



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Especies de *Opuntia* (Cactaceae), productoras de  
Xoconostle en Villa de Tezontepec, Hidalgo, México.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGO**

**P R E S E N T A :**

**CÉSAR RAMIRO MARTÍNEZ GONZÁLEZ**



**DIRECTOR DE TESIS:  
DRA. LÉIA AKCELRAD LERNER DE  
SCHEINVAR**

**2010**



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.



FACULTAD DE CIENCIAS  
Secretaría General  
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ  
Jefe de la División de Estudios Profesionales  
Facultad de Ciencias  
P r e s e n t e

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

**Especies de *Opuntia* (Cactaceae), productoras de Xoconostle en Villa de Tezontepec, Hidalgo, México**

realizado por **Martínez González César Ramiro** con número de cuenta **3-0226272-6** quien ha decidido titularse mediante la opción de tesis en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario Dr. Héctor Manuel Hernández Macías

Propietario Dra. Teresa Margarita Terrazas Salgado

Propietario Dra. Léia Akcelrad Lemer  
Tutora

Suplente Dr. Ángel Salvador Arias Montes

Suplente Biól. Gabriel Olalde Parra

Atentamente,

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Ciudad Universitaria, D. F., a 20 de agosto de 2010

EL COORDINADOR DEL COMITÉ ACADÉMICO DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

DR. PEDRO GARCÍA BARRERA

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.



## Hoja de Datos del Jurado

### 1. Datos del alumno.

Martínez  
González  
César Ramiro  
56 22 89 89  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
302262726

### 2. Datos del tutor

Dra.  
Léia  
Akcelrad  
Lerner

### 3. Datos del sinodal 1

Dr.  
Héctor Manuel  
Hernández  
Macías

### 4. Datos del sinodal 2

Dra.  
Teresa Margarita  
Terrazas  
Salgado

### 5. Datos del sinodal 3

Dr.  
Ángel Salvador  
Arias  
Montes

### 6. Datos del sinodal 4

Biól.  
Gabriel  
Olalde  
Parra

### 7. Datos del trabajo escrito

Especies de *Opuntia* (Cactaceae), productoras de Xoconostle en Villa de Tezontepec, Hidalgo, México.  
121 p.  
2010



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



## AGRADECIMIENTOS

A la máxima casa de estudios de nuestro país y latino América, la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ciencias y al Jardín Botánico del Instituto de Biología, por formarme como un profesional dentro y fuera de sus instalaciones.

A la Dra. Léia Scheinvar, por enseñarme el maravilloso mundo de los cactus y en especial de los nopales, por sus sabios consejos y apoyo incondicional.

Al Dr. Clemente Gallegos, Coordinador de la Red del Nopal, por su amistad, consejos y apoyo incondicional en este maravilloso mundo de los nopales. Además de las buenas y largas pláticas.

Al SINAREFI por su beca y apoyo para la realización de todo el proyecto.

A la M. en C. Berenit Mendoza, por su colaboración en la toma de fotografías en el microscopio electrónico de barrido del IBUNAM.

Al M.V.Z. Sergio Ángeles y a la Q. A. Águeda García, por la realización de los análisis bromatológicos de cladodios y frutos, realizados en el Laboratorio de Análisis Químicos para Alimentos del Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

A los sinodales por sus comentarios y sugerencias para la terminación del presente trabajo.

A todos los académicos con los que tome clase en las distintas materias.

A todas aquellas personas que me dieron la oportunidad de compartir junto a ellos memorables momentos, amigos para toda la vida: Marysol, Ulises, Montserrat, Malena, Natalia, Sonia, Aidé, Aurelio, Jesús y especialmente a Ernesto.

A todo el Laboratorio de Cactología, Abril, Alejandro, Ángel, Daniel, Dulce, Elia, Miriam, Roberto y Violeta.



---

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Ignacia González Portillo y Ramiro Martínez Bernardo, por su amor, comprensión, apoyo y tolerancia a lo largo de mi vida. Este logro también es suyo...

A mis hermanos: Yesenia, Daniel, Miguel, Giovanni y Valeria, cada uno de ustedes es importante en esta vida, los quiero.

A mis abuelos, que me han apoyado en todo.

A mis tíos y primos, las diferencias que hubo fueron superadas, estando actualmente de la mejor forma, gracias por su apoyo.

A la memoria de mi abuelito Don Daniel González Villaflor.



## ÍNDICE

<b>1. RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	
2.1. Ubicación de la Familia Cactácea dentro del Reino Vegetal	2
2.2. La Familia Cactaceae	3
<b>3. ANTECEDENTES</b>	
3.1. Género <i>Opuntia</i>	5
3.2. Descripción del género <i>Opuntia</i> Mill.	5
3.3. Distinción, tunas y xoconostles	6
3.4. Taxonomía de los xoconostles	7
3.5. Los xoconostles en México y trabajos previos	7
3.6. Análisis químico	10
<b>4. OBJETIVOS</b>	
4.1. Generales	11
4.2. Particulares	11
<b>5. ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS</b>	
5.1. Descripción y ubicación del área de estudio	11
5.1.1. Fisiografía y Geología	12
5.1.2. Hidrología y Clima	13
5.1.3. Precipitación y Vegetación	14
5.2. Trabajo de campo	15
5.3. Trabajo de Gabinete	15
5.3.1. Revisión bibliográfica	15
5.3.2. Identificación de especies	15
5.3.3. Herborización	15
5.3.4. Fotografías al Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)	16
5.3.5. Análisis bromatológicos	16
5.3.6. Elaboración de fichas taxonómicas	16
5.4. Cultivo <i>ex situ</i> de nopales	16
<b>6. RESULTADOS</b>	
6.1. Relación de los taxa encontrados	17
6.2. Fichas taxonómicas	18
<i>Opuntia oligacantha</i> Förster, 1846.	
<i>Opuntia xmegacantha</i> Salm-Dyck.	
<i>Opuntia tezontepecana</i> Gallegos & Scheinvar. sp. nov.	
<i>Opuntia matudae</i> Scheinvar f. <i>amarilla</i> Scheinvar & Martínez, f. nov.	
<i>Opuntia joconostle</i> F.A.C. Weber x <i>O. oligacantha</i> Förster.	
<i>Opuntia joconostle</i> F.A.C. Weber ex Diguét, 1928.	
<i>Opuntia joconostle</i> F.A.C. Weber f. <i>rubra</i> Gallegos & Scheinvar, f. nov.	
<i>Opuntia joconostle</i> F.A.C. Weber x <i>Opuntia matudae</i> .	
<i>Opuntia matudae</i> Scheinvar f. <i>pubescente</i> Scheinvar & Martínez, f. nov.	
<i>Opuntia sptreptacantha</i> Lem. x <i>Opuntia matudae</i> Scheinvar.	
6.3. Información de la composición bromatológica	102
6.4. Conservación <i>ex situ</i> en el JB-IBUNAM	104



