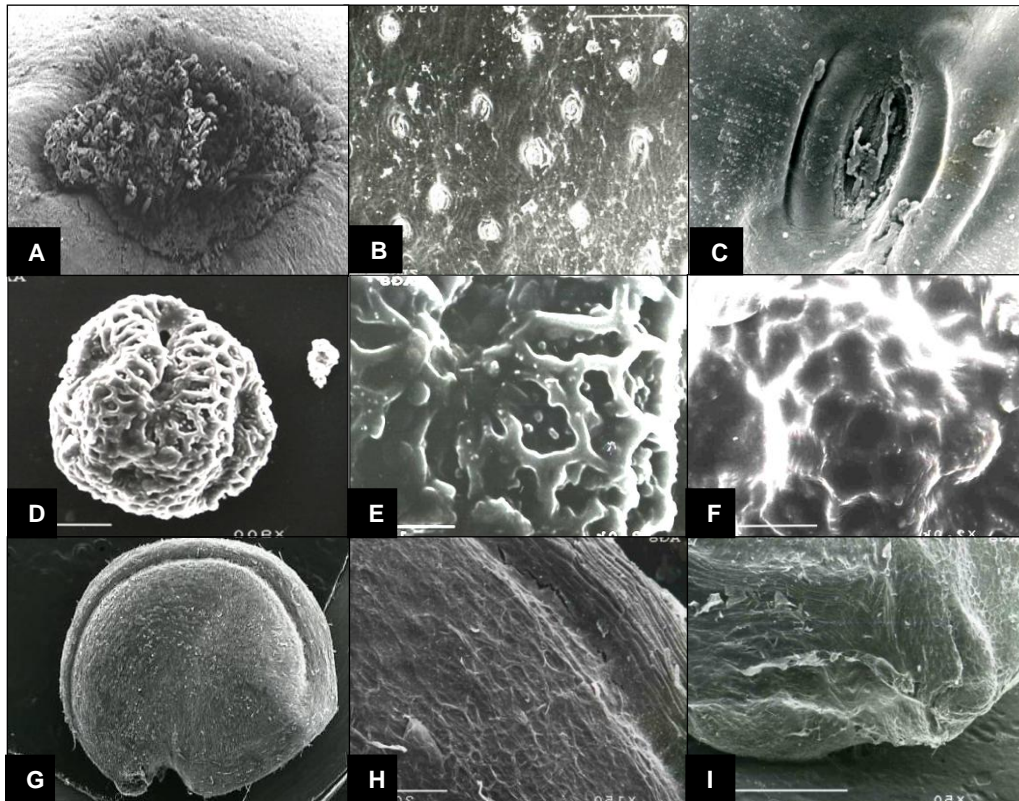


Fig. 20. *Opuntia larreyi*. **A.** Aréola piriforme (X30). **B.** Aparato estomático y células epidérmicas glabras (X150) **C.** Estoma paracítico abierto (X500). **D.** Grano de polen poligonal, con 14 poros, (X900). **E** Retículo semi-tectado (X180). **F.** Pared de un grano de polen, con muros delgados y glabros (X2.0 K) **G.** Semilla discoidea con arilo lateral de irregular ancho (X25). **H.** Arilo lateral y testa (X150). **I.** Región hilo-micropilar basal (X60). (Foto: M. en C. Berenit Mendoza I.B.-UNAM).



MATERIAL DE HERBARIO EXAMINADO:

ESTADO DE MÉXICO: Municipio: Tezontepec, 2340 msnm, L. Scheinvar 2010 (MEXU). Municipio de Santiago Tolman, cerca del Cerro Chiconautla, 2349 msnm, L. Scheinvar 2040 (MEXU). Municipio de Texcoco, Chapingo, Campo Experimental del Nopal, cultivada, 2450 msnm, L. Scheinvar 1383, 1482, 1483, 1485 R. Dehesa y O. Tirado (MEXU). Municipio de San Martín de las Pirámides, S. Martín Teotihuacan, Cerca de la Pirámide del Sol, 2300 msnm, L. Scheinvar 6096, 6097 y cols. (MEXU). Municipio de San Martín de las Pirámides, San Martín de las Pirámides, cultivada, 2300 msnm, L. Scheinvar 6139 (MEXU).

HIDALGO: Municipio: Alfajayucan, Alfajayucan, 1880 msnm, L. Scheinvar 2332 y F. Cintara (MEXU). Municipio: Villa de Tezontepec, Lat. N 19° 53' 61" Long. W 98° 22' 721". Alt. 2310 msnm, A.G. 8 - L.S. 7813 (MEXU).

Tipo de vegetación: Matorral xerófito (Rzedowski 1978).

Altitud: 1710 a 2400 m.

Fenología: Florece de marzo a agosto y fructifica junio a septiembre.

Usos: Es una planta ornamental, los frutos son dulces, subglobosos, rojos o violáceos, comestibles. Los cladodios juveniles son utilizados como verdura y son excelente forraje para el ganado. De sus frutos rojos se extraen pigmentos naturales utilizados para diferentes fines. Según, Scheinvar (2009), en Sudáfrica sus cladodios son cultivados y usados como sustrato de la cochinilla de la grana.

Conservación: Actualmente no existe un programa de conservación para *Opuntia larreyi*, por lo que se encuentra muy vulnerable a las actividades humanas principalmente, pero está protegida dentro de una colección privada en el estado de Hidalgo, municipio de Villa de Tezontepec.

CITES

Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, lo que permite con permiso de la SEMARNAT, la cosecha de flores, semillas, polen, y de la obtención de cladodios para su propagación.

NOM-059-ECOL-2010

No está citada.

IUCN

No está citada.



Mapa de distribución geográfica: Respaldo por la Base de datos: “Especies Silvestres de Nopales Mexicanos”, con 5700 registros.

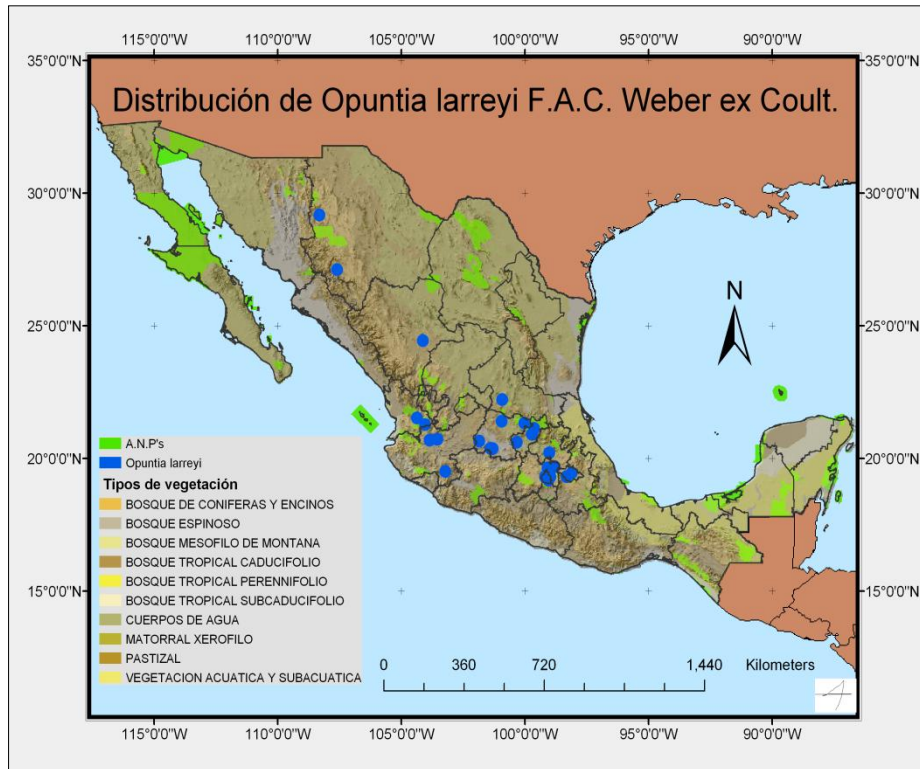


Fig. 21. *Opuntia larreyi*. Distribución geográfica (Gaytan, 2010).



Ficha: No.8

Nombre científico: *Opuntia lasiacantha* Pfeiffer, 1837.

Tipo: México. La descripción original se basa en una planta cultivada en el Vienna Botanical Garden. **Neotipo:** Scheinvar, Olalde & Gallegos, Schumannia In prensa.

Etimología: Formado por los adjetivos griegos *lasios*, con tricomas y *akantha*, espinas. Espinas con tricomas. (Scheinvar, Olalde & Gallegos In prensa).

Nombre Común: Nopal del cerro.

Colecciones de referencia: CHAP, CHAPA, ENCB, FCME, HCIIDIR, HFCBUNL, IBUG, IEB, INIFAP, MEXU, SLPM.

Descripción de la especie:

Hábito arbustivo, hasta 2.5 m de altura, ramificación compacta y frondosa. **Tronco** erecto, cilíndrico, ca. 20 cm de ancho, grisáceo. **Epidermis** brillante glabra a simple vista estomas casi superficiales, tetracíticos, células epidérmicas isodiamétricas a rectangulares, con paredes anticlinales rectas, encorvadas o ligeramente onduladas. **Cladodios** obovados, de 28-35 x 18- 25 cm y ca. 1.5- 2 cm de espesor, de color verde glaucos claros, brillantes, recubiertos de una capa cerosa. **Aréolas** 7-9 (-10) series, ligeramente elevadas angostamente piriformes, de 4-6 x 2 mm, con fieltro corto, de color negruzco. **Glóquidas** amarillas con la base café, cortas, dispuestas en la parte central de la aréola. **Espinas** blancas, a veces ausentes, en toda la penca y a veces 1-2-4, en pocas aréolas y abundantes en los bordes, cortas, rígidas, desiguales, de ca. 4 mm a 2.5 cm de largo, blancas con el ápice ambarino. **Cladodios juveniles** con aréolas prominentes, con fieltro de color marrón-grisáceo y hoja basal ascendente, de color verde claro con la punta rosada a rojiza. **Flores** amarillas-rojiza, de ca. 9.0 cm de largo; pericarpelo obovado, de 6.5 x 3 cm; aréolas de 5-8 series, distantes 3-5 mm entre sí; con escama basal crasa; segmentos exteriores del perianto con el ápice acuminado y bordes dentados, amarillo-verdosos con amplia estría mediana, púrpúrea; segmentos interiores de color amarillo-rojizo; estambres blancos alcanzando 1/3 inferior del perianto, con ápice blanco de ca. 5 mm de largo, estilo color rosa en la parte basal y en la parte media blanca y ápice rosa; lóbulos del estigma 5, color verde-limón y papilosos con estría mediana rosada, de ca. 5 mm de largo. **Granos de polen:** poligonales, con 12-18 poros polínicos, testa, reticulada con muros muy anchos, presenta verrugas en la superficie inferior de los foveolos, pegamento polínico debajo de los muros. **Frutos:** piriformes, elipsoides u obovados, de 9.5 x 5.5 cm, cicatriz floral profunda (4 mm), estriada, cáscara delgada, rojo-púrpúreo cuando madura, sin espinas, aréolas grandes redondas, dispuestas en 5 series, distantes de 17 mm y las aréolas distantes entre sí 13 mm, glóquidas amarillias, dispuestas en la parte central de la aréola, pulpa rojiza, cámara ovárica ampliamente distribuida en todo el fruto, funículos jugosos y muy dulces, paredes de la pulpa gruesas ca. 4 mm. **Semillas** dispuestas de manera irregular en todo el fruto, lenticulares anguladas, taza del hilo basal, de ca. 5 mm de diámetro, rosadas, arilo lateral irregular, 1 mm de ancho, testa glabra, amarillas en los bordes y café en el centro, de ca. 5 mm de diámetro.

Número cromosómico: $2n = 66$ cromosomas (Hunt & Taylor, 2002).



Fig. 22. *Opuntia lasiacantha*. **A.** Planta arbustiva con frutos inmaduros y restos florales. **B.** Cladodio juvenil, solo con espinas en los bordes 1-2; hojas basales ascendentes, color verde y ápice rosado. **C.** Vista exterior de un botón floral púrpura y flor en antesis con aréolas y podarios reticulados. **D.** Vista interior de una flor anaranjada, filamentos blancos. **E.** Corte longitudinal de una flor, mostrando sus órganos internos. **F.** Frutos inmaduros, largos, cilíndricos a angostamente obovados, con podarios elevaos. **G.** Cladodios con frutos maduros purpúreos. **H.** Corte transversal y longitudinal de frutos maduros, dulces, pulpa y cáscara roja-purpúrea. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

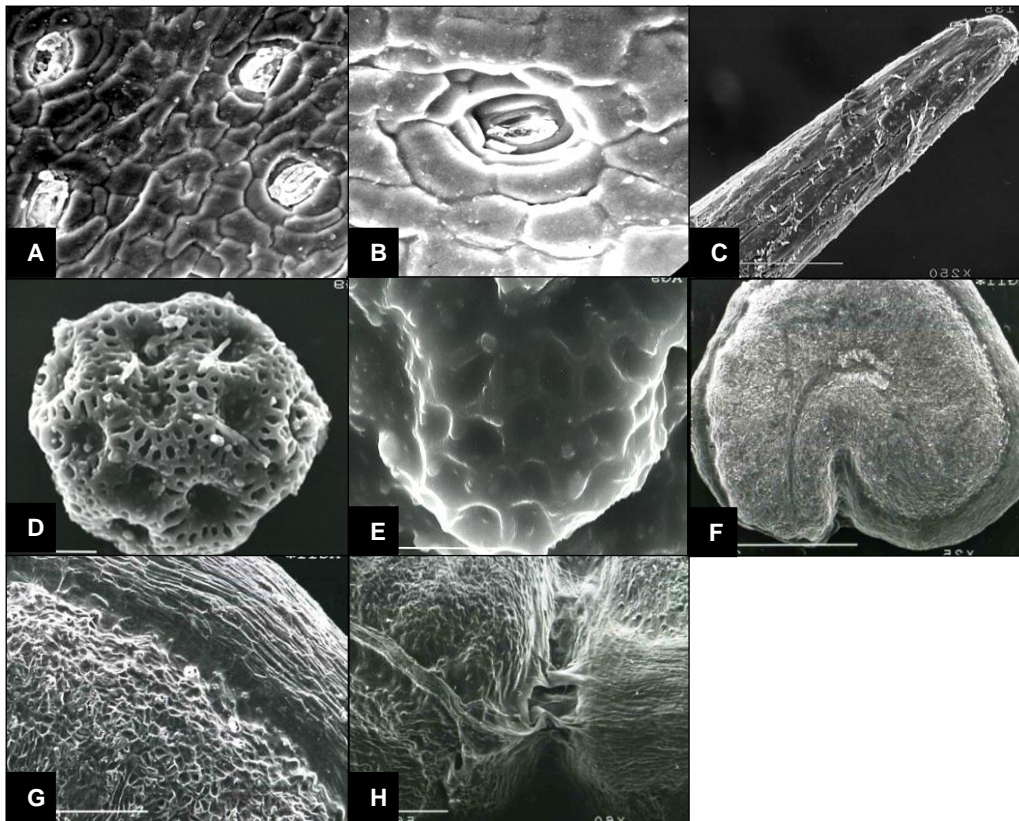


Fig. 23. *Opuntia lasiacantha*. **A.** Epidermis glabra, con células anticlinales irregularmente rectangulares y aparato estomático (X260). **B.** Estoma tetracítico, ligeramente hundido (X500). **C.** Ápice de una espina con tricomas (X180). **D.** Grano de polen poligonal, con 16 poros (X900). **E.** Pared de un grano de polen, muros glabros con los fóscolos pequeños (X800). **F.** Semilla lenticular, región hila micro-pilar basal hundida (X25). **G.** Región arilo lateral irregular y testa (X150). **H.** Región hila-micropilar (X60). (Foto: M. en C. Berenit Mendoza I.B.-UNAM).