---

<b>7. DISCUSIÓN</b>	<b>105</b>
<b>8. CONCLUSIÓN</b>	<b>111</b>
<b>9. LITERATURA CITADA</b>	<b>112</b>



## 1. RESUMEN

La presente investigación se relaciona con la diversidad de especies productoras de xoconostle, pertenecientes al género *Opuntia* Mill. Se estudiaron las especies productoras de xoconostle cultivadas *ex situ* en el cultivar localizado en Villa de Tezontepec, Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, registradas con su respectivo número de colecta, para ser identificadas, analizando la micro-morfología de aréolas, espinas, glóquidas, epidermis, polen y semillas mediante fotografías tomadas bajo el Microscopio Electrónico de Barrido, herborizadas, analizando su composición química y cultivadas *ex situ* en el Jardín Botánico del IB-UNAM. Se encontraron las siguientes plantas productoras de xoconostles: *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber, 1928; *O. joconostle* F.A.C. Weber x *O. matudae* Scheinvar; *O. joconostle* F.A.C. Weber x *O. oligacantha* Förster; *O. joconostle* F.A.C. Weber f. *rubra* Gallegos & Scheinvar, f. nov; *O. matudae* Scheinvar f. *amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov; *O. matudae* Scheinvar f. *pubescente* Scheinvar & Martínez, f. nov; *O. xmegacantha* Salm-Dyck; *O. oligacantha* Förster, 1846; *O. streptacantha* Lem. x *O. matudae* Scheinvar; *O. tezontepecana* Gallegos & Scheinvar, sp. nov. Se elaboraron descripciones taxonómicas para cada taxón, entre los cuales hay cuatro especies híbridas y tres formas nuevas, cuya publicación se encuentra en prensa. Las fotografías tomadas bajo el MEB muestran que estas especies no sólo tienen variación en la morfología de las espinas, glóquidas, epidermis, granos de polen y semillas, sino también en su micro-morfología, resaltando los tipos de epidermis encontradas, glabras y pubescentes, dentro de esta última podemos separarla en epidermis con tricomas y papilas, diferenciándolas por su tamaño y forma. Con relación a los estudios bromatológicos realizados, cladodios y frutos presentaron buena cantidad de distintos nutrientes, lo que nos permite hacer comparaciones entre composiciones de distintos alimentos.



## 2. INTRODUCCIÓN

La flora fanerogámica de México se calcula en aproximadamente 248 familias y no menos de 29000 especies. Las familias que destacan por el número de géneros que las integran son, Asteraceae, Orchidaceae y Cactaceae, esta última con un 82.6% de endemismo a nivel de especies (Villaseñor, 2003).

### 2.1. Ubicación de la Familia Cactácea dentro del Reino Vegetal

A través del tiempo han existido diversas clasificaciones de las plantas superiores. La familia Cactaceae ha sido agrupada dentro de diferentes órdenes por compartir características comunes con algunas familias botánicas. Se han desarrollado varios sistemas de clasificación como los de Sporne, Cronquist, Dahlgren, Stebbins, Thorne y de Takhtajan (Arreola, 1996). Algunos taxónomos agrupaban a las cactáceas dentro del orden Cactales (Bessey 1915), este orden también fue conservado por Britton & Rose 1919; Hutchinson 1959 y por Benson 1979. Sin embargo, las clasificaciones más aceptadas basadas en caracteres morfológicos actualmente son las de Cronquist y Takhtajan que se señalan a continuación:

Clasificación de la Familia Cactaceae según Takhtajan (1969).

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta o Angiospermae
Clase	Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
Subclase	Caryophyllidae
Superorden	Caryophyllanae
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae

Clasificación de la Familia Cactácea según Cronquist (1981).

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

La clasificación filogenética es el objetivo final de la taxonomía, por lo que recientemente los sistemas de clasificación más modernos son apoyados en biología molecular. Estos sistemas de clasificación tienden a fundamentarse en evidencias de características primitivas que han evolucionado hacia caracteres más especializados, buscando grupos monofiléticos. En cactáceas es difícil establecer los rasgos más primitivos ya que no se han encontrado fósiles hasta la fecha (Arreola, 1996), lo que no permite asegurar la época y región de origen, pero se sabe la fecha en que aparecieron plantas con betalainas, lo que ocurrió a fines del Terciario e inicios del Cuaternario, después de la separación de los Continentes Americano y Africano (Takhtajan, 1969).



Una tipo de clasificación actual basada en filogenia, es la clasificación propuesta por el Angiosperm Phylogeny Group (AGP III, 2009), que intenta recoger la información disponible. Este grupo considera dicotomía de las plantas con flores, separando dos grandes líneas evolutivas: las protoangiospermas y las euangiospermas. Las protoangiospermas son un conjunto de linajes basales con caracteres arcaicos (proto=primitivo). En este grupo se incluyen muchas plantas con flores pequeñas, de perianto no diferenciado y con un número pequeño y variable de tépalos, estambres y carpelos. Las euangiospermas incluyen el resto de las angiospermas, es decir, las plantas con carpelos completamente suturados o cerrados, en esta línea se separaron dos grandes grupos:

Las euangiospermas con polen monoaperturado, que se caracterizan por presentar flores trímeras, sin perianto, con perianto no diferenciado o con perianto en espiral. En este grupo se distinguen dos grandes linajes: las dicotiledóneas primitivas (ejemplo, Magnoliaceae, Lauraceae) y las monocotiledóneas (ejemplo, Liliaceae, Poaceae).

Las euangiospermas con polen triaperturado (verdaderas dicotiledóneas) presentan flores tetrámeras o pentámeras, y perianto diferenciado en sépalos y pétalos. En este gran grupo se incluyen:

- a) Dicotiledóneas arcaicas, con muchos caracteres primitivos: perianto no diferenciado, trimería, carpelos libres, ejemplo, Ranunculaceae y Papaveraceae.
- b) Dicotiledóneas atípicas, con caracteres peculiares, como óvulos curvados, perispermo diploide como tejido nutricional, betalainas en lugar de antocianinas, succulencia y heterotrofia, ejemplo, Caryophyllaceae y Cactaceae.
- c) Rósidas, con flores cíclicas, con perianto diferenciado, pentámeras, dialipétalas, óvulos bitégmicos y crasinucelares; ejemplo, Rosaceae, Fabaceae y Fagaceae.
- d) Astéridas, con perianto soldado, cíclico y diferenciado, ejemplo, Lamiaceae, Solanaceae, Apiaceae y Asteraceae (APG III, 2009).

## 2.2. La Familia Cactaceae

La familia Cactaceae son plantas dicotiledóneas caracterizadas por la presencia de aréolas y pigmentos como las betalainas, las aréolas son áreas meristemáticas de donde emergen todas las estructuras, como son: ramas, flores, glóquidas, pelos, glándulas y raíces (Bravo-Hollis, 1978; Barthlott y Hunt, 1993), la familia comprende especies con una amplia gama de hábitos de crecimiento y estructuras morfológicas, que comprenden arbustos y árboles foliados, plantas columnares, globosas, cilíndricas y formas opuntioideas (HersHKovitz y Zimmer, 1997), caracterizando el paisaje de las zonas áridas y semiáridas de México, junto con los mezquites, magueyes y yucas (Bravo-Hollis, 1997; Bravo-Hollis y Scheinvar, 1999). Adicionalmente constituyen un grupo diverso en cuanto a su composición química y en la gama de síndromes de polinización (Gibson y Nobel, 1986; Barthlott y Hunt, 1993; Fleming y Valiente-Banuet, 2002).

Gran parte de ellas se encuentran especialmente bien adaptadas para resistir la exposición a la radiación solar, variaciones térmicas y la depredación (Bravo-Hollis y Scheinvar, 1999), condiciones que imperan en las zonas áridas



y semiáridas, que en México constituyen casi el 60% del territorio. Entre las modificaciones fisiológicas y anatómicas involucradas, cabe destacar el tallo fotosintético, desarrollo de tejido parenquimático altamente especializado para el almacenamiento de agua y nutrientes, la tendencia a la pérdida de hojas, hipertrofia del pecíolo hasta su transformación en un podario o tubérculo, modificación de las yemas hasta su conformación en aréolas, espinas o acúleos, a veces ausentes, presentando un metabolismo MAC, en el que los estomas sólo abren durante la noche para evitar la evapotranspiración, absorbiendo la humedad atmosférica debida al rocío, aunque la fotosíntesis se realiza durante el día (Bravo-Hollis y Scheinvar, 1999).

En América existen dos importantes centros de diversificación de las cactáceas, uno es Sudamérica y otro en Norteamérica, México cuenta con 30 géneros endémicos (Bravo-Hollis y Scheinvar, 1999), siendo el país con mayor diversidad de cactáceas, debido a la convergencia de los dos reinos biogeográficos: el Holártico y el Neotropical, pasando por él el Trópico de Cáncer, a la posesión de diferentes tipos de suelo y altitudes muy variables, lo que determina una gran biodiversidad y riqueza de su flora en general (Scheinvar, 2004).

Bravo-Hollis (1978) reconoce para toda la familia 96 géneros y en México 66, de los cuales 30 son endémicos; con 894 especies y 283 variedades. Hernández y Godínez (1994) y Bárcenas (1999) reconocen para México un total de 48 géneros y 563 especies. Aunado a esto, consideramos a Megaméxico I (México y sur de los Estados Unidos de América) (Rzedowskii, 1991), que es la unidad fitogeográfica que contiene el mayor índice de endemismos de la familia Cactaceae, con un 73% a nivel genérico y un 78% a nivel específico (Hernández y Godínez, 1994).

La familia Cactaceae comprende cuatro subfamilias: Pereskioideae, Opuntioideae, Cactoideae y Maihuenioideae (Parfitt y Gibson, 2003).

La subfamilia Pereskioideae presenta hojas laminares algo suculentas, algunas especies con ovario súpero y no presenta glóquidas; la subfamilia Maihuenioideae presenta espinas aplanadas y semillas lenticulares, envueltas en un arilo blando; la subfamilia Opuntioideae, al cual pertenecen los nopales, presenta glóquidas o gloquídeos (ahuates en náhuatl), espinas subuladas o aciculares, hojas reducidas, subuladas y decíduas, sólo durante la etapa juvenil y semillas lenticulares envueltas en un arilo esclerenquimatoso o pétreo (Kiesling y Ferrari, 2005) y la subfamilia Cactoideae no presenta hojas laminares, ni glóquidas y las semillas no son lenticulares ni pétreas.

Las Cactáceas se distribuyen en el Continente Americano, desde Alberta, Canadá a la Patagonia, en Chile y Argentina (Bravo-Hollis y Scheinvar, 1999). Se considera que la evolución de la familia de Cactaceae en América fue influenciada ampliamente por los cambios climáticos y de vegetación, que permitieron la paulatina diversificación de la familia, así como la generación de un gran número de endemismos y microendemismos. Algunas especies presentan distribución amplia, mientras que la mayor parte presenta distribución restringida, con elevados niveles de endemismos (Fleming y Valiente-Banuet, 2002; Nóbél, 2002; Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2002).

México constituye uno de los centros de diversidad más importantes de cactáceas y alcanza la más alta diversidad a nivel continental (Bravo-Hollis, 1978; Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991; Hunt, 1999; Anderson, 2001) Cabe destacar la presencia de tres regiones de gran riqueza específica en el



territorio Mexicano; El Desierto Chihuahuense, el Desierto Sonorense y el Valle de Tehuacán-Cuicatlan (Hernández y Godínez, 1994; Hernández y Bárcenas, 1995; Hernández *et al.*, 2004), así como la existencia de una diversidad muy amplia en los bosques tropicales caducifolios y espinosos, entre los que destacan los existentes en la cuenca del Balsas y el Istmo de Tehuantepec (Hernández *et al.*, 2004).