MATERIAL DE HERBARIO EXAMINADO:

HIDALGO: Municipio de Alfajayucan, Alfajayucan, 1880 msnm, *L. Scheinvar* 2332 y F. Cintara (MEXU). Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 61" Long. W 98° 22' 721". Alt. 2310 msnm, A.G. 9 - L.S. 7814 (MEXU). Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 63" Long. W 98° 22' 725". Alt. 2312 msnm, A.G. 12 - L.S. 7816 (MEXU).

Tipo de vegetación: Matorral xerófilo micrófilo, crassicaule, y en pastizales. (Rzedowski, 1978).

Altitud: 2335 m.

Fenología: Florece de marzo a abril y fructifica en los meses julio a octubre.



Usos: Los frutos son muy dulces con un color muy llamativo que va desde, rojo carmesí a violáceos, comestibles. Los cladodios juveniles son utilizados como verdura y son excelente forraje para el ganado.

Conservación: Actualmente no existe un programa de conservación para *O. lasiacantha*, por lo que se encuentra muy vulnerable a las actividades humanas principalmente, pero está protegida dentro de una colección privada en el estado de Hidalgo, municipio de Villa de Tezontepec.

CITES

Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, lo que permite con permiso de la SEMARNAT, la cosecha de flores, semillas y polen, y de la obtención de cladodios para su propagación.

NOM-059-ECOL-2010

No está citada.

IUCN

No está citada.

Mapa: Respaldo por la Base de datos Especies Silvestres de Nopales Mexicanos, con 5700 registros.



Fig. 24. *Opuntia lasiacantha*. Distribución geográfica (Gaytan, 2010).



Ficha No. 9

Nombre científico: *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., 1768.

Nombre común: Nopalito, nopal verdura, nopal verde, nopal de castilla, liso anaranjado (Crook y Mottram, 2001).

Descripción de la especie:

Hábito planta arbustiva, de 2-4 m de altura. **Tronco** bien definido, leñoso, de 0.60-1.5 x 20-30 cm, corteza marrón casi lisa. **Epidermis** glabra, células epidérmicas oblongas, irregulares, con paredes anticlinales engruesadas, muy sinuosas. Estomas tetracítico y ciclocíticos, células acompañantes con paredes anticlinales sinuosas. **Cladodios** encadenados, ascendentes, obovados, oblongos o largamente oblongos, de 30-60 x 20-40 cm, color verde. **Aréolas** 7- 9 series, ligeramente circulares a elípticas, de 4 x 2 mm, fieltro corto de color grisáceo, **Glóquidas** muy cortas, de color marrón. **Espinas** ausentes, pero puede haber ocasionalmente 1, casi siempre en los bordes, ascendente, acicular, muy flexible, color blanco, hasta de 1 cm de largo. **Cladodios juveniles** obovados, tubérculos ligeramente marcados, aréolas con fieltro café claro, con hojas basales ascendentes, verdes, espinas 0-1, ascendente, hasta 3 mm de largo, blanca y muy flexible. **Botones florales** cilíndricos de ca. 6 cm, ápice rosado, con 7 series de aréolas circulares, espinas cerdosas 3-4, amarillas y sin espinas en la parte inferior, podarios muy prominentes, escamas basales ascendentes, rojo-verdosas. **Flores** amarillas o anaranjadas, de 7-10 cm de largo, pericarpelo tuberculado reticulado, con algunas espinas pequeñas, caducas; segmentos exteriores del perianto obovados hasta ampliamente obovados, de bordes enteros, ápice mucranado o denticulado; estambres numerosos, alcanzando 1/3 del largo de los segmentos interiores de la flor; filamentos verdosos en la base y rosados en la parte superior, anteras amarillas; estilo blanco, cuneiforme, lóbulos del estigma 8-0, verdes. **Granos de polen.** semitectados, suprericulados, periporados 16-20, esféricos o poligonales, de aproximadamente 49 µm de diámetro, muros glabros. **Frutos** elípticos, de 9 x 5.5 cm, cicatriz floral muy profunda (10 mm), estriada, cáscara gruesa, café-anaranjados, blanco- verdosos, rojos o purpúreos cuando maduran, sin espinas (-1), de color marrón, 3 mm de largo, muy flexible, aréolas grandes obovadas, dispuestas en 5 series, distancia entre aréolas 15 mm entre sí 11 mm; glóquidas amarillas, dispuestas en la parte superior de la aréola; pulpa del mismo color que la cáscara, rojiza alrededor de las semillas, a veces con pulpa amarilla y exteriormente, rayado rojo-violáceo, por lo que fueron descritas tres variedades a partir de formas hortícolas; cámara ovárica amplia, distribuida en todo el fruto, funículos muy jugosos y dulce; paredes delgadas, ca. 3 mm de ancho. **Semillas** dispuestas de manera irregular en todo el fruto, lenticulares, marrón-oscuro; región arilo lateral muy irregular; región hilo-micropilar basal; testa lisa, de ca. 3 mm de diámetro; funículos azucares acumulados.

Número cromosómico: De acuerdo con (Pinkava, 1973) esta especie es generalmente tetraploide $n=44$, pero posteriormente encontró heptaploides $n= 77$ y octoploides $n=88$.



Fig. 25. *Opuntia ficus-indica*. **A.** Planta arbustiva con frutos inmaduros. **B.** Cladodios juveniles, hojas basales verdes, en posición ascendente, sin espinas. **C.** Botones florales, cilíndricos, espinas cerosas, amarillas y rosadas. **D.** Vista lateral de una flor amarilla, con hojas basales subuladas. **E.** Vista interna de una flor mostrando lóbulos del estigma y estambres. **F.** Cladodio, con frutos inmaduros, piriformes a obovados. **G.** Cladodio recubierto de cera, con frutos maduros, piriformes a obovados. **H.** Corte longitudinal y transversal de frutos maduros, vista exterior e interior. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

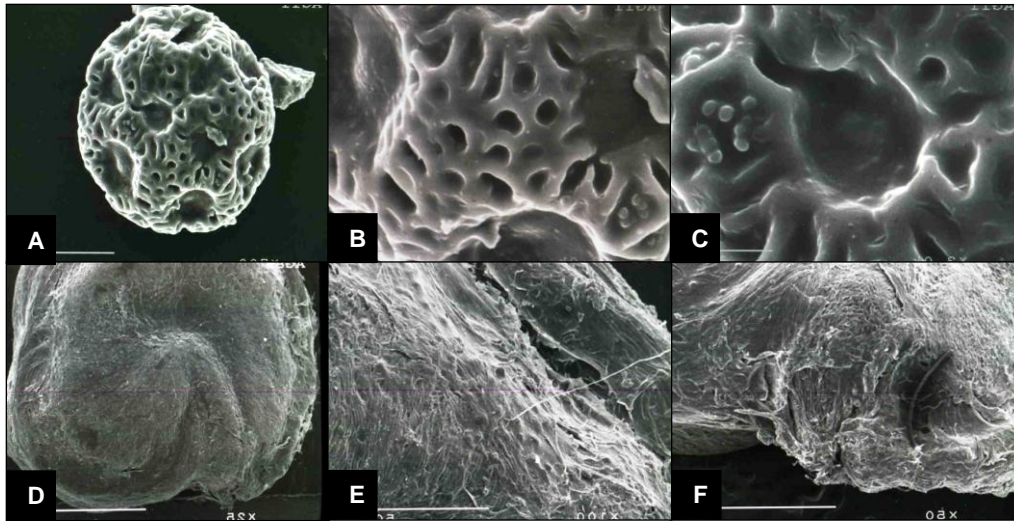


Fig. 26. *O. ficus-indica*. **A.** Grano de polen, 20 poros (X 800). **B.** Reticulo del grano de polen, semitectado, muros glabros (X500). **C.** Poro del grano de polen, liso, presenta pegamento polinico (X3000). **D.** Semilla lenticular (X25). **E.** Región arilo lateral y testa (X100). **F.** Región hilo-micropilar hundida (X50). (Foto: M. en C. Berenit Mendoza I.B.-UNAM).

MATERIAL DE HERBARIO EXAMINADO:

HIDALGO. Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 61" Long. W 98° 22' 721". Alt. 2310 msnm A.G. 11 - L.S. 7816, (MEXU).

Tipo de vegetación: Matorrales xerófilos y todo tipo de clima.

Altitud: 2335 a 2680 m.

Fenología: Florece de abril a mayo

Usos: Es, entre las cactáceas, la de mayor importancia agronómica, tanto por sus sabrosos frutos como por sus tallos que sirven de forraje o pueden ser consumidos como verdura. El mejoramiento genético que ha sufrido se remonta a la época prehispánica; los cronistas de indias ya relatan sobre estas plantas -y sus frutos-, que fueron llevadas a España posiblemente en el primer o segundo viaje de Colón a América, aunque el primer registro cierto es para México, en 1515 (según la crónica de Fernández de Oviedo de 1535, reproducida en López-Piñero, 1992).



Conservación: *O. ficus-indica*, es una especie muy abundante y cultivada ampliamente en todo el mundo debido a su valor económico. Por esta razón no hay programas de conservación hacia para especie, ni se encuentra protegida dentro de alguna ANP. Pero se encuentra resguardada dentro de una colección privada en el estado de Hidalgo, municipio de Villa de Tezontepec.

CITES

Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice II del CITES, lo que permite con pleno conocimiento de la SEMARNAT, la cosecha de flores, semillas, polen y la obtención de cladodios para su propagación.

NOM-059-ECOL-2010

No está citada.

IUCN

No está citada.



Ficha 10

Nombre científico: *Opuntia nigrita* Griffiths, 1920.

Tipo: México, Este de Aguascalientes, cerca del pueblo de Aguascalientes; 16 Spe 1905, *David Griffiths 8138*.

Etimología: Una variante del adjetivo en Latín *nigratus*, negruzco, participio pasado de *nigrare*, ser negro. *Opuntia* con aréolas negras (Crook y Mottram, 2001). **Holotipo:** M.O. Tomado de un espécimen cultivado del Tipo.

Nombre común: Tuna colorada, tuna negrita de cerro.

Colecciones de referencia: ENCB, IEB, IBUG, MEXU.

Descripción de la especie:

Habito arbustivo, ramificación abierta, hasta 1.70 m de altura. **Tronco** inconspicuo, de color marrón-amarillento escamoso, cuando bien definido, presenta de 2-3 m de altura, con espinas numerosas. **Cladodios** verde-oscuros, circulares u obovados, anchamente redondeados en la parte superior, de (20-) 25 x 17 (-40) x ca. 2.5 cm, recubiertos de una capa cerosa grisácea. **Epidermis** glabra, pero con microverrugas detectadas bajo microscopio electrónico de barrido. **Aréolas** 10–12 series, subcirculares, de ca. 5 X 3 mm, con fieltro corto, de color marrón-oscuro, distantes ca. 2 cm entre sí. **Glóquidas** en la parte superior de la aréola, de 2-3 mm de largo pero con la edad se desarrolla otro haz en la parte central, hasta de 1 cm de largo, marrón pasando a negras con la edad. **Espinas** 2-4 (-6), blancas pasando a negras con la edad, de 15-25 mm de largo, divergentes y reflejas, además contienen 2 espínulas en la parte inferior de la aréola, delgadas, fugaces, pilosas, de ca. 5 mm de largo. **Cladodios juveniles** circulares a obovados, podarios prominentes en la parte superior del cladodio, aréolas con fieltro marrón claro, rodeadas de una tonalidad purpúrea, hojas basales uncinadas, reflejas, verdes con el ápice purpúreo, espinas 0-1, porrectas, hasta 3 mm de largo, blancas y muy flexibles. **Flores** amarillas, con ligeros tintes rojizos, de ca. 5.5 cm de largo; pericarpelo subgloboso, de 3.5 x 3.0 cm; aréolas dispuesta en 5 series; hojas basales rojizas, subuladas y uncinadas; segmentos exteriores del perianto espatulados, con ápice apiculado y bordes enteros, segmentos interiores amarillos con banda media rojiza, obtusos, emarginados, con bordes dentados; estambres 1/3 del largo del pericarpelo, filamentos y anteras amarillas; estilo amarillo, cuniforme, ca. 2.0 cm longitud, lóbulos del estigma 6-8, verdosos, papilosos de ca. .5 mm de longitud. **Granos de polen** hexagonal o pentagonal, 16 poros, semitectado, muros anchos, con microverrugas y pared interior ondulada. **Frutos** subglobosos, de 4.8 x 5.5 cm, aréolas grandes obovadas, dispuestas en 5 series, distantes 8 mm y las aréolas distantes entre sí 6 mm, glóquidas marrón-rojizas, dispuestas en la parte superior de la aréola, cicatriz floral poco profunda (3 mm), estriada, cáscara delgada, rojo-purpúreo cuando madura, pulpa rojiza y más oscura alrededor de las semillas, cámara ovárica ampliamente distribuida en todo el fruto, funículos muy jugosos y poco dulces, paredes de la pulpa delgadas ca. 2 mm. **Semillas** dispuestas de manera irregular en todo el fruto, deltoides, amarillas, región hilo-micropilar basal a la izquierda; arilo lateral de ancho irregular, de ca. 3mm de diámetro.