### **3. ANTECEDENTES**

#### **3.1. Género *Opuntia***

El género *Opuntia* fue descrito por Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708), antes de que Linneo publicara su obra *Species Plantarum* (Scheinvar *et al.*, 2010). Posteriormente a la obra de Linneo (1753), este nombre fue retomado por Phillip Miller (Scheinvar *et al.*, 2010) quien describió las especies de *Opuntia* conocidas y es considerado como autor del género, donde reúne especies que tienen el androceo y gineceo incluidos en el perianto, dialitépalo, con flores amarillas, rojas, anaranjadas, polinizadas por insectos y semillas envueltas en un arilo pétreo. Se le ha encontrado en el intervalo comprendido entre los 53° de latitud Sur y 59° de latitud Norte. Se distribuye desde el nivel del mar hasta los 5100 m de altitud en Perú. La familia se desarrolla principalmente en las zonas áridas y semiáridas, notablemente en México y el Suroeste de los Estados Unidos, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Paraguay, Perú, Venezuela, en el Caribe y Centroamérica. En las regiones de los trópicos húmedos.

#### **3.2. Descripción del género *Opuntia* Mill.**

Plantas arbustivas o arbóreas a veces rastreras o postradas, algunas veces con troncos definidos o ramificados desde la base; raíces fibrosas muy extendidas bajo el suelo o raramente tuberosas y grandes; artículos o cladodios aplanados, crasos, fotosintéticos, verde-amarillento a violáceos; con tubérculos a veces bien marcados, aréolas elevadas o hundidas, dispuestas en series espiraladas, con hojas, espinas, glóquidas, pelos y cerdas; hojas pequeñas subuladas de hasta 5 cm de largo, deciduas; espinas en número variable, aciculares, aplanadas y/o torcidas, sin vaina, retrobarbadas en el ápice, de color blanco, marrón, amarillo a rojizas; muchas veces la base y el ápice más oscuros; glóquidas deciduas, usualmente numerosas, que emergen de la parte apical, media o alrededor de las aréolas; flores hermafroditas o unisexuales fisiológicamente, una por aréola, diurnas, sésiles; ovario ínfero, unilocular, placenta parietal con óvulos campilótrofos; pericarpelo con aréolas en series espiraladas a menudo con espinas, hojas y glóquidas; segmentos exteriores del perianto verdes o más o menos coloreados, gradualmente transformándose a segmentos interiores, de varios tonos y combinaciones de verde, amarillo, anaranjado y rojo, rara vez blancos, ampliamente extendidos o erectos; estambres numerosos, incluidos en el perianto, sensitivos o no; estilo exerto sobre el androceo; lóbulos del estigma carnosos, variables en número, con papilas; fruto jugoso o seco, a menudo comestible, con paredes delgadas, funículos dulces (tuna) o paredes gruesas y ácidas (xoconostle), globoso, ovoide o elipsoide, umbilicado, la pared exterior con aréolas provistas de



tricomas largos y glóquidas, a veces pelos y espinas; semillas lenticulares cubiertas por un arillo esclerenquimatoso, blanco-grisáceas, amarillentas, aplanadas; cotiledones dos, grandes y foliáceos.

### 3.3. Distinción, tunas y xoconostles

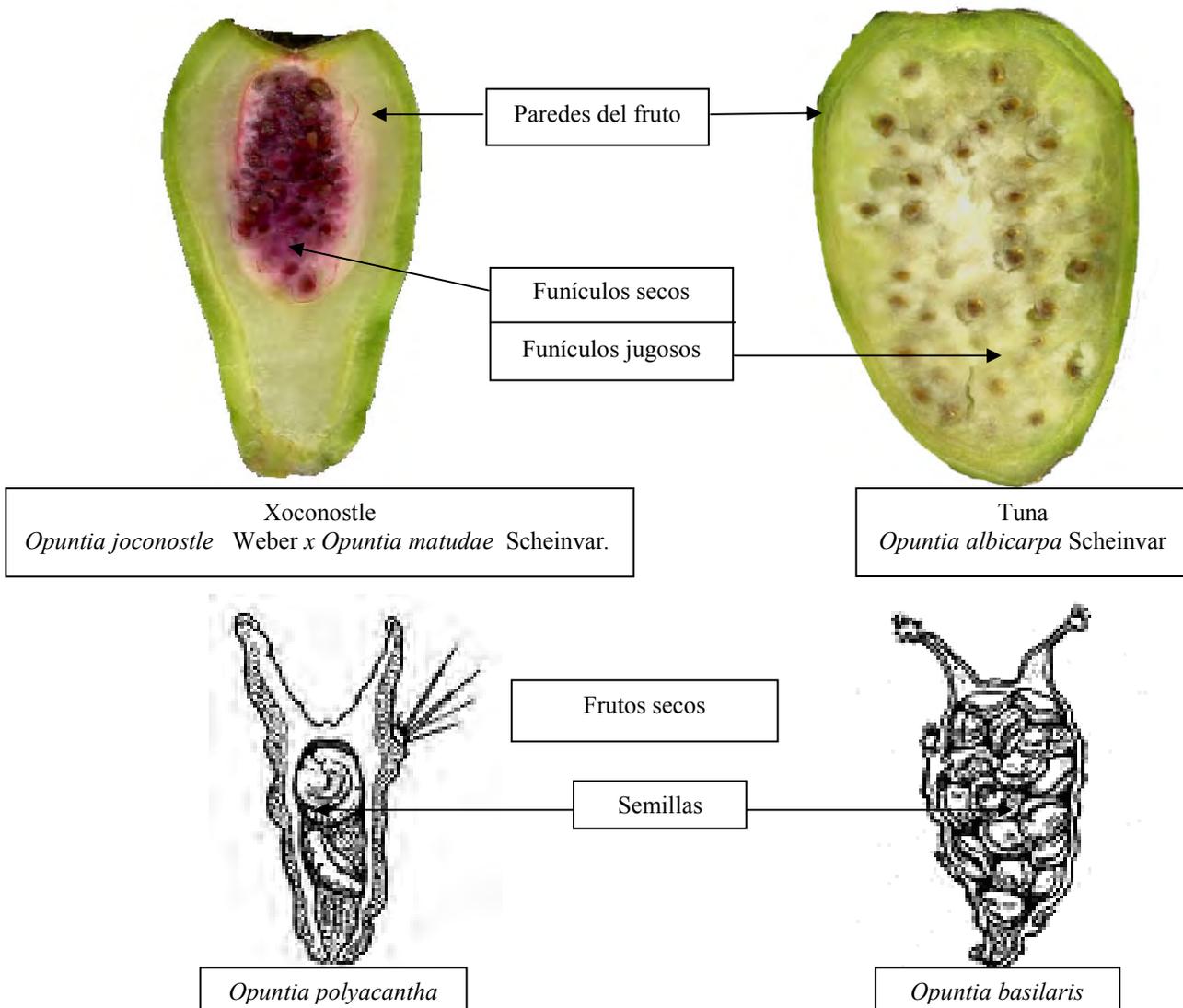
Las cactáceas del género *Opuntia*, conocidas generalmente como nopales, presentan tres tipos de fruto (Figura 1):

1) Las plantas productoras de tunas, se caracterizan por sus frutos con paredes delgadas, dulces y sus funículos acumulan azúcares.

2) Las plantas productoras de xoconostles, se caracterizan por sus frutos con paredes anchas, ácidas y funículos semisecos e insípidos, que no acumulan azúcares.

3) Las plantas productoras de frutos secos, es decir, no producen pulpa, ni cáscara succulenta, como los de la serie *Polyacanthae* y *Basilares* (Britton y Rose, 1919; Colunga, 1984).

**Figura 1. Comparación de los tipos de frutos en el género *Opuntia*.**





### 3.4. Taxonomía de los xoconostles

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Caryophyllales
<b>Familia:</b>	Cactaceae
<b>Subfamilia:</b>	Opuntioideae
<b>Género:</b>	<i>Opuntia</i>

### 3.5. Los xoconostles en México y trabajos previos

Los nopales tuvieron gran importancia para las poblaciones prehispánicas por los productos alimenticios que se obtienen de ellos, como el xoconostle que también influyó por sus cualidades medicinales (Bravo-Hollis y Scheinvar, 1999; Scheinvar, 1999b), determinando en muchos casos la formación de núcleos de población humana, pues distintas tribus errantes concurrían en la época de fructificación a las zonas donde se distribuían estas plantas, y acababan por fijar ahí su residencia (Bravo-Hollis, 1978). Desafortunadamente con el paso del tiempo su consumo disminuyó, llevando al desconocimiento sus características a gran parte de la población actual. Como consecuencia hubo gran vacío en estudios científicos de estas especies, para corroborar su composición química y propiedades medicinales que se les atribuyen, como es el control de la diabetes, control de peso y cura de enfermedades respiratorias básicamente.

Actualmente en nuestro país se reconocen 14 especies del género *Opuntia*, productoras de xoconostles (cuadro 1). Estudios realizados han encontrado otras especies que hasta la fecha no habían sido reconocidas, como productoras de xoconostles, por lo que se desconoce el número total de especies nativas en México productoras de xoconostles.

**Cuadro 1. Especies de xoconostles del género *Opuntia* reconocidas para México, Scheinvar *et al.*, (2010).**

- Opuntia chavena* Griffiths, 1908.
- Opuntia chiangiana* Scheinvar & Manzanero, 2009.
- Opuntia durangensis* Britton & Rose, 1908.
- Opuntia elizondoana* E.Sánchez & Villaseñor, 1994.
- Opuntia guilanchi* Griffiths, 1908.
- Opuntia heliabravoana* Scheinvar, 1975.
- Opuntia joconostle* F.A.C.Weber ex Diguët, 1928.
- Opuntia leucotricha* Salm-Dyck, 1828.
- Opuntia matudae* Scheinvar, 1981.
- Opuntia oligacantha* Förster, 1846.
- Opuntia olmeca* Pérez, Reyes & Brachet, 2005.
- Opuntia spinulifera* Salm-Dyck, 1834.
- Opuntia tehuacana* S. Arias & U. Guzmán, 1997.
- Opuntia zamudioi* Scheinvar, 2000.



Los xoconostles se han utilizado en la zona centro-norte de México desde la época prehispánica hasta nuestros días (Scheinvar, 1999b).

La persistencia del fruto en la planta y por tanto, su disponibilidad prolongada, favorecen que sean considerados como un recurso alimenticio valioso, sobre todo en la época seca (Bautista, 1982 y Figueroa, 1984).

El término xoconochtle y sus variantes conocidas como: joconoscle, joconostli, jonoxcle, jonoxtle, soconoscle, soconostle, soconoxtle, xoconoscle y xoconostle, proviene del náhuatl que significa *xococ*-agrio y *nochtli*-nopal o tuna y es aplicado a los frutos ácidos de varias cactáceas de los géneros *Cylindropuntia*, *Opuntia*, *Pereskia* y *Stenocereus* (Bravo-Hollis, 1978). Aquí utilizaremos el término xoconostle solamente para referir los frutos ácidos del género *Opuntia* Mill., caracterizados por tener paredes anchas, jugosas, ácidas y semillas provistas de funículos semisecos e insípidos. Estos frutos se consumen en fresco, como condimento, aperitivo, en dulce o deshidratados, encontrando agroindustrias en los Estados de Guanajuato, Hidalgo, México, Querétaro y Zacatecas, que procesan en pequeña escala los frutos de xoconostles; para prepararlos en almíbar, mermelada, cristalizados, en licor, deshidratados y como jarabes (García, 2004).

En relación con sus propiedades medicinales, los frutos de xoconostles son utilizados como remedio para la tos (se elimina la cutícula de los frutos, se hacen algunos cortes y se cuecen en agua; se consume tanto el agua como el fruto); para combatir la diabetes y la presión arterial (se bebe un licuado de las paredes de xoconostle con un nopalito (Comentario personal de Don Fidel Orozco). Para mitigar las molestias de la gripe se asa el fruto en las brasas, tibio, se abre en cuatro partes y el jugo se aplica en la planta de los pies, articulaciones de brazos y piernas, espalda, pecho y garganta. Para reblandecer tumores y curar contusiones (Scheinvar, 1999b).