Fig. 27. *Opuntia nigrita*. **A.** Planta arbustiva con frutos inmaduros. **B.** Cladodios juveniles, con podarios prominentes y espina 1, blanca ascendente. **C.** Botones florales, con podarios prominentes y escama basal con el ápice reflejo. **D.** Botones florales con tintes rosados en el ápice de los segmentos del perianto y flor en antesis vista lateral. **E.** Vista interior de una flor en antesis, mostrando segmentos interiores del perianto, lóbulos del estigma y estambres. **F.** Frutos maduros. Vista exterior; vista interior (corte longitudinal y transversal), pulpa rojo-purpúrea, paredes delgadas. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

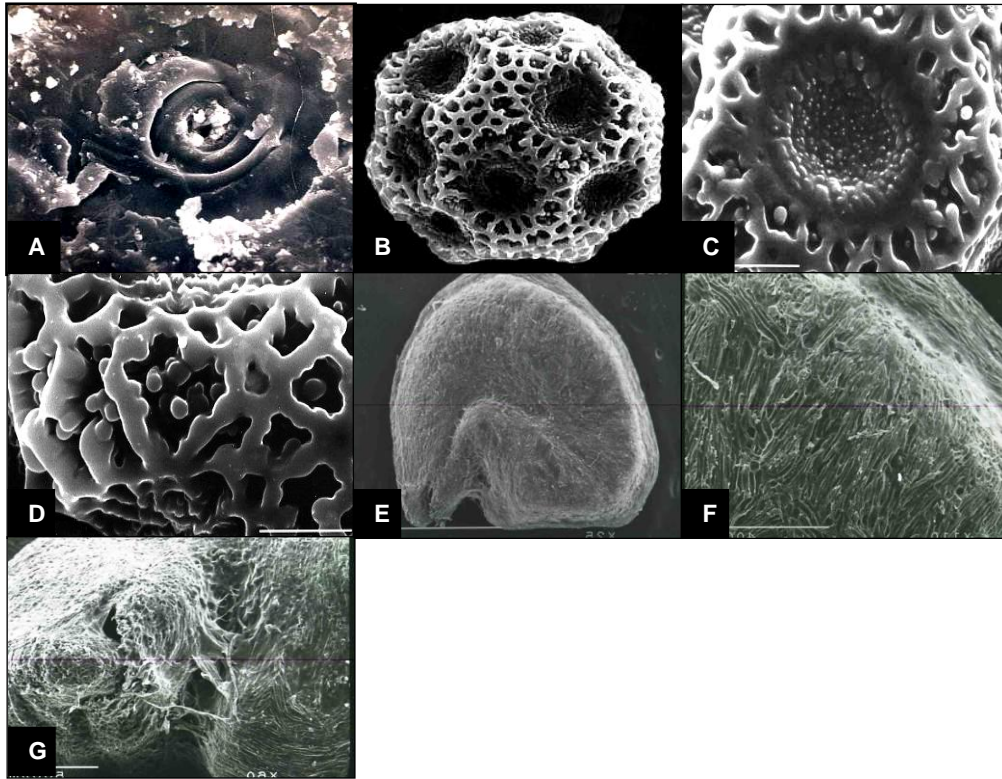


Fig. 28. *Opuntia nigrita*. **A.** Epidermis glabra y estoma tetracítico abierto, ligeramente hundido, con cera cuticular y microverrugas (X540). **B.** Grano de polen, 16 poros (X540). **C.** Poro de un grano de polen (X180). **D.** Retículo irregular, con escasas microverrugas, pared interior ondulada, pegamento polínico visible (X540). **E.** Semilla deltoide, con una depresión en la parte media en forma de ala, región hilo-micropilar basal, hacia la parte izquierda (X25). **F.** Arilo lateral y testa (X150). **G.** Región hilo-micropilar, testa con células alargadas, anastomosadas (X60). (Foto: M. en C. Berenit Mendoza I.B.-UNAM).

MATERIAL DE HERBARIO EXAMINADO:

HIDALGO: Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 25' 56" Long. W 98° 58' 03". Alt. 2252 msnm, A.G. 13 - L.S. 7866 (MEXU).

Tipo de vegetación: matorral xerófito crasicaule y bosque tropical caducifolio (Rzedowski 1978).

Altitud: 2252 a 2310 m.

Fenología: Florece de abril a mayo y fructifica de agosto a octubre.

Usos: Cladodios juveniles usados como verdura, cladodios maduros como forraje para ganado.



Conservación: Actualmente no existe un programa de conservación para *O. nigrita*, por lo que se encuentra muy vulnerable a las actividades humanas principalmente, pero está protegida dentro de una colección privada en el estado de Hidalgo, municipio de Villa de Tezontepec.

CITES

Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice II del CITES, lo que permite con pleno conocimiento de la SEMARNAT, la cosecha de flores, semillas, polen y la obtención de cladodios para su propagación.

NOM-059-ECOL-2010

No está citada.

IUCN

No está citada.

Mapa: Respaldo por la Base de datos: “Especies Silvestres de Nopales Mexicanos”, con 5700 registros.



Fig. 29. *O. nigrita*. Distribución geográfica (Gaytan, 2010).



Ficha 11

Nombre científico: *Opuntia streptacantha* Lem., 1939. x *Opuntia megacantha* Salm-Dyck, 1834. f. hort. nov.

Nombre común: Chichimequilla.

Descripción de la especie:

Hábito arbustivo, hasta 1.80 m de altura. **Tronco** corto, ca. 30 cm de largo y ancho, corteza marrón-amarillenta. **Epidermis** glabra, células epidérmicas irregularmente alargadas, rectangulares, con paredes periclinales poco a muy onduladas y las anticlinales convexa; estomas emergentes a ligeramente hundidos, dispuestos en líneas paralelas, tetracíticos. **Cladodios** largamente obovados, de 30-40 x 15-20 x 1.5-2 cm, de color verde-amarillento, cubierto de una capa cerosa grisácea. **Aréolas** 7- 8 series, angostamente piriformes, de 3-5 x 2-4 mm, con fieltro corto, marrón-amarillento. **Glóquidas** dispuestas en la parte superior de la aréola, cortas, amarillas, con el ápice ambarino. **Espinas** 1-3 (- 5), principalmente en los bordes, ausentes en la parte inferior de los cladodios, subuladas, desiguales, torcidas, de 4 cm de largo, marrón de la base y ápice, amarillas en la parte media, las radiales divergentes y 1 central, refleja o porrecta. **Cladodios juveniles** largamente obovados, con tubérculos ligeramente marcados, aréolas con fieltro amarillo claro, hojas basales ascendentes, color verde-amarillento con el ápice marrón, espinas 1 (-2), refleja, la segunda ascendente, blancas, flexibles. **Flores** amarillas, de 7-8.5 cm de largo, pericarpelo angostamente obovado, muy largo, de ca. 5 x 2.5 cm, con aréolas dispuestas de 5-7 series, distantes 2.5 mm entre sí, escama basal crasa; segmentos exteriores del perianto espatulados, con ápice apiculado, purpúreo, bordes color amarillo pálido, banda media ligeramente verdosa, con tintes purpúreos; segmentos interiores amarillos, con brillo metálico intenso, bordes superiores rectos, dentados, mucronados, estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos amarillo-verdosos y anteras blancas; estilo cuneiforme, ca. 2 cm de largo, blanco-amarillento, lóbulos del estigma de 7-9, papilosos, de ca. 4 mm de largo, verdes con estría mediana rosada, cámara ovárica largamente elíptica. **Granos de polen** poligonales, suprareticulado, semitectado, poros 12, muros glabros. **Frutos** piriformes, elipsoides u obovados, de 9.5 x 5.5 cm, cáscara delgada, rosa-purpúreo cuando madura, aréolas grandes circulares u obovadas, dispuestas en 4 series, distantes 17 mm y las aréolas distantes entre sí 12 mm, espinas ausentes, glóquidas dispuestas en la parte central de la aréola, rojizas, pulpa del mismo color que la cáscara y rosa pálido alrededor de las semillas, cámara ovárica ampliamente distribuida en todo el fruto, paredes de la pulpa delgadas, ca. 2 mm, cicatriz floral profunda (5 mm), estriada y ondulada. **Semillas** dispuestas de manera irregular en todo el fruto, lenticulares, poligonales, marrón-amarillentas, tasa del hilo sub-basal hundida; arilo lateral muy ancho, de ca. 4 mm; funículos muy jugosos, dulces. En el mismo cladodio se observan frutos de dos tipos, unos dulces de paredes delgadas (tunas), otros agridulces de paredes gruesas (xocotunas), lo que confirma que se trata de una especie híbrida.

Número cromosómico: No estudiado



Fig. 30. *Opuntia streptacantha* x *Opuntia megacantha* f. hort. nov. **A.** Planta arbustiva con tronco muy corto y frutos inmaduros. **B.** Cladodio juvenil, largamente obovado, con podarios subcirculares, espinas blancas 1, blanca, ascendentes. **C.** Botón floral, pericarpelo dos veces más largo que el perianto y flor en anthesis, vista lateral. **D.** Vista interior de la flor en anthesis. **E.** Corte longitudinal de una flor, mostrando sus órganos internos. **F.** Diversas formas de los frutos inmaduros. **G.** Corte longitudinal de un fruto inmaduro. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

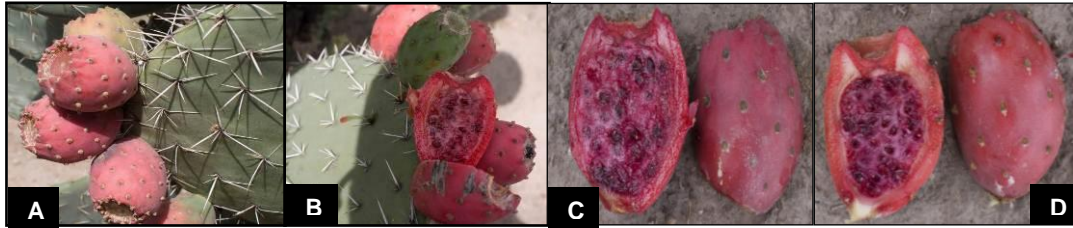


Fig. 31. *Opuntia streptacantha* x *Opuntia megacantha* f. hort. nov. **A.** Cladodio con espinas características de *O. megacantha* y frutos maduros. **B.** Cladodio con espinas características de *O. streptacantha* y frutos maduros. **C.** Fruto maduro, con características de una tuna, paredes de la pulpa delgadas y funículos jugosos, dulces (tuna). **D.** Fruto maduro, con características de xocotuna: paredes gruesas y funículos semisecos. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

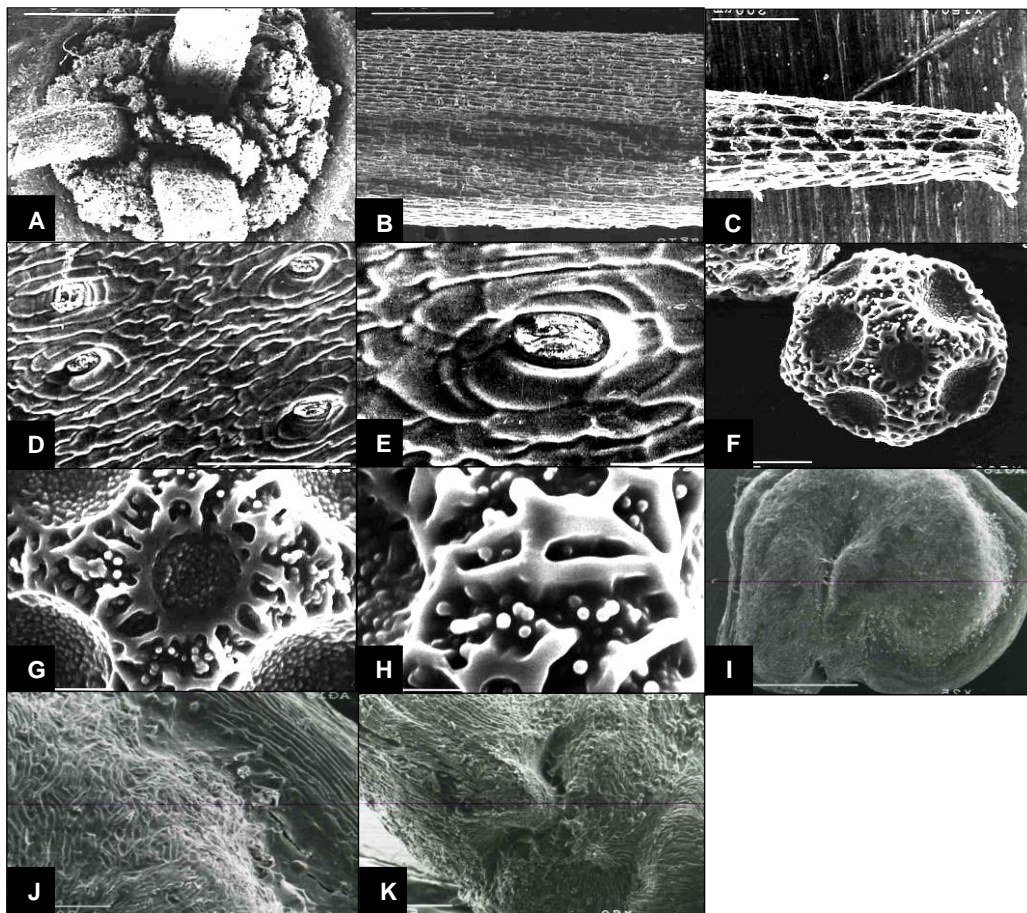


Fig. 32. *Opuntia streptacantha* x *Opuntia megacantha* f. hort. nov. **A.** Aréola circular con fieltro y base aplanada de tres espinas (X25). **B.** Parte media de una espina, formando cadenas paralelas de células, con espacios intercelulares (X180). **C.** Ápice roto de una espina, con escamas aplanadas, adpresas a la superficie, en hileras paralelas (X125). **D.** Epidermis y aparato estomático tetracítico (X250). **E.** Estoma emergente sobre las células epidérmicas (característica de sequía en *Opuntia*) y células epidérmicas oblongas, dispuestas en series paralelas, paredes anticlinales muy onduladas, anchas (X600). **F.** Grano de polen, octagonal (X900). **G.** Poro de un grano de polen; muros desiguales, delgados y glabros (X1.5K). **H.**



retículo discontinuo, muros con escasas microverrugas (X3.0 K). **I.** Semilla lenticular, región hilo-micropilar basal con una proyección que la cubre, arilo lateral de irregular ancho con una depresión en forma de ala en la parte mediana (X25). **J.** Región arilo lateral, muy ancha con drusas de oxalato de calcio entre la testa y el arilo lateral. Testa con trabeculas irregularmente dispuestas (X150). **K.** Región hilo-micropilar. (X60). (Foto: M. en C. Berenit Mendoza I.B.-UNAM).

MATERIAL DE HERBARIO EXAMINADO:

HIDALGO. Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 61" Long. W 98° 22' 721". Alt. 2324 msnm, A.G. 2 - L.S. 7807 (MEXU). Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 80" Long. W 98° 22' 726". Alt. 2327 msnm, A.G. 10 - L.S. 7844 (MEXU).

Distribución Geográfica: Planta exclusiva del estado de Hidalgo.

Tipo de vegetación: Matorrales xerófilos y en pastizales,

Altitud: 2324 m.

Fenología: florece en marzo y abril y fructifica de junio hasta finales de octubre.

Usos: La utilizan como una fruta de temporada, muy valorada por su estacionalidad y dulce sabor. También se consume el jugo de los frutos, cortados en rodajas, se cubren de azúcar y se dejan reposar durante varias horas, dando lugar a un jarabe que se puede tomar frío, solo o mezclado con frutas. La tuna se utiliza para mermeladas, jugos, licores y como láminas deshidratadas. En zonas áridas y semiáridas se usa para forraje y como fuente de agua para el ganado.