Todas las especies de xoconostles son apreciadas, en dependencia de sus características, algunos tienen una demanda alta en el mercado, mientras que otras sólo son usadas para autoconsumo regionalmente (Colunga *et al.*, 1986).

Al realizar el presente trabajo nos dimos a la tarea de revisar estudios anteriores, relacionados con xoconostle, observando en una búsqueda exhaustiva en bibliotecas son realmente escasos y/o nulos estos estudios. Como resultado de la búsqueda en la biblioteca central de la Universidad Autónoma Chapingo, se encontraron sólo cuatro tesis que tratan sobre xoconostle, y algunas otras notas sobre trabajos realizados para estos frutos. Las tesis encontradas fueron:

Sánchez G. (1987), en su tesis de licenciatura tuvo como objetivo la realización de un estudio sobre la distribución y caracterización morfológica de *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber, en el estado de Zacatecas. Los resultados de este trabajo indican que la distribución de *Opuntia joconostle* Weber, coincide con la franja de vegetación con dominancia de *Opuntia*. También se menciona que el patrón de dispersión se caracteriza por la tendencia a formar pequeños manchones o aglomeraciones en las partes altas de las laderas de cerros.

Sánchez G. (1990a), en su tesis de maestría tuvo como objetivo determinar la fenología del periodo reproductivo de *Opuntia joconostle* F.A.C Weber forma cuaresmeño, bajo las condiciones ecológicas de esta localidad (actualmente identificada como *Opuntia matudae* Scheinvar). Los resultados indicaron que hay flores en forma ininterrumpida durante todo el año. La duración del ciclo



reproductivo es de 16 meses. La brotación floral se inició en enero y la maduración concluyó en el mes de abril del mismo año. El crecimiento del cladodio es lento, el patrón de crecimiento del fruto es atípico, de ciclo largo (224 días) y de maduración muy tardía.

Sánchez G. (1990b), en su tesina de diplomado, realizó un estudio sobre las características externas, viabilidad y germinación de la semilla de *Opuntia joconostle* F.A.C Weber forma cuaresmeño, procedente del Municipio de San Martín de las Pirámides, Estado de México (actualmente identificada como *Opuntia matudae* Scheinvar). Determinó la viabilidad con la técnica de tetrazolio. Los porcentajes de germinación obtenidos en este trabajo indicaron que el mejor tratamiento es el de escarificación física, es decir, ruptura parcial de la cubierta de la semilla y adicionalmente inhibición con ácido giberélico. El porcentaje de germinación mayor (80%) se obtuvo con 40 ppm de ácido giberélico e inhibición por 30 minutos. En términos generales afirma que con base en los resultados obtenidos es muy probable que las semillas de *Opuntia joconostle* forma cuaresmeño, presentan concentraciones elevadas de sustancias inhibitorias.

García P. (2004), en su tesis de licenciatura, como objetivo de su trabajo fue obtener un condimento o aperitivo a partir de frutos deshidratados de cuatro especies de xoconostles y establecer cuál de ellas es la más indicada para dicho propósito, de acuerdo por su disponibilidad, rendimiento, atributos químicos y sensoriales. Obtuvo frutos de cuatro especies diferentes, en plantaciones y solares de la región de San Martín de las Pirámides, en nopaleras del Estado de San Luis Potosí, Zacatecas y en la plantación del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. La cáscara de los frutos se sometió a un proceso de deshidratación y pulverización, obteniendo muestras para realizar determinaciones químicas. Los degustadores prefirieron consumir las muestras evaluadas como golosina en primer lugar, después como condimento y como aperitivo. Las muestras elegidas para cada variante fueron calificadas como agradables al gusto, sin evaluar diferencias estadísticas entre ellas. Considera que la elaboración de polvo de las paredes de los xoconostles tiene potencial económico mayor cuando se procesa el fruto fresco de menor calidad comercial o en temporada de precios bajos para el xoconostle fresco. Escamilla (1977), elaboró una mermelada de xoconostle y menciona que del jugo de la fruta puede elaborarse jarabe, útil para la fabricación de néctares y mermeladas.

La Universidad Autónoma de Guanajuato (1980), realizó análisis bromatológicos de cladodios de diferentes especies de nopal; encontrando que los xoconostles son los que presentan mayor contenido de materia seca (29.9%).

Bautista (1982), en un estudio de agroecosistemas nopaleros de México, reporta que *Opuntia joconostle* es una de las especies de mayor importancia, por la característica de permanecer el fruto sobre el nopal durante todo el año, lo que la hace una especie muy valiosa, ya que puede venderse o emplearse en cualquier época del año.

Un trabajo muy reciente sobre xoconostles, el libro de Scheinvar *et al.*, (2010), en el cual se aborda el tema de diez especies de xoconostles muy ampliamente, con descripciones taxonómicas, datos ecológicos, de distribución geográfica, bromatología, fotos de hábito, flores, frutos y fotos bajo microscopio



electrónico de barrido de aréolas, espinas, glóquidas, epidermis, granos de polen y semillas, es la investigación más reciente sobre xoconostles.

Uno de los pocos trabajos reportados en la literatura de investigaciones sobre propiedades medicinales está el de Pimienta *et al.* (1994), en el que evaluaron los efectos de la ingestión de frutos de *Opuntia joconostle* en 14 individuos sanos. Llevaron a cabo dos tratamientos; en el primero, que se consideró como control, se les suministró a los voluntarios 75 g de glucosa diluida en 250 ml de agua. En el segundo tratamiento los individuos ingirieron, al mismo tiempo, la solución de glucosa y 200 g de frutos de xoconostle. Se tomaron muestras de sangre de cada persona y se obtuvieron curvas del contenido de glucosa, insulina, triglicéridos y colesterol. Los resultados mostraron que con el consumo de xoconostles, disminuyó el nivel de colesterol de las personas sometidas al estudio.