CITES

Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice II del CITES, lo que permite con pleno conocimiento de la SEMARNAT, la cosecha de flores, semillas, polen y la obtención de cladodios para su propagación.

NOM-059-ECOL-2010

No está citada.

IUCN

No está citada.



Cuadro 3. Comparación entre las características de *O. streptacantha*, *O. megacantha* y el taxón procedente de Villa de Tezontepec (AG15) *O. streptacantha* x *O. megacantha* f. hort. nov. En letras negritas se observan las características propias del híbrido, distintas de las dos especies que la originaron.

Carácter	<i>O. streptacantha</i>	<i>O. megacantha</i>	<i>O. streptacantha</i> x <i>O. megacantha</i> (AG15)
Hábito	Arbóreo hasta 6 m	Arbustivo, hasta 1.18 m	Arbustivo hasta 1.80 m
Corteza del tronco adulto	Textura lisa, verde-amarillenta	Textura escamosa, color verde	Textura lisa verde-amarillenta
Forma del cladodio	Obovado	Obovado con la base angosta	Largamente obovado
Color del cladodio	Verde-glaucos	Verde-oscuro	Verde-amarillento
Número de series de aréolas	10-11	12-13	7-8
Morfología de las aréolas	Obovadas y elípticas	Elípticas	Piriformes
Número de espinas	2-4 (-6)	4-5 (-6)	1-3 (-5)
Morfología de las espinas	Divergentes dirigidas hacia afuera	Radiadas, formando una armadura	Divergentes dirigidas hacia fuera y radiadas, formando una armadura
Color de las glóquidas	Castaño-amarillentas	Marrón	Amarillas con el ápice ambarino
Longitud de la flor	7 cm	8 cm	8.5 cm
Color de la flor	Amarillas con tintes rojizos	Amarillas	Amarillas
Número de poros en el grano de polen	18	12	12
Forma del fruto	Obovado	Obovado	Elipsoides u obovados
Color del fruto	Rojo	Rojo-oscuro	Rosa-purpúreo
Dimensiones del fruto (cm)	6 x 5	6.5 x 5	9.5 x 5.5
Semillas	Reniformes y lenticulares	Lenticulares	Lenticulares



Ficha 12

Nombre científico: *Opuntia albicarpa* Scheinvar, 1993.

Tipo: México, Puebla, Mun. Felipe Ángeles, entre Acatzingo y el Seco, 2250 msnm, 27. XI. 1993, L. Scheinva 6077.

HT: MEXU; **IST:** UACHAP

Nombre común: Nopal de Alfajayucan, blanca de Alfajayucan, reina (Crook y Mottram, 2001).

Descripción de la especie:

Hábito arbóreo, hasta 5 m de altura, copa amplia. **Tronco** bien definido, de ca. 1 x 30 cm, corteza amarilla-grisácea. **Epidermis** glabra. **Cladodios** verde-amarillentos-glaucos, obovados, de 48 x 24 x 3 cm, recubiertos de una capa cerosa, dispuesta en placas irregulares. **Aréolas** dispuestas en 10-11 series, anchamente elípticas a subglobosas, de ca. 4 mm de largo, aumentado de dimensiones en el tronco, con lana de color de marrón-oscuro. **Glóquidas** dispuestas en la parte superior de la aréola, marrón-oscuro. **Espinas** (0-) 1-3 (-5), ausentes en la base del cladodio, rígidas, aciculares, aplanadas y torcidas, divergentes y porrectas, de 3-5 cm de largo, blancas con el ápice ambarino. **Cladodios juveniles** obovados, con tubérculos poco prominentes, aréolas con fieltro marrón, hojas basales subuladas, ligeramente aplanadas de 4-5 mm de largo, verdes con el ápice purpúreo, presenta 1-2 espinas de ca. 5 mm de largo, flexibles, con la base y ápice amarillo-verdosos. **Flores** amarillas a anaranjado-rojizas al final de cada día, de ca. 8 cm de largo, pericarpelo obovado, de 5 x 3 cm, con aréolas dispuestas en 5 series, provistas de lana de color marrón oscuro y glóquidas del mismo color; hojas basales rojo-amarillentas, subuladas y uncinadas; segmentos exteriores del perianto amarillos con estría media verdosa, mucronados, apiculados y bordes enteros; segmentos interiores amarillos, emarginados y dentados; estambres 1/3 del largo del perianto; filamentos purpúreos en la parte inferior y amarillos de la parte superior, anteras amarillas; estilo cuneiforme de ca. 2.5 cm, blanco, lóbulos del estigma 8-10, papilosos, de ca. .5 cm de diámetro, verdes. **Granos de polen** poligonales, reticulados, tectados, con 16-18 poros, ca. 90 µm de diámetro, muros delgados, con microverrugas. **Frutos** angostamente obovados, de 9 x 6 cm, exocarpo de 5 a 7 mm de ancho, verde-limón o blanco-verdoso, recubierto por una capa cerosa que le da un brillo intenso, internamente blanco-verdosos; aréolas dispuestas en 7 series, subcirculares a anchamente obovoides, de 3-4 mm de diámetro, distantes de 12-14 mm entre sí, con lana amarillenta y glóquidas de color marrón-rojizo, cicatriz floral casi plana y estriada. **Semillas** abundantes, piriformes, discoidales a ovoides, angulosas, de ca. 5 x 4 mm, amarillo-grisáceas, con arilo lateral irregular, testa rugosa; funículos jugosos y muy dulces.

Número cromosómico: No estudiado.



Fig. 33. *Opuntia albicarpa*. **A.** Planta arbórea con frutos maduros. **B.** Cladodio juvenil, largamente obovado. **C.** Botones florales, vista lateral. **D.** Vista exterior de una flor. **E.** Vista interior de una flor, lóbulos estambres y anteras amarillas. **F.** Corte longitudinal de una flor, vista interior, vista exterior. **G.** Fruto maduro, obovado verde-amarillento. **H.** Fruto maduro, vista exterior de la cicatriz floral. **I.** Corte longitudinal de un fruto maduro, con paredes delgadas y pulpa blanca. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

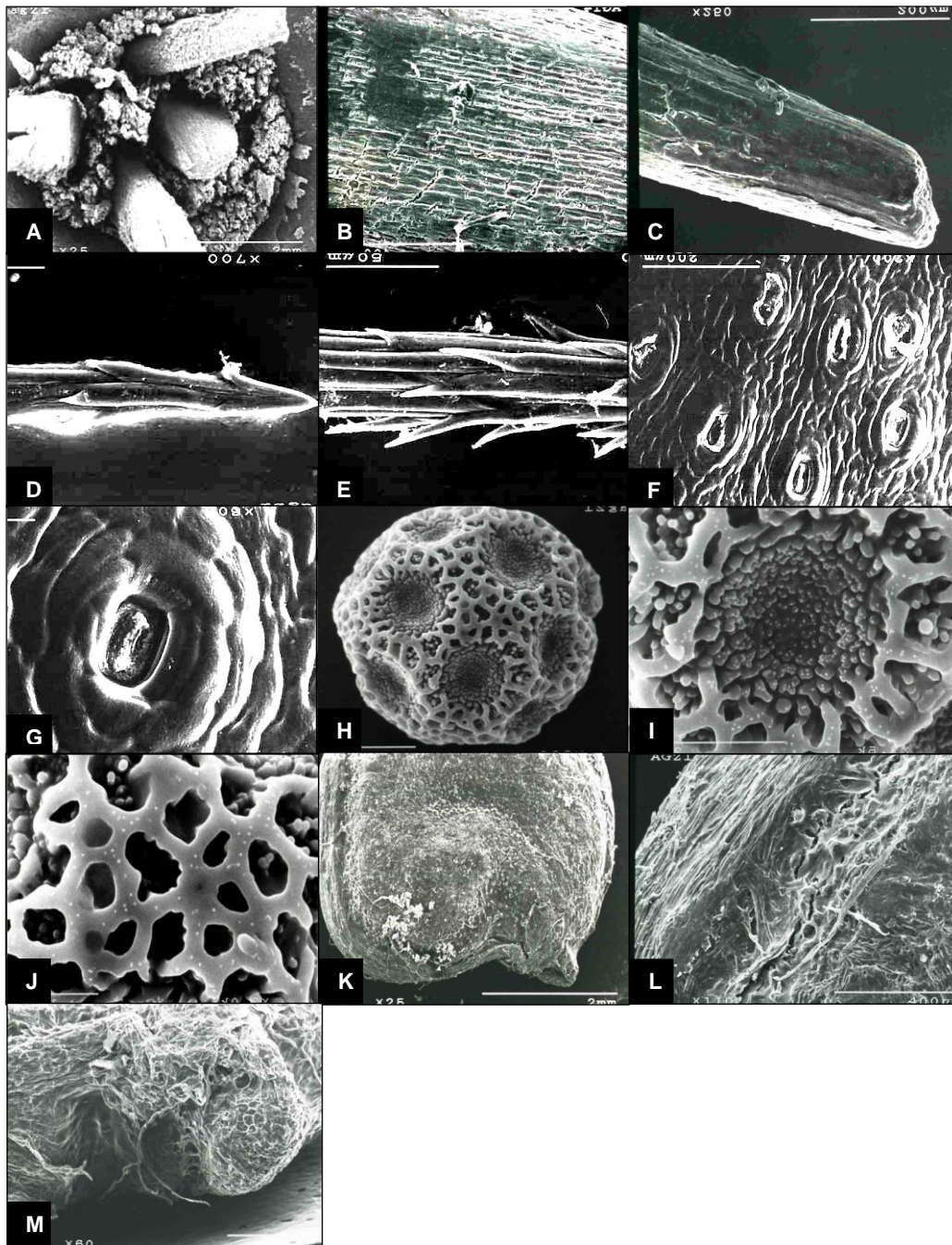


Fig. 34. *Opuntia albicarpa*. **A.** Aréola, con fieltro y cuatro espinas centrales. (X30). **B.** Parte media de una espina, células delgadas y alargadas dispuestas en hileras es con espacios intracelulares (X125). **C.** Ápice de una espina con escamas alargadas y adpresas a la superficie de la espina (X250). **D.** Ápice de una glóquida, triangular, escamas oblongas poco numerosas y ligeramente elevadas. (X700). **E.** Parte media de una glóquida con escamas imbricadas, una más grande que la otra (X600). **F.** Epidermis glabra, con aparato estomático ligeramente hundido (X250). **G.** Estomas dispuestos líneas paralelas, tetracíticos, células epidérmicas oblongas con paredes anticlinales onduladas. (X500). **H.** Grano de polen poligonal (X900). **I.** Poro de un grano de polen



(X1.5K). **J.** Pared reticulada de un grano de polen con microverrugas (X3.0K). **K.** semilla lenticular, región hilo-micropilar basal lateral (X25). **L.** Arilo lateral ancho (X150). **M.** Región hilo-micropilar poco hundido (X60). (Foto: M. en C. Berenit Mendoza I.B.-UNAM).

HIDALGO: Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 61" Long. W 98° 22' 721". Alt. 2310 m. A.G. 21 - L.S. 7806 (MEXU).

Distribución Geográfica: Se supone que existía de manera silvestre en Alfajayucan, Hidalgo, de donde derivó su nombre vulgar, actualmente es intensamente cultivada para producir la tuna comercializada en la ciudad de México y en los estados de México, Puebla, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Jalisco, Aguascalientes y Michoacán. En el Estado de México, San Martín de la Pirámides y San Juan Teotihuacán se observa el cultivo intensivo de esta especie en todos los campos agrícolas. Actualmente en el Estado de Querétaro se encuentra cultivada y naturalizada.

Tipo de vegetación: Matorral Xerófilo crasicaule y cultivada (Sheinvar, 2004).

Altitud: 1800 a 2500 m.

Fenología: Florece de abril a julio y fructifica de septiembre a mediados de noviembre.

Usos: Cladodios juveniles usados como verdura (nopalitos). Fruta fresca de temporada; también se exporta a los Estados Unidos de América.

Conservación: No existe un programa de conservación para *O. albicarpa*, ya que es una especie hortícola muy valorada por sus frutos, mismos que son comercializados en todo el país y exportados al extranjero, a pesar de esto se encuentra protegida dentro de una colección privada en el estado de Hidalgo, municipio de Villa de Tezontepec.

CITES

Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice II del CITES, lo que permite con pleno conocimiento de la SEMARNAT, la cosecha de flores, semillas, polen y la obtención de cladodios para su propagación.

NOM-059-ECOL-2010

No está citada.

IUCN

No está citada.



Ficha 13

Nombre científico: *Opuntia amarilla* Griffiths, 1919.

Tipo: México, San Luís Potosí, San Miguel de Allende, *David Griffiths No. 8032*, 27/VIII/1912, Boll, Bot, Clase, 4(5): 206: 1919.

Etimología: Se refiere al color amarillo del fruto (Crook y Mottram, 2001).

Nombre común: Tuna amarilla.

Descripción de la especie:

Hábito arbóreo, ca. 1.80 m de altura, copa abierta. **Tronco** corto, ca. 30 cm de ancho, corteza amarillenta, escamosa. **Epidermis** glabra. **Cladodios** glaucos, obovados a largamente obovados, de 25-35 x 12-20 x 3 cm, cubierto de una capa cerosa grisácea. **Aréolas** en 7-8 series, circulares, obovadas a elípticas, de 5 x 3 mm, con fieltro corto, de color marrón-oscuro. **Glóquidas** dispuestas en la parte superior de la aréola, de ca. 1mm de longitud, amarillo-claras, caducas. **Espinas** 2-5, incrementándose el número en los bordes y en los cladodios con la edad, aplanadas, torcidas y cilíndricas, divergentes, apuntando en todas direcciones, 1 central porrecta, alcanzando un máximo de longitud de ca. 3-4 cm, 2 ascendentes de ca. 2 cm, 2 reflejas de ca. 1 cm, blancas, con el ápice translucido. **Cladodios juveniles** obovados, con tubérculos poco marcados; aréolas subcirculares, elípticas u obovadas, fieltro marrón-claro, hojas basales verdes con el ápice rojizo, ascendentes, subuladas, uncinadas; espinas 1, blanca, ascendente, **Flores** amarillas, de ca. 8 cm de largo, pericarpelo largamente obovado de 5.0 x 2.6 cm, con aréolas dispuestas en 4 series, hojas basales verdes, subuladas y uncinadas; segmentos exteriores del perianto amarillos con amplia banda media verde y ápice rojizo, obovados, espatulados, profundamente emarginados; segmentos interiores amarillos con banda mediana rojiza, emarginados y dentados; estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos amarillos-verdosos y anteras blancas; estilo cuneiforme de ca. 2.5 cm de largo, ligeramente rosado, lóbulos del estigma 6-8, papilosos, de aprox. 0.5 mm de largo, verdes,. **Granos de polen** subglobosos, suprarreticulado, con 15 poros, muros verrugosos. **Frutos** anchamente obovados, 6 x 5 cm, amarilla-anaranjados, cáscara se desprende con facilidad, con aréolas grandes, distantes 10 mm, obovadas, dispuestas en 4 series, distantes 12 mm entre sí; espinas ausentes, glóquidas rojizas, dispuestas en la parte superior de la aréola, pulpa anaranjada, funículos muy jugosos y dulces, paredes de la pulpa de ca. 3 mm, cicatriz floral estriada, hundida ca. 5 mm. **Semillas** poco numerosas, dispuestas de manera irregular en todo el fruto, escasas, lenticulares, subcirculares, de ca. 4 mm de diámetro. amarillas, arilo lateral de irregular ancho; región hilo-micropilar basal, testa con depresión en la parte media.

Número cromosómico: No estudiado

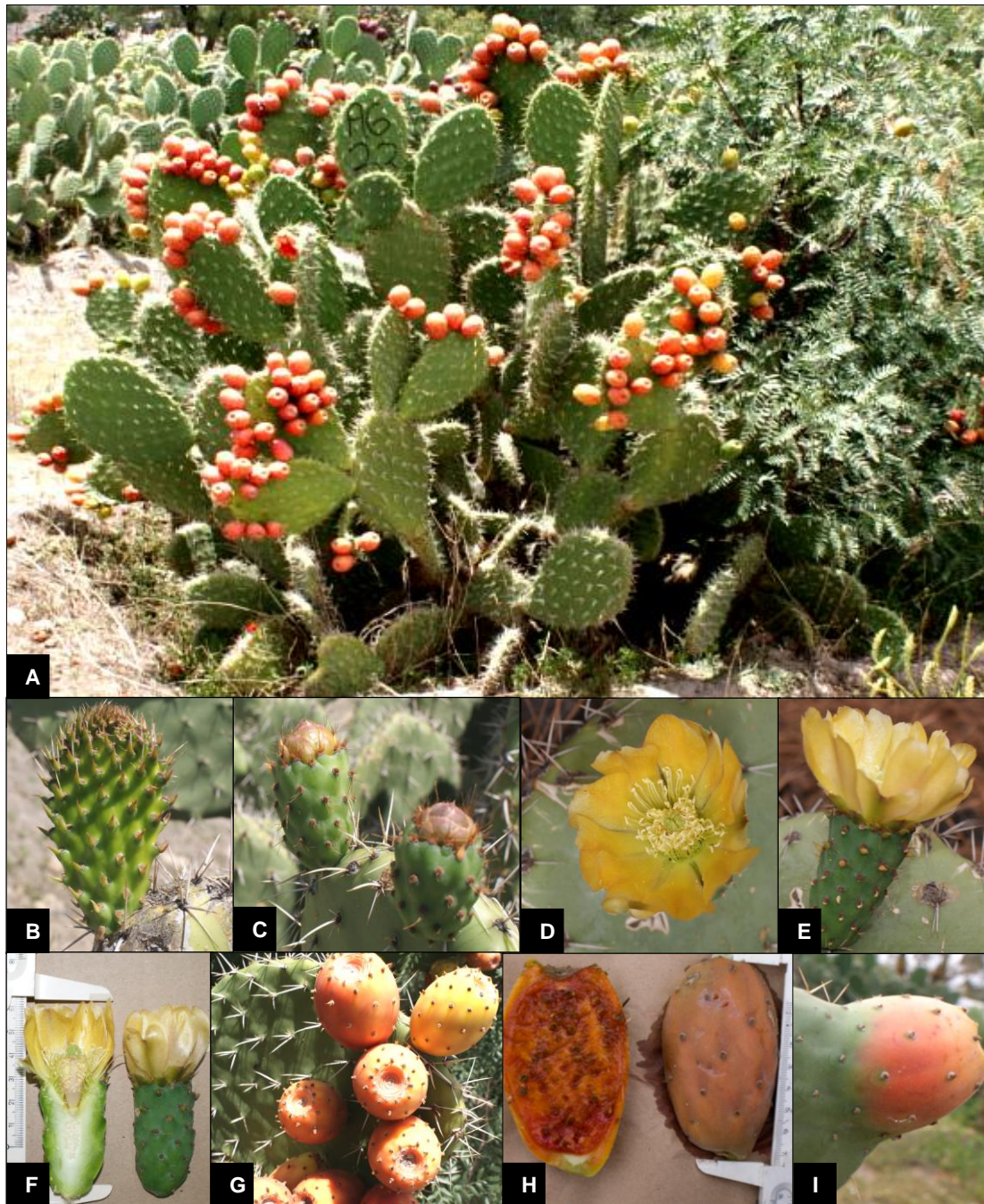


Fig. 35. *Opuntia amarilla*. **A.** Planta arbustiva con frutos maduros amarillos pasando a anaranjados. **B.** Cladodio juvenil, angostamente obovado, tuberculos formando un retículo espinas basales ascendentes. **C.** Botones florales obovados, ligeramente tuberculados, con hojas basales rojizas. **D.** Flor en antesis vista interior. **E.** Vista exterior de una flor. **F.** Corte longitudinal de una flor, mostrando sus órganos internos. **G.** Frutos maduros, obovados, amarillo-anaranjados. **H.** Corte longitudinal de un fruto maduro, vista interior y exterior. **I.** Cladodio con metamorfosis regresiva en un fruto maduro, lo cual indica que el fruto es un tallo modificado. Villa de Tezontepec, Hidalgo.

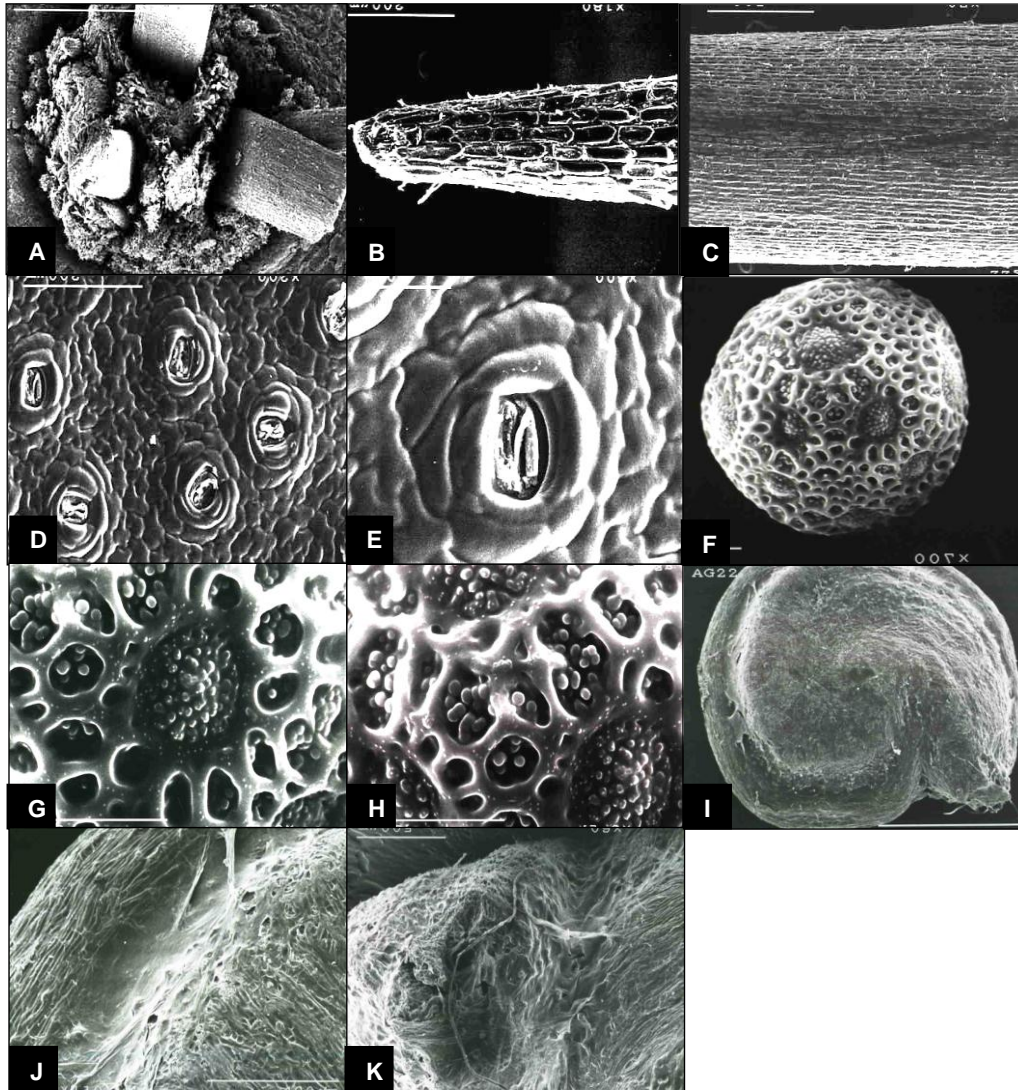


Fig. 36. *Opuntia amarilla*. **A.** Aréola circular con la base de cuatro espinas centrales (X25). **B.** Ápice de una espina, escamas adpresas, oblongas, el ápice obtuso (X125). **C.** Parte media de una espina con células angostas, dispuestas en líneas paralelas, con tricomas muy dispersos (X180). **D.** Epidermis glabra, con aparato estomático dispuesto de manera irregular (X250). **E.** Estoma ciclocítico, ligeramente hundido, rodeado de 3 series de células (X500). **F.** Grano de polen subgloboso (X700). **G.** Poro de un grano de polen, con abundante pegamento polínico (X2.5 K). **H.** Muros del grano de polen verrugosos (X2.5 K). **I.** Semilla lenticular, con depresión en la parte media, región hilo-micropilar basal lateral (X25). **J.** Arilo lateral ancho, con drusas (X150). **K.** Región hilo-micropilar (X60). (Foto: M. en C. Berenit Mendoza I.B.-UNAM).



MATERIAL DE HERBARIO EXAMINADO:

HIDALGO. Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 61" Long. W 98° 22' 721". Alt. 2324 m. A.G. 22 - L.S. 7864 (MEXU). Municipio: Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec Lat. N 19° 53' 80" Long. W 98° 22' 726". Alt. 2327 m. A.G. 10 - L.S. 7844 (MEXU).

Distribución Geográfica: se encuentra de forma cultivada en los estados de; Hidalgo, Puebla, San Luís Potosí y Zacatecas.

Tipo de vegetación: matorrales xerófilos y en pastizales,

Altitud: 2327 m.

Fenología: florece de marzo a abril y fructifica de junio hasta finales de septiembre.

Usos: La utilizan como una fruta exquisita, valorada por su estacionalidad y su dulce sabor. La tuna se utiliza para mermeladas, jugos, licores y como láminas deshidratadas. En zonas áridas y semiáridas se usa para forraje y como fuente de agua para el ganado.

Conservación: Actualmente no existe un programa de conservación para *Opuntia amarilla*, por ser una especie hortícola, pero se encuentra resguardada dentro de una colección privada en el estado de Hidalgo, municipio de Villa de Tezontepec.

CITES

Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice II del CITES, lo que permite con pleno conocimiento de la SEMARNAT, la cosecha de flores, semillas, polen y la obtención de cladodios para su propagación.

NOM-059-ECOL-2010

No está citada.

IUCN

No está citada.



8.1 Análisis bromatológico

Se analizó la composición química de los cladodios de cada especie encontrada procedentes de Villa de Tezontepec, (Cuadro 4). Como elemento de comparación se incluye la bromatología del maíz (*Zea mays*), por ser uno de los cereales de mayor producción a nivel mundial y por su versatilidad alimenticia en México.

Cuadro 4. Composición química de los cladodios de las 13 especies productoras de tunas y de *Zea mays*, en negritas los valores más altos y más bajos.

Especie	Ms	PC	C	G	F	L	Ca	P
<i>Zea mays</i>	100	8.5	4.0	3.0	2.5	0.24	0.02	0.10
<i>Opuntia sarca</i>	100	8.4	21.9	2.5	9.2	5.2	3.8	0.23
<i>O. lasiacantha xO. streptacantha</i>	100	11.8	26.0	2.0	15.7	5.3	4.4	0.20
<i>O. streptacantha</i>	100	5.7	19.3	2.0	17.5	3.2	3.4	0.20
<i>O. streptacantha subsp aguirrana</i>	100	6.6	20	2.1	8.5	4.7	3.7	0.47
<i>O. pachona</i>	100	6.9	33.3	2.0	29.5	4.5	6.0	0.38
<i>O. guerrana</i>	100	3.9	26.2	2.4	15.8	6.6	7.39	0.11
<i>O. larreyi</i>	100	3.9	26.2	2.4	15.8	6.6	7.39	0.11
<i>O. lasiacantha</i>	100	6.2	26.3	2.0	17.1	3.8	4.8	0.14
<i>O. ficus</i>	100	8.3	30.7	0.16	8.4	3.5	4.0	0.10
<i>O. nigrita</i>	100	5.4	23.9	0.19	9.2	7.2	5.8	0.69
<i>O. streptacantha xO. megacantha</i>	100	9.6	28.9	2.0	14.6	4.7	4.9	0.18
<i>O. albicarpa</i>	100	6.2	19.6	0.18	9.7	5.4	3.6	0.45
<i>O. amarilla</i>	100	4.1	23.4	2.2	10.3	6.7	5.0	0.72

Ms – Materia seca (%). PC – Proteína Cruda (%). C – Cenizas (%). G – Grasas (%). F – Fibra (%).

L – Lisina (%). Ca – Calcio (%). P – Fósforo (%).

8.2 Conservación *ex situ* en el Jardín Botánico del IB-UNAM

Como parte del programa de conservación *ex situ* del Jardín Botánico del IB-UNAM, se cultivaron 13 ejemplares correspondientes a las especies estudiadas de nopales productores de tunas, procedentes del municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, las cuales se encuentran en perfecto estado en el camellón registrado con la clave OP7, perteneciente a los estados de Hidalgo y Puebla.