Smith (1965), opina que quizás el género *Opuntia*, junto con el maguey, pudieron haber sido los cultivos más tempranos del Valle de Tehuacán, y ubica el probable inicio de sus cultivos alrededor de 6,000 años antes de nuestra era. Según Callen (1967), la importancia alimenticia del género *Opuntia* spp. para el hombre Mesoamericano, data de los 7,000 años antes de nuestra era pero en México se han obtenido coprolitos con semillas semifosilizadas de 10,000-9,000 años, encontradas en cuevas de Tehuacán y Tamaulipas.

Flannery (1969), señala que la dieta de los antiguos Mexicanos estaba basada principalmente en la tuna, agave cocinado, mezquite, bellotas, piñón, zarzamora, aguacate silvestre, venado, conejo, tortuga y palomas, lo cual nos da una evidencia clara de la importancia que tenía la tuna en la vida cotidiana de los indígenas.

Crespo (1976), en un estudio arqueológico realizado en la subárea cultural del Gran Tunal, que se extiende desde Santa María del Río a Salinas, San Luís Potosí, encontró que el patrón de asentamiento de poblaciones coincide con la zona de distribución de la Gran Nopalera, lo cual sugiere que su presencia fue un factor importante en los procesos de sedentarización que ahí ocurrieron.

### **3.6. Análisis Químico**

El análisis químico incluye una serie de determinaciones para conocer la composición de los materiales destinados a la alimentación, por ello, es una rama de la química analítica (Martínez, 2008). El sistema Weende o análisis proximal de alimentos, consta de un conjunto de determinaciones químicas utilizado desde el siglo XIX para evaluar en forma global cada grupo de los nutrientes que contiene un alimento (agua, lípidos, hidratos de carbono, proteína y minerales) y consta de las siguientes determinaciones: humedad, extracto etéreo, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, proteína cruda y cenizas (Martínez, 2008). Estas determinaciones, a excepción de la humedad pueden contener más de un compuesto químico (Tabla 2). Es usado comúnmente (complementado con métodos cromatográficos, electroquímicos, espectroscópicos y espectrofotométricos, principalmente) para elaborar tablas de composición de alimento (Martínez, 2008; Scheinvar *et al.*, 2010).



**Cuadro 2. Determinaciones químicas en el análisis proximal (Martínez, 2008).**

Nutrimento	Determinación en el análisis proximal	Compuestos químicos que teóricamente pueden estar en esta determinación
Agua	Humedad	Agua
Proteína	Proteína cruda	Aminoácidos; clorofilas; compuestos inorgánicos nitrogenados: amoniaco, hidróxido de amonio, nitratos, nitritos, sales de amonio; compuestos orgánicos nitrogenados no proteicos: ácidos nucleicos, aminas, glucósidos nitrogenados y vitaminas del complejo B; proteínas.
Lípidos	Extracto etéreo	Aceites, ácidos orgánicos liposolubles, cerebrósidos, esterolés, fosfátidos, grasas, lipoproteínas, pigmentos liposolubles y vitaminas liposolubles.
Hidratos de carbono	Extracto libre de nitrógeno (ELN)	Ácidos orgánicos hidrosolubles, almidones, celulosa, disacáridos, monosacáridos, pectinas, resinas, trisacáridos y vitaminas hidrosolubles.
Minerales	Fibra cruda Cenizas	Hemicelulosa y lignina Compuestos de Ca, Cl, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na P, S, Se, Si y Zn.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Generales

- Contribuir al conocimiento de las especies productoras de frutos conocidos como xoconostle del género *Opuntia* Mill.
- Identificar las especies productoras de xoconostle del género *Opuntia*, de la zona de estudio, Villa de Tezontepec, municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo.

### 4.2. Particulares

- Indagar la presencia de híbridos en el sitio de estudio con base en comparación de caracteres morfológicos.
- Realizar estudios con microscopía electrónica de barrido, en aréolas, espinas, glóquidas, epidermis, granos de polen y semillas, que permitan caracterizar la morfología y micro-morfología de cada taxa encontrado.
- Aportar información bromatológica de las especies productoras de xoconostles. (cladodios y frutos).
- Incrementar la "Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos" *ex situ*, del Jardín Botánico del IB-UNAM, con las especies productoras de xoconostles.

## 5. ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

### 5.1. Descripción y ubicación del área de estudio

El estado de Hidalgo representa el 1.1% de la superficie del país, se ubica entre los paralelos 21°24' al norte, al sur 19°36' de latitud norte; al este 97°58', al oeste 99°53' de longitud oeste, colinda al norte con Querétaro de Arteaga, San Luis Potosí y Veracruz-Llave; al este con Veracruz-Llave y Puebla; al sur con Puebla, Tlaxcala y México; al oeste con México y Querétaro de Arteaga. El Municipio de Villa de Tezontepec, tiene una extensión territorial de 13,360 Km<sup>2</sup>, se ubica entre los paralelos 19° 53' de latitud norte y 98° 49' de longitud oeste,



a una altitud de 2,320 metros sobre el nivel del mar, 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, dos cabeceras de subsistema y nueve localidades menores. Siendo las principales: Colonia Morelos, Colonia Guadalupe, Colonia Juárez, Texpa y Acozac (INEGI, Marco Geoestadístico, 2000).

### 5.1.1. Fisiografía y Geología



Figura 2. Mapa de la Fisiografía del Estado de Hidalgo, se observa que el municipio de Villa de Tezontepec corresponde a la provincia del Eje Neovolcánico (INEGI, 2000).



Figura 3. Mapa de la Geología del Estado de Hidalgo, el municipio de Villa de Tezontepec pertenece a la formación del Cenozoico Terciario, con suelos de origen sedimentario (INEGI, 2000).