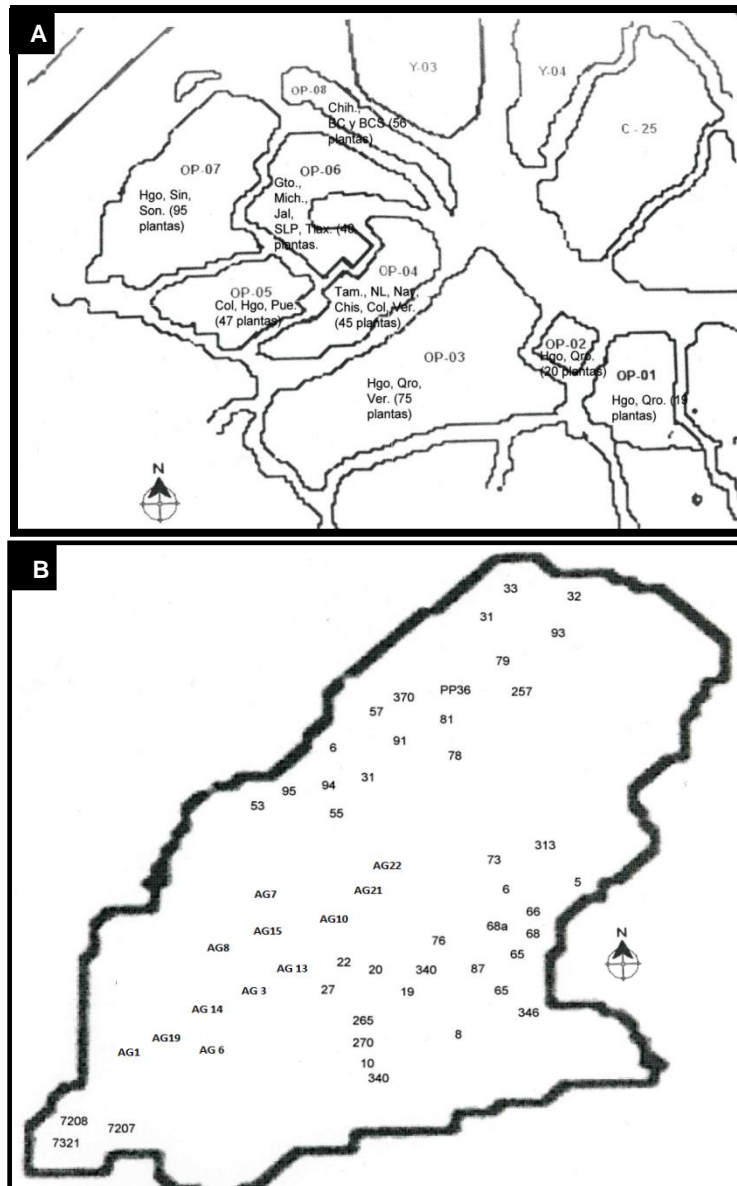


Fig. 37. **A.** Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos, *Opuntia* y *Nopalea* Jardín Botánico del IB-UNAM. **B.** Representación del camellón OP-7 donde se encuentran las plantas productoras de tunas descritas en este trabajo. (Mapas elaborados por el Biol. G. Olalde Biol. D. Sule y Miriam Mena).



9. Análisis de Resultados

De acuerdo a Scheinvar *et al.* 2010, en el continente Americano existen alrededor de 180 especies del género *Opuntia* y México resguarda poco más de 93 especies, que corresponde aproximadamente a la mitad del total de todas las especies descritas. Nuestro país es considerado dentro de los primeros lugares a nivel mundial en riqueza de especies y el género *Opuntia* no es la excepción (Mittermeier y Mittermeier, 1992). El estado de Hidalgo ocupa una extensión territorial de 20,846 km² que equivale al 1.1% del total del país. Para éste estado se tienen registros de 34 especies del género *Opuntia*. La zona de estudio ubicada en el estado de Hidalgo, corresponde uno de sus municipios conocido como Villa de Tezontepec, con una extensión territorial de 13,360 km² y representa el 0.0068% de la superficie del territorio nacional. De las colectas realizadas en la zona de estudio pertenecientes a tres salidas de prospección al campo, se encontraron 13 especies productoras de tunas dulces que corresponden al 38% del total de especies registradas para el estado de Hidalgo, de las cuales ocho fueron silvestres, tres cultivadas y dos nuevos híbridos productores de tunas dulces al parecer exclusivos de ésta región mismos que no fueron encontrados en la base de datos “Especies de Nopales Silvestres Mexicanos” (Scheinvar *et al.* 2010), ni referidas en la literatura consultada (cuadro 1). De las 13 especies de *Opuntia* reportadas en este estudio, siete de ellas son endémicas de México (cuadro 5).

Cuadro 5. Especies de *Opuntia* endémicas de México, presentes en Villa de Tezontepec.

-
1. *Opuntia guerrana*
 2. *O. larreyi*
 3. *O. lasiacantha*
 4. *O. nigrita*
 5. *O. pachona*
 6. *O. sarca*
 7. *O. streptacantha*
-



Una vez que se insertaron los datos debidamente georreferenciados de las especies de *Opuntia* colectadas en Villa de Tezontepec a la base de datos Especies de Nopales Silvestres Mexicanos (ENSM) y se realizaron los mapas de distribución geográfica para cada especie, se encontró que todos los nopales de la localidad ya mencionada, tienen una distribución que corresponde a la región centro-norte de nuestro país, además al sobreponer la capa de Áreas Naturales Protegidas (ANP) a los mapas de distribución se pudo observar que muchas de las especies de *Opuntia* se encuentran resguardadas en por lo menos un ANP, de esta manera se pudo documentar el status de conservación en cada especie y con el respaldo de la base de datos ENSM se obtuvo el número de registros de colectas reportados para cada planta a nivel nacional como se muestra a continuación.

Cuadro 6. Especies silvestres de *Opuntia* presentes en las Áreas Naturales Protegidas de los estados donde se distribuyen y el número de registros en el que se encuentran representados a nivel nacional.

ID	Especie	Registros	ANP
AG1	<i>Opuntia sarca</i>	21	Reserva de la biosfera de Tehuacan-Cuicatlan.
AG3	<i>O. streptacantha</i>	148	Reserva de la biosfera de Tehuacan-Cuicatlan, Distrito de riego No 43 y Sierra Gorda de Guanajuato.
AG5	<i>O. pachona</i>	38	Distrito de Riego No 43.
AG6	<i>O. guerrana</i>	26	Sierra de Quila, Gorgón y Barranca de Metztilan.
AG7	<i>O. larreyi</i>	27	Distrito de riego No 43, Sierra Gorda de Guanajuato y Pedregal de San Ángel.
AG8	<i>O. lasiacantha</i>	124	Distrito de riego No 43, Sierra de Álvarez, Sierra Gorda de Guanajuato, Barranca del Meztilan y Tehuacan-Cuicatlan.
AG10	<i>O. nigrita</i>	10	Sierra Gorda de Querétaro y parte del Desierto Chihuahuense.

Las especies silvestres de *Opuntia* en la zona de estudio que se encuentran mejor representadas en los mapas de distribución por el número de registros que las integran en la base de datos ENSM y por lo tanto en mayor abundancia son *Opuntia streptacantha* seguida de *O. lasiacantha* y la menos representada *O. nigrita* la cual presenta poblaciones muy reducidas, lo que la hace una especie muy vulnerable por la destrucción de su hábitat además de ser una especie poco estudiada.



Una de las especies híbridas está registrado en este trabajo con los números de colecta AG2 y AG10, conocida por los habitantes de la región como: “nopal de tuna rosa”, por presentar en sus frutos una tonalidad rosa muy intensa y llamativa. Sus funículos son muy jugosos y dulces lo que les confiere un agradable sabor; el pericarpo (cáscara) es muy delgado y resistente, carente de espinas y con pocas glóquidas. Las tunas de esta planta son muy abundantes y su cultivo puede tener gran potencial económico, si es explotado racionalmente por los habitantes de la región de Villa de Tezontepec, donde la totalidad de la producción en cuanto a tunas, está enfocada a *O. albicarpa* Scheinvar y a algunas otras especies productoras de xoconostles. Este híbrido, de acuerdo a sus características morfológicas presenta características que sugieren que se originó a partir del cruzamiento entre la *O. strepacantha* ssp. *aguirrana* x *O. lasiacantha* Pfeiff. (Cuadro 2).

Cuando se lleva a cabo la hibridación en las plantas, se obtienen individuos con nuevas características, efecto de la combinación genética de los progenitores, en la cual aparecen caracteres dominantes que rigen a los nuevos individuos, pero en el caso del género *Opuntia* ocurre un fenómeno muy raro en el reino vegetal, en el que algunas ramas presentan características de uno de los progenitores y otras ramas se asemejan al otro progenitor. Ejemplo de esto es el nopal registrado con el número de colecta AG15, mismo que tiene la capacidad de producir tunas y xocotunas, efecto de la hibridación de *O. strepacantha* subsp. *strepacantha* (productora de tunas) y *O. megacantha* (productor de xoconostles) debido a la fenología de la maduración de sus frutos proponemos que se trata de una forma hortícola nueva: *O. tezontepecana* f. *hort.* nov. (Cuadro 3). Se confirma la presencia de un híbrido puesto que en frutos de la misma planta e incluso en el mismo cladodio, hay tunas con sabor dulce y xocotunas de sabor agridulce. En ambos casos, si se observan el pericarpo del fruto no hay ninguna diferencia entre ellos ya que los aspectos morfológicos como el color del pericarpo, tamaño y número de aréolas, son los mismos. La diferencia radica en que al realizarles cortes longitudinales podemos observar que unos tienen paredes delgadas, funículos jugosos, pulpa dulce y semillas distribuidas en toda la pulpa del fruto, característica de tunas. En otros frutos, se observa que presentan paredes anchas y agridulces, las semillas se encuentran concentradas en la parte central del fruto, con funículos semi-secos, característica de xocotunas. Estas evidencias junto con la expresión de los caracteres morfológicos dominantes de cada progenitor, confirman el origen híbrido de esta planta.



Opuntia sarca pertenece a la serie *Tomentosae* Britton & Rose (1920), que reúne a especies arborescentes, con cladodios pubescentes. Actualmente, autores como Guzmán *et al.* (2003) la consideran como sinónimo de *O. tomentosa* Salm-Dyck, especie de la misma serie, sin embargo, ambas presentan características morfológicas que las diferencian, como la forma y el color de cladodios, flores, aréolas, espinas y semillas.

La subespecie *Opuntia streptacantha* subsp. *streptacantha* es un nopal que pertenece a la serie *Streptanthae* Britton & Rose (1920), que incluye cladodios verdes, epidermis glabra y espinas blancas. *O. streptacantha* forma parte de la flora silvestre de las zonas áridas y semiáridas de nuestro país y puede considerarse como la especie de mayor distribución geográfica en México. A pesar de ser una especie muy abundante en México, anteriormente tenía una distribución mayor y debido a las actividades antropogénicas su hábitat ha sido muy reducido, en donde la mayor concentración de poblaciones silvestres. Se trata de una especie muy importante y apreciada por sus frutos de sabor dulce. *Opuntia streptacantha* subsp. *aguirrana*, de nombre común “nopal charola”, fue recolectado en Villa de Tezontepec. Su fenología reproductiva, es extremadamente tardía con relación a otras especies productoras de tunas, debido a que florece en el otoño y fructifican en invierno. Se observaron variaciones en las estructuras vistas al microscopio electrónico de barrido del polen, epidermis y semillas, con respecto a la descripción original de esta subespecie, lo cual se debe probablemente a introgresiones de otras plantas del mismo género que se refleja en un activo intercambio génico entre ellas, además, no hay que descartar las barreras ambientales existentes entre las diferentes estados donde se distribuye, siendo el Eje Neovolcánico Transmexicano el más importante.

Opuntia pachona es un nopal poco estudiado y pertenece a la serie *Streptanthae* Britton & Rose (1920). Dichos autores la consideran muy relacionada con *O. streptacantha* y Guzmán *et al.* 2003 la retoman como sinónimo de la misma. Pero por nuestras observaciones de campo y laboratorio, creemos que está más relacionada con *O. hyptiacantha*, así lo confirma la forma del tronco de ambas especies por presentar corteza escamosa, similar a un cascarón, además la forma de sus cladodios son obovados o subcirculares, de color verde, pero hay diferencias marcadas en las espinas, ya que en *O. pachona* las espinas son blancas, torcidas y divergentes, las cuales no tocan la superficie de la penca, acompañadas de un corto pelo cerdoso; en el caso de *O.*



hyptiacantha las espinas son negruzcas, divergentes y adpresas a los cladodios.

Opuntia guerrana pertenece a la serie *Robustae*, Britton & Rose (1920), incluyen a los nopales con cladodios anchamente obovados de color verde glauco y espinas blancas (cuando están presentes). Bravo (1978) la refiere como variedad de *O. robusta* Wendland; Guzmán *et al.* (2003) la consideran sinónimo de *O. robusta*. Esta planta según Britton & Rose es muy similar a *O. robusta*. Tomando en cuenta el criterio taxonómico de Scheinvar (2009) es una especie distinta por que habita en las mismas localidades que *O. robusta* y no hay formas intermedias; difiere principalmente por su forma de vida arbórea, los cladodios más pequeños, sus espinas muy cortas, y por el tamaño de sus frutos que es menor. Los frutos de este nopal son muy pequeños y presentan color rojo-purpureo ó blanco muy llamativo, pero su sabor es poco dulce y tiene gran cantidad de semillas. No cuenta con potencial económico para competir con otras tunas en el mercado, pero debido a su color azul-glaucos se considera como una planta de ornato.

Opuntia larreyi pertenece a la serie *Robustae* Britton & Rose. Bravo (1978) la considera como una variedad de *O. robusta*, misma que probablemente fue su ancestro perdiendo sus espinas y por alguna forma de especiación dio lugar a *O. larreyi*, ambas se separaron pasando a ser especies distintas. *O. robusta* presenta de 10-12 espinas en sus aréolas, así como abundantes glóquidas y *O. larreyi* no presenta espinas y tiene pocas glóquidas que además son caducas. Estudios recientes de Muñoz *et al.* (2008) indican que *O. robusta* es octoploide y *O. larreyi* tetraploide ambas, con diferente cantidad de DNA, lo que apoya la opinión de que debemos considerarlas como especies distintas. *O. larreyi* tiene frutos grandes, redondos vistosos debido a su color rojo-purpúreo intenso, pero su sabor es insípido, pero es una bella planta de ornato.

Opuntia lasiacantha registrada con el número de colecta AG9, pertenece a la serie *Streptacantae*, Britton & Rose (1928). La etimología de su nombre científico está formada por los adjetivos griegos *lasios*, tomentoso y *akantha*, espina, lo cual nos refiere que las espinas de este nopal presentan diminutas vellosidades o tricomas, los cuales no se pueden percibir al tacto, y mucho menos a simple vista. Pero se puede apreciar en las fotografías tomadas al MEB. Lo interesante es que el autor de esta especie Pfeiffer lo observó, lo cual fue una aportación muy avanzada al designar el nombre científico de esta planta ya que fue publicado en el año de 1837. Se encuentra cultivada como cerca viva,



ornamental, para consumo de sus cladodios como nopal verdura y sus tunas son comercializadas. Sus flores presentan el pericarpelo más grande dentro del género *Opuntia* y los pigmentos naturales contenidos en sus frutos presumen de ser de los más fuertes y persistentes y pueden ser utilizados en la industria alimentaria y textil.

Opuntia ficus-indica (L.) Mill. Es un nopal domesticado que pertenece a la serie *Ficus-indicae* Britton & Rose (1919). Esta serie incluye a nopales con cladodios verdes, ocasionalmente con espinas, probablemente, resultado de la selección realizada desde épocas prehispánicas en México. A partir de las fotografías vistas al MEB se encontró similitud en las estructuras de epidermis, granos de polen y semillas de *O. ficus-indica* con las de *O. streptacantha*. Bravo-Hollis (1978) y Britton & Rose (1920), consideran que fue domesticada a partir de la *O. megacantha*. La variedad cultivada sin espinas de esta especie produjo una naturalización en los distintos países donde el clima le permitió crecer libremente; producto de frutos no aprovechados, o quizás de semillas distribuidas por vía endozooica, ya sea por seres humanos, pájaros u otros animales, lo que produjo nuevos centros de diversificación intraespecífica. La *O. ficus-indica* posee más de 20 formas hortícolas que producen frutos de distintos colores, sabores y tamaños o como nopal verdura con gran potencial económico (Gallegos com. per. 2010).

Opuntia nigrita registrada con el número de colecta AG12 pertenece a la Serie *Streptacanthae* Britton & Rose (1920). La epidermis parece ser glabra, pero vista al MEB, se aprecian papilas verrucosas. Autores como Guzmán *et al.* (2003) reconocen a esta especie como sinónimo de *O. hyptiacantha* a pesar de que las aréolas de ésta última son grisáceas, las espinas son diferentes y no se observan papilas verrucosas en su epidermis vista al MEB. *O. nigrita* es una especie silvestre, poco estudiada y muy vulnerable debido a la destrucción de su hábitat, lo cual se ve reflejado en que se encuentra representada con poblaciones muy reducidas.

Opuntia albicarpa conocida como tuna reina o tuna blanca corresponde al número de colecta AG21, ubicada en la serie *Streptacanthae* Britton & Rose (1919). Los frutos de esta especie son los que cuentan con mayor número de grados brix (Scheinvar 2009); y es considerada como una de las más dulces dentro del género *Opuntia*, además de ser la más comercializada en el centro de la República Mexicana y exportada en grandes cantidades a E.U.A., Europa y otras partes del mundo. Se trata de una especie muy



importante para la economía de las zonas áridas y semiáridas de nuestro país. Con relación a su identificación, cactólogos como Salm-Dyck, (1822), la consideraron como la forma cultivada de *O. megacantha*, con lo que no concordamos, puesto que esta última presenta frutos de color guinda y espinas blancas y largas, que se tocan por la extremidades formando una armadura sobre las pencas. Por otro lado, Bravo, (1978) Indica que la *O. megacantha*, es la forma silvestre de la *O. ficus-indica* (L.) Mill., domesticada, sin espinas. La forma de los cladodios de estas dos especies referidas es muy diferente de la *O. albicarpa*. Estudios de epidermis, granos de polen y estructura de las espinas, glóquidas y semillas, indican mayor similitud entre la *O. ficus-indica*. y la *O. streptacantha* Lem. Las cuatro especie referidas anteriormente pertenecen a la serie *Streptacanthae* Britton y Rose.

Opuntia amarilla Griffiths se registró con el número de colecta AG22. Es una especie cultivada en el norte de la República y pertenece a la serie *Streptacantae* Briton & Rose (1920). Su nombre científico se deriva de que en la descripción de original de D. Griffiths, (1919) consideró, el nombre común con el que los lugareños identificaban a esta planta por el color de sus frutos, en la localidad de San Miguel de Allende, Guanajuato. Sus frutos son elipsoides, muy grandes, muy dulces y de color amarillo. Reuniendo características como; color, tamaño, sabor y manejo post-cosecha adecuados para explotar su potencial productivo y competir con otras especies productoras de tunas como *O. albicarpa*. En cuanto a su distribución geográfica, como planta cultivada no se encuentra silvestre, pero está presente en los cultivos donde se aprovecha la tuna en los estados de Guanajuato, Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí y Zacatecas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis bromatológico de los cladodios en las 13 especies de *Opuntia* encontradas en Villa de Tezontepec, con respecto al elemento de comparación (*Zea mays*) maíz amarillo, por ser la *Graminea* de mayor consumo en México. Se encontró que la proteína cruda está en mayor proporción en las especies híbridas de *Opuntia lasiacantha* x *O. streptacantha* y *O. streptacantha* x *O. megacantha*. Las cenizas que no son más que el conjunto de minerales totales que no arden ni se evaporan, están mejor representadas en *O. pachona* y *O. streptacantha*, pero individualmente las especies que aportan mayor cantidad de calcio (Ca), son *O. larreyi* y *O. guerrana* y en cuanto a fosforó (P), la que tiene mayor concentración de este mineral es *O. amarilla*. Con lo que respecta a la fibra la *O. pachona*, presenta un 29.5%, siendo la



especie que tiene mayor cantidad de fibra, pero todos los nopales analizados tienen una elevada cantidad de este parámetro superando por mucho al elemento de comparación. En cuanto a la lisina que es un aminoácido esencial para la construcción de proteínas musculares en el organismo de difícil obtención, se puede encontrar en mayor cantidad en *O. nigrita*. En todas las especies de *Opuntia* los parámetros analizados: cenizas, fibra, lisina y minerales; calcio y fósforo fueron superiores a los del maíz, con excepción de las grasas.

Las especies de *Opuntia* tienen una amplia distribución en México, a pesar de esto, algunas de ellas encontradas en este trabajo como *O. nigrita* y *O. pachona*, cuentan con escasos registros en la base de datos Especies de Nopales Silvestres Mexicanos ESNM. Para estas especies sería de vital importancia proponer que se les realicen estudios MER (SEMARNAT 2002) para evaluar su introducción en la NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT 2002). Mientras tanto, la Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos (CNSM) ubicada en el Jardín Botánico IB-UNAM, es una propuesta de conservación *ex situ* para el resguardo de nopales nativos de México, misma que tiene lugar en ocho camellones del Jardín Botánico del IB-UNAM, con aproximadamente más del 60% de las especies presentes en México, lo cual refleja la diversidad existente en el país, además de servir como plantas madre en caso de extinción de alguna especie presente en la colección. La CNSM hasta el momento ha sido dividida por géneros, *Opuntia* y *Nopalea* y por afinidades geográficas (Norte, Sur, Este, Oeste y Centro). La citada colección, es una verdadera alternativa para ciertas especies con poblaciones en descenso y como conservación de la riqueza del país ante eventuales plagas que amenazan con destruir no sólo los cultivos de nopales silvestres, también las especies domesticadas. Sin embargo, es sabido que la mejor estrategia para la conservación y protección de la vida silvestre siempre será dentro de su propio hábitat (Primack *et al.* 2006). De acuerdo a Arredondo y Sánchez, (2007) para muchas especies esto ya no es viable, puesto que la destrucción de su hábitat crece de manera acelerada, es por esta razón que la CNSM es una verdadera alternativa que propone la conservación de las especies de *Opuntia* silvestres y cultivas.



10. Conclusiones

Actualmente en nuestro país las poblaciones silvestres de *Opuntia* se ven amenazadas a medida que transcurre el tiempo, debido al efecto negativo de las actividades humanas y a los cambios climáticos ejercidos sobre ellas, por lo cual es importante inventariar la riqueza florística de nopales y si es posible protegerlos oficialmente para conservar el patrimonio biológico que representan en México.

Existe heterogeneidad morfológica en las poblaciones de las diferentes especies de *Opuntia* analizadas, debido a las variaciones intra e interespecificas, producto de las presiones ambientales, múltiples hibridaciones, cambios morfológicos, anatómicos y a los distintos criterios taxonómicos existentes entre los nopales.

Las distintas hibridaciones dentro del género *Opuntia* son un proceso de especiación y el vigor de los híbridos entre nopales, forma parte importante de la riqueza y diversidad de México. Además, es una la línea de investigación poco estudiada que requiere la inclusión de otros caracteres con el objetivo de profundizar en la filogenia para delimitar las entidades taxonómicas.

Propongo profundizar en estudios citogenéticos y moleculares que permitan demostrar la relación tuna-xoconostle, ya que hasta el momento se creó que las “xocotunas” son el resultado de cruzamientos entre plantas productoras de tunas con productoras de xoconostles, pero en realidad es una línea de investigación poco explorada.

Se contribuye al conocimiento de la biodiversidad de los nopales mexicanos en el municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo. Considerando que se debe de organizar una nueva planta productora de tunas dulces, *O. streptacantha* subsp. *aguirrana* x *O. lasiacantha* f. **hort. nov.** y otra de xocotunas y xoconostles *O. streptacantha* x *O. megacantha* f. **hort. Nov.**

Todas las especies de *Opuntia* encontradas en este estudio presentan una distribución geográfica que corresponde a la región centro-norte de México, donde el factor principal que influye en la riqueza de especies es el tipo de vegetación relacionado de manera directa con el tipo de clima en el que coexisten las especies de *Opuntia*.



La creación de colecciones científicas como es el caso de la Colección Nacional de Nopales silvestres Mexicanos (CNSM) del IB-UNAM sirven de apoyo a la investigación además de funcionar como bancos de germoplasma en caso de la extinción de alguna especie.

Los herbarios son una fuente de información primaria, que refleja el conocimiento y diversidad de especies tanto silvestres como cultivadas, los cuales deben ser enriquecidos sustancialmente y actualizados continuamente de nuevas colectas, en especial de aquellas que presentan un sesgo de recolectas hacia pocas especies y en particular a las endémicas, microendémicas y de distribución restringida o de difícil acceso.

Es bien sabido que para considerar a los especies de nopales silvestres mexicanos que presumen de estar amenazados en alguna categoría de riesgo como lo indican los estudios MER (SEMARNAT, 2010) se deben tomar en cuenta consideraciones como; patrones de distribución, riqueza y abundancia de dichas especies, pero este trabajo puede ser el comienzo para concientizar si realmente especies como *Opuntia nigrita* y *O. pachona* efectivamente se encuentran vulnerables como lo muestran los mapas de distribución geográfica y evaluar si deben ser incluirlas dentro de la NOM-059-ECOL-2010 ya que en ella solo se consideran dos especies y una subespecie de *Opuntia*.

Al analizar la composición química de los nopales estudiados se encontró que todas ellos superan los valores de los parámetros estudiados con respecto al elemento de comparación (*Zaea maíz*).



11. Literatura citada

Anderson, E. F. (2001). *The Cactus Family*. Timber Press. Portland, Oregon. USA, 776 p.

Anónimo, (1995). *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*, SEMARNAP. INE. CONABIO, México, 157p.

Arreola, N. J. (1996). *Contribución al Conocimiento de las Cactáceas de los Municipios de Lagos de Moreno y Ojuelos de Jalisco*. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

Arredondo Gómez, A. y F. R. Sánchez Barra (2007). *Guía técnica para la protección y rescate de cactáceas por eventos de perturbación*. Campo experimental San Luis. CIRNE-INIFAP. San Luis Potosí, México. Folleto técnico Núm. 31. 36 p.

Azcón, B. J. y Talón M. (2000). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. McGraw-Hill/Interamericana. Madrid, 280 p.

Bárceñas, R. T. (1999). *Patrones de distribución de cactáceas en el estado de Guanajuato*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 215 p.

Barthlot, W. y D. R. Hunt (1993). *Cactaceae, The families and genera of vascular plants*, vol. 2, Springer-Verlag, Berlín, pp.161-197 p.

Bessey, E. C. (1915). *La taxonomía filogenética de las fanerógamas» Annals of the Missouri Botanical Garden*. Vol. 2. pp. 109–164 p.

Benson, L (1969). *The Cacti of Arizona*, University of Arizona Press, 218 p.

Bravo, H (1937). *Las cactáceas de México*, UNAM, México. 755 p.

_____ (1978). *Las cactáceas de México*. Vol 1 UNAM, México. 235-351 p.

_____ y H. Sánchez-Mejorada (1991). *Las cactáceas de México*, 2ª ed., vols. 2 y 3, UNAM, México.

_____ y L. Schienvar (1999). *El interesante mundo de las cactáceas* Fondo de cultura Económica, México 233 p.

Britton, N. L. y Rose J. N. (1919). *The Cactaceae*. Carnegie Institution, Washington, D.C.



- _____ (1920). The Cactaceae. Vol 2. Carnegie Institute. Washington. U.S.A.
- _____ (1937). The cactaceae. Vol 4. Carnegie Institute. Washington. U.S.A.
- CITES (Convention on International Trade in Endangered Species) (2007). Apéndices I, II y III de la Convención Washington D. C. EE.UU. www.cites.org Consultado en junio de 2009.
- Cook, O. F. (1906). Factors of species-formation. *Science* 23:506-507 p.
- Crook, R. y Mottram, R. (2001). *Opuntia* Index. Part 7: P-Q. *Bradleya* 19: 91-116 p.
- Corvera R. y Aguilar R. (2008). Investigaciones de la Amazonía Peruana Especializado en botánica sistemática y taxonomía de árboles y suculentas. Parte II, programa de investigación para el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad (P BIO). Perú. 317-320 p.
- Código Internacional de Nomenclatura Botánica (2002). Código de Saint Louis. Instituto de Botánica Darwinion y Missouri Botanical Garden Press. Buenos Aires. 181 p.
- COMENTUNA, Red del 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. 1° edición. México. 220 p.
- CONANAP (2007). Comisión Nacional de Áreas Naturales Proejidas SEMARNAT. México D. F. www.conanap.gob.mx. Consultado en septiembre 2009.
- Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press, Nueva York.
- Desroiseier, W. (1996). Química de los alimentos. 2ª ed., Acribia. Zaragoza. 215-218 p.
- Díaz, L. y Cocucci, A. A. (2003). *Functional gynodioecy in Opuntia quimilo (Cactaceae), a tree cactus pollinated by bees and hummingbirds*. *Pl. Biol.*, 5: 531-539 p.
- Esquivel, P. (2004). Los frutos de la cactáceas y su potencial como materia prima, *Agronomía Mesoamericana*, vol. 15, No. 002, Universidad de Costa Rica, Aljuela Costa Rica, 215-219 p.



- ESRI (Environmental Systems Research Institute) (2001). DIVA- GIS-ArcView 7.1.7. (SIG).
- Ferrari, O. E. (2005). *100 Cactus Argentinos*. Albatros, Instituto de Botánica Darwinioi, San Isidro, Argentina. 19-20 p.
- Fisher, H. L. (1983). *Análisis Moderno de los Alimentos*. Editorial Acribia. México D.F. 240 p.
- Frank, M. y Perkins, K. (2004). *Preparation of plant specimens for deposit as herbarium, University of Florida of natural history*. Florida, 520 p.
- Flores, V. C. A. y Aguirre, J. C. (1979). *El nopal como forraje*, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo Edo.Mex., Mex, 80 p.
- Gaytán, V. A. (2010). *Distribución, Riqueza y Diversidad de los Nopales Silvestres, Opuntia mill. y Nopalea salm-dyck, en la Republica Mexicana*, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Gallegos, V. C., Cervantes, H. J., y García, C. J. (2003). *La Cadena Productiva del Nopal en Zacatecas: bases para un desarrollo sostenido*. México, Zacatecas. Fundación Produce Zacatecas, A. C. Universidad Autónoma de Chapingo, 201 p.
- _____, Valdez, C. R., Barron, M. M., Barrientos, P. A., Andres, A. J. y Nieto, A. R. (2006). *Caracterización Morfológica de 40 Cultivares de Nopal de Uso Como Hortaliza del Banco de Germoplasma del CRUCEN-UACH*, Revista Chapingo Serie Horticultura, 12, 41-49p.
- Gibson, A. y Nobel, P. S. (1986). *The cactus primer*. Harvard University Press. Cambridge. U.S.A.
- Gómez, M. R. y Magallanes, E. A. (2004). *Impacto Económico del Uso de Bajas Densidades de Siembra Material de Temporal en el Altiplano Hidalguense*, Centro de investigación regional, campo experimental Pachuca, Folleto Técnico (3).
- Gómez, S. A. (2002). *Enciclopedia Ilustrada de los Cactus y Otras Suculentas*. Mundi-Prensa. México D. F. 84-85 p.
- Griffiths, D. A. (1920). *News species of opuntia, proceedings of the biological society of Washington*, 9-16, 29 p.
- _____, D. A. (1919). *Origen, Domesticación y Distribución de Opuntia ficus-indica*. Instituto de Botánica Darwinion. San Isidro, Argentina 50 p.



- _____, D. A. (1914). Reversion in Prickly Pears. *Journal of Heredity*. 222-225 p.
- Guzmán, U. L., Arias S. y Dávila P. (2003). Catálogo de cactáceas mexicanas. México. Universidad Nacional Autónoma de México, 315 p.
- Hernández, H. M., V. Alvarado y R. Ibarra (1993). Base de datos de colecciones de cactáceas de Norte y Centroamérica. *Anales del Instituto de Biología, UNAM. Botánica* 64:87-94 p.
- _____ y H. Godínez (1994). Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana*. 26:33-52 p.
- _____ y R. Bárcenas (1995). Endangered cacto in the Chihuahuan Desert. I Distribution Patterns. *Conservation Biology* 9; 1176-1188 p.
- _____ (1996). Endangered cacto in the Chihuahuan Desert. II Biogeography and conservation. *Conservation Biology* 10; 1200-1209 p.
- Hunt, D. R. y Taylor, N. (2002). Número Cromosómico para Comprobar el Carácter Diploide de las Cactáceas. *Rev. Fac. Agron. Argentina* . 25: 364-392 p.
- _____ (2006). *The New Catus Lexicon*. Text. Milbourne Port, Inglaterra. 373p.
- Hutchinson, G. E. (1959). Homage to Santa Rosalía; or Wwhy Are There So Many Kinds of Animals or Plants? *The American Naturalist* 93:145-159.
- INEGI (2010) [www.inegi.gob.mx/carta fisiográfica del estado de Hidalgo](http://www.inegi.gob.mx/carta_fisiografica_del_estado_de_hidalgo).
- Inglese, P., Basile, F. y Schirra, M. (2002). Cactus pear fruit production in park S. Nobel (ed.). *Cacti Biology and uses*, University of California. California. U.S.A., 280p.
- IUCN (2007). IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnreslist.org. Consultado en mayo 2008.
- Kiesling, R. y Ferrari, O. E. (2005). *100 Cactus Argentinos*. Albatros, Instituto de Botánica Darwinioi, San Isidro, Argentina. 19-20 p.
- Koeppen, W. (1948). *Climatología*. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 478 p.
- Leuenberger, B. E. (1997). *Maihuenia*- monograph of Patagonian genus of Cactaceae. *Bot. Jahrb. Syst.* 119: 1-92 p.



- Linnaeus, C. (1753). *Especies plantarum*, exhibentes Plantas rito cognitatas, ad géneros relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis SELECTIS, Locis natalibus, secundum systema sexuale digestas. Vol. 2 Holmiae Estocolmo: Impensis Laurentii Salvii. 561-568 p.
- López-Piñero, J. M. (1992). Origen Domesticación y Distribución de *Opuntia ficus-indica*. Instituto de Botánica Darwinion. San Isidro Argentina. Fac. San Isidro. 392 p.
- López, L. (2000, 11 de septiembre). El nopal, más que un símbolo patrio. Gaceta Universitaria de Guadalajara. 174; 12p.
- Miller- Phillip. (1754). The Gardeners kalendar, directing what works are necessary to be done every month in the kitchen, fruit & pleasure gardens & in the conservatory, with an account of the particular seasons for the propagation and use of all sorts of esculent plants & fruits proper for the table & of all sorts of flowers, plants & trees that flower in every month. Londres Inglaterra. 175 p.
- Mittermeier, R. y C. Goettsch de Mittermeier. (1992). La importancia de la diversidad biológica de México: *México ante los retos de la biodiversidad*. CONABIO, México. 57-62 p.
- Mizrahi, Y. y Nerd, A. (1997). Cacti as crops. Horticultura Reviews. Vol. 3. Part. 1, U.S.A. 18:291-230 p.
- Mondragón, J. C. y Pérez J. S. (1997). Native cultivares of cactus pear in México. Janick, J. ed. Progress in News Crops. ASHS Press. Alexandria. 340 p.
- Muñoz, A., Palomino, G., Terrazas, T., Gracia A., y Pimienta E. (2008). Variación anatómica y morfológica en especies y entre poblaciones de *Opuntia* en la porción sur del Desierto Chihuahuense. Bol. Soc. Bot. Mex. 83:1-11.
- Osborne, J. R. (1996). Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos. Vol. I. Editorial Acriba. México D.F. 127-128 p.
- Parfitt, B. D. y Pinkava, D. J. (1992). Chromosome numbers in some cacti of North America VI, with nomenclatural changes. Madroño. 113 p.
- _____ Gibson, A. C. (2003). Cactaceae. In: *Flora of North America. North of Mexico*. Vol. 4. Part 1, Oxford University Press. pp. 92- 152.
- Palomino, G. & Heras, H. M. (2001). Karyotypic studies in *Opuntia cochinera*, *O. hyptiacantha* and *O. streptacantha* (Cactaceae). Caryologia 54: 141-148.



- Pimienta, B. E. (1990). El nopal tunero. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México, Colección Tiempos de Ciencia. 340 p.
- _____ (1994). Prickly pear (*Opuntia* spp) a valuable fruit crop for the semi-arid lands of Mexico, *Journal of arid environments*, U.S.A., 28: 1-11.
- Pinkava, D. J. (1973). Investigations of a hybrid *Cereus* (*Cactaceae*), Baja California, México, *J. Ariz. Acad. Sci.* 8 p.
- _____ (2002). On the evolution of the continental North American *Opuntioideae*. Hunt, D. & N. Taylor (2002) *Studies in the Opuntioideae (Cactaceae)*. Succulent Plant Research. 6. Inglaterra.
- Primack, R., R. Roíz, P. Feinsinger, R. Dirzo F. Massardo (2006). Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica, México pp. 421- 445.
- Reyes, A. J. A., Flores, F. J. L. y Aguirre, R. R. J. (2005). Variación Morfológica de *Opuntia* (*Cactaceae*) en Relación con su Domesticación en la Altiplanicie Meridional de México, *Revista Ciencia y Tecnología de America*, ISSN 0378-1844, 30. 8, 476-484 p.
- Roadford, A., Dickson, W., Massey, J. y Bell, C. (1974). *Vascular plants systematic*. Harper and Row publishers, New York. 421p.
- Rodriguez, E. y Nava, A. (1998). *Climatología*. Fondo de Cultura Económica, México. 477 p.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa, México. 432 p.
- _____, (1991). El endemismo de la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Bot. Mex.* 15: 47-64 p.
- Salm-Dyck, J. (1822). *Observationes botanicae in horto dickensi notatae, colonia*, 47 p.
- _____, (1934). *Hortus Dykensis oder Verzeichniss der in dem Botanischen Garten zu Dyk Whastchsenden Pflanzen Dusseldorf*, 374 p.
- Scheinvar, L. (1982). *La Familia de las Cactáceas en el Valle de México*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- _____, (1995). *Taxonomy of utilized Opuntias. Agroecology cultivation and uses of cactus pear*. FAO . Plant production and protection. Rome Italy. 132 p.



- _____, & Rodríguez, A. F. (2003). Nueva subespecie de *O. streptacantha* (Cactaceae) de la altiplanicie mexicana. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autónoma México s.bot.* 74 (2): 303-311 p.
- _____, (2004). *Flora Cactológica del Estado de Querétaro*. FCE, México.
- _____, (2008). Biodiversidad del ecosistema del pedregal de San Ángel. Cap. Diversidad biológica e inventarios; subfamilia *Opuntioidea* (cactaceae), UNAM, México.
- _____, Kestupp, S. F., Olalde, P. G & Zavaleta, B. P. (2009). Diez especies mexicanas productoras de xoconostles *Opuntia* spp. y *Cilindropuntia imbricada* (Cactaceae). FCE, México.
- _____, Olalde, G., Gaytan, A., Sule, D., Gutierréz, A. (2010). Proyecto GE005 Nopales silvestres mexicanos.
- Silva, H., Acevedo, E. & Silva, P. (2001). Anatomía del tejido fotosintético de diez taxa de *Opuntia* establecidos en el secano árido mediterráneo de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural.* 74: 341-351.
- SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental de 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 2010. Primera sección. México D.F.
- Taíz, L. & Zeiger, E. (1991). *Plant Physiology*. Benjamin communigs publishing company. E.U.A. 412 p.
- Takhtajan, A. (1969). *Flowering plants. Origin and dispersal*. Oliver and Boyd LTD. Gran Bretaña. Trad. C. Jeffrey. 310 p.
- Wallace, R. & Dickie, S. (2002). Systematic implications of cloroplast DNA sequence variation in the *Opuntioideae*. En Hunt, D. & Taylor N. *studies in the Opuntioideae (Cactaceae)*. *Suculent plant Research*. Vol. 6. Inglaterra, 225 p.



Anexo I

Glosario de palabras

Adpreso. Situado en forma plana o casi plana y paralela a la superficie, pero no unida a ella.

Caduco. Órgano vegetal que se desprende muy tempranamente.

Cladodio. Es una rama (macroblasto) aplastada, con función de hoja. Tallo modificado, aplanado, que tiene la apariencia de una hoja y que la reemplaza en sus funciones, porque las hojas existentes son muy pequeñas y caducas para poder cumplir con sus tareas.

Cuneiforme. Estructura que presenta forma de "Bate".

Discoidal. Estructura que presenta forma de disco.

Espatulado. Con la parte basal angosta, la cual se ensancha gradualmente hacia el ápice en una lámina amplia y obtusa.

Especiación. Es el proceso mediante el cual una población de una determinada especie da lugar a otra u otras poblaciones, aisladas reproductivamente entre sí, con respecto a la población original.

Fenología. Se refiere a los cambios visibles de los procesos vitales básicos que se producen en un vegetal, en el transcurso de un ciclo o período, que abarcan la foliación, floración, fructificación, colorido del follaje.

Funículos. Filamento que une el rudimento seminal, entre cuyas células se halla el óvulo, con los nervios marginales donde estos forman, la placenta del fruto.

Glabro. En botánica es un adjetivo usado para describir una característica morfológica como liso, es una denominación dada a organismos, o a sus partes, que no presentan pelos, tricomas o estructuras similares en su superficie externa.

Hibridación. En ecología, hibridación es el proceso en el cual se mezclan diferentes especies o variedades de organismos para crear un nuevo individuo.

Holotipo. El espécimen u otro elemento usado por el autor o designado por él, como el tipo nomenclatural; mientras que el holotipo regula automáticamente la aplicación del nombre correspondiente.

Inconspicuo. No presenta una forma bien definida.

Lenticular. Presenta forma de lenteja.



Neotipo. Es un espécimen o cualquier otro elemento elegido para servir de tipo nomenclatural cuando falta todo el material sobre el cual está basado el nombre del taxón.

Sintipo. Es uno de los especímenes citados originalmente por el autor que no designó holotipo o que ha enumerado simultáneamente varios ejemplares como tipos.

Ovado. Presenta forma de huevo.

Obovado. Presenta forma de huevo, pero con la parte ancha en el ápice.

Reniforme. Con forma o figura de riñón, arriñonado.

Podario. Estructura foliar, dilatada y expandida presente en las cactáceas que sirve de pie a la aréola vegetativa.

Perianto. En las cactáceas es una estructura floral que corresponde a la envoltura que rodea a los órganos sexuales; constituye la parte no reproductiva de la flor.

Pericarpelo. Parte del receptáculo de la flor de las Cactáceas, de origen axial que rodea el ovario.

Piriforme. Presenta una forma similar a una pera.

Porrecto. Término utilizado para referir una estructura (espinas) que se encuentra formando un ángulo de 90°.

Pubescente. En botánica son estructuras que presenta una superficie cubierta de pelillos, los cuales retienen el rocío matutino.

Reflejo. Término utilizado para referir una estructura (espinas) que se encuentra formando un ángulo de 40° ó menos en posición descendente.

Retrobarbado. Escamas dispuestas hacia atrás.

Tipo. El tipo nomenclatura o, simplemente, tipo es un ejemplar de una especie dada sobre el que se ha realizado la descripción de la misma y que, de ese modo, valida la publicación de un nombre científico para dicha especie y que se conserva permanentemente en alguna institución (museo, herbario, centro de investigación, etc.).

Tuna. Fruta dulce de *Opuntia* spp.

Uncinado. Adjetivo que se le da a la parte apical de una estructura que esta formando un gancho.

Xoconostle. Fruta acida *Opuntia* spp.

Xocotuna. Fruta agri-dulce *Opuntia* spp.



Anexo II

Herbarios mexicanos, colecciones de referencia

ASNM	Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
BUAQ	Herbario Dr, Jerzy Rzedowski. Universidad Autónoma de Querétaro
CHAP	Herbario Universidad Autónoma de Chapingo
CHAPA	Herbario-Hortorio, Colegio de Postgraduados, Montecillo
CFNL	Universidad Autónoma de Nuevo León
ENCB	Facultad de Biología Facultad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
FCME	Facultad de Ciencias, UNAM-Herbario "María Agustina Batalla"
GUADA	Herbario Universidad Autónoma de Guadalajara
HCIIDIR	Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional
HFCB-UNL	Herbario Universidad Autónoma de Nuevo León
HUJAT	Herbario Universidad Autónoma de Tabasco
IBUG	Herbario Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara
IEB	Instituto de Ecología, A. C. Herbario-Centro Regional del Bajío
INEGI	Herbario Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática
INIFAP	Campo Experimental Coyoacán-Colección Germoplasma
MEXU	Instituto de Biología UNAM Herbario Nacional de México
SLPM	Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas Universidad San Luis Potosí
XAL	Herbario Instituto de Ecología A. C. Xalapa