Los límites del estado de Hidalgo encierran áreas que corresponden a tres provincias fisiográficas del país: La Sierra Madre Oriental, El Eje Neovolcánico y La Llanura Costera del Golfo Norte (Figura 2). Las características litológicas y estructurales de las rocas que afloran en las provincias Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y Llanura Costera del Golfo del Norte, que cubren el estado de Hidalgo, indican que hubo diferentes eventos geológicos de tipo orogénico, que asociados al volcanismo y al relleno de cuencas oceánicas dieron el carácter estructural a esta entidad. Aquí es donde se puede apreciar mejor el complejo desarrollo geológico del territorio nacional, ya que en la provincia de la Sierra Madre Oriental afloran las rocas más antiguas de México (Precámbrico) y junto con está una serie completa de unidades estratigráficas que abarca el Paleozoico Superior (Pérmico), todo el Mesozoico y el Cenozoico (Figura 3). El relieve estructural de la provincia que cubre al estado fue modelado por diversos agentes que dieron las características morfológicas que ahora se manifiestan superficialmente. El perfil de Hidalgo es muy variado, el piso más bajo tiene unos cuantos metros sobre



el nivel del mar; le sigue otro de 800 metros de altura; y el más poblado de los tres, aunque menos extenso, alcanza altitudes mayores a los dos mil metros. El terreno donde se asienta el municipio Villa de Tezontepec, se encuentra ubicado en el eje neovolcánico se compone en su mayoría de lomeríos, y llanos planos, también se localiza en el municipio el Cerro de Tezontle (INEGI, 2009).

### 5.1.2. Hidrología y Clima



Figura 4. Mapa de la Hidrología del Estado de Hidalgo (INEGI, 2009).



Figura 5. Mapa de los tipos de Clima del Estado de Hidalgo, el Municipio de Villa de Tezontepec presenta el clima de tipo semiseco templado (INEGI, 2009).

Entre las principales corrientes pluviales, destacan los ríos Tula, Amajac y Metztitlán (Figura 4). El río Tula tiene como principales afluentes, el río Rosas, Cuautitlán, Guadalupe y Salado. Al unirse con el río San Juan toma el nombre de Moctezuma, que sirve de límites con Querétaro, penetrando posteriormente a San Luis Potosí para formar el río Pánuco (INEGI, 2009). Las principales lagunas del estado son: las de Metztitlán, Zupitlán (Tulancingo); de San Antonio, Pueblilla y Carrillos (Apan); de Atezca (Molango); de San Miguel (Huasca); y de San Francisco (INEGI, 2009). En el Municipio de Villa de Tezontepec cruza el río Pánuco, el tipo de clima (Figura 5) del Municipio de Villa de Tezontepec es semiseco templado (INEGI, 2009).



### 5.1.3. Precipitación y Vegetación



Figura 6. Mapa de la precipitación anual del Estado de Hidalgo, el Municipio de Villa de Tezontepec presenta una precipitación media anual de 500 a 600 mm. (INEG, 2009.).



Figura 7. Mapa de los tipos de Vegetación del Estado de Hidalgo, el Municipio de Villa de Tezontepec se encuentra el tipo de agricultura por medio de riego (INEGI, 2009).

El 39% del estado presenta clima seco y semiseco, el 33% templado subhúmedo el 16% cálido húmedo, 6% cálido subhúmedo y el restante 6% templado húmedo, estos últimos se presentan en la zona de la Huasteca (INEGI, 2009). La temperatura media anual es de 16°C. La temperatura mínima del mes más frío, enero, es alrededor de 4°C y la máxima se presenta en abril y mayo que en promedio es de 27°C. La lluvia se presentan en verano, en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de 800 mm anuales. El clima que se manifiesta en el municipio es templado, registra una temperatura media anual de 14.5°C, una precipitación pluvial (Figura 6) de 508 milímetros por año y el período de lluvias es de abril a agosto (INEGI, 2009). La flora que predomina en el Estado de Hidalgo es de tipo árido y semiárido, en el Municipio Villa de Tezontepec, predomina la agricultura por medio de riego (Figura 7). La fauna que existe en el municipio es la característica de tipo árido y semiárido la cual se compone de los siguientes mamíferos: coyotes, conejos, zorrillos y tuzas. También se encuentran varios tipos de reptiles, insectos y una gran variedad de arácnidos (INEGI, 2009).



## 5.2. Trabajo de campo

Se realizó en una plantación, localizada en Villa de Tezontepec, Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, para recolectar cuatro cladodios de cada planta, flores y frutos (se colectó polen para ser observados bajo el microscopio electrónico de barrido); dos cladodios para herborizarlos, un cladodio para cultivo *ex situ* y un cladodio para realizar estudios de bromatología.

Se registró por planta, altura y tronco, Se obtuvieron datos de altitud, latitud y longitud georreferenciados (GPS Garmin eTrex 210 en decimales y en UTM con GPS Garmin Colorado 200, y altitud en metros) y se tomaron fotos digitales con una cámara fotográfica digital Sony  $\alpha$ 200, de su hábito, cladodios, flores y frutos a 300 dpi.

## 5.3. Trabajo de gabinete

Se realizó en seis partes: Revisión bibliográfica; Identificación de las especies colectadas; Herborización; Fotografías bajo el Microscopio Electrónico de Barrido; Análisis bromatológicos y Elaboración de fichas taxonómicas.

### 5.3.1. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica, para conocer la familia Cactaceae, al género *Opuntia*, y en especial las especies productoras de xoconostles, consultando: Bravo-Hollis (1978), Britton y Rose (1919), Parfitt y Pinkava (1988), Pinkava (1996; 2002), Guzmán *et al.* (2003), Hunt (2006) y Scheinvar (1974,1981, 1982, 1985, 1987, 2004, 2008); Scheinvar *et al.* (2001, 2002, 2003, 2009, 2010).

Se revisó también la norma nacional de protección de las especies mexicanas NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT 2002), las listas internacionales IUCN (2007) y el CITES (2007) para conocer las especies silvestres referidas de *Opuntia* en cada una.

### 5.3.2. Identificación de especies

Se identificaron las plantas colectadas consultando claves dicotómicas y la asesoría de la Doctora Léia Scheinvar, teniendo como base el criterio taxonómico de Bravo-Hollis (1978), Britton y Rose (1919), Parfitt y Pinkava (1988), Pinkava (1996; 2002), Guzmán *et al.* (2003), Hunt (2006) y Scheinvar (1974,1981, 1982, 1985, 1987, 2004, 2008); Scheinvar *et al.* (2001, 2002, 2003, 2009, 2010).

### 5.3.3. Herborización

Dos de los cuatro cladodios colectados por planta, se destinaron para la elaboración de ejemplares de herbario para ser depositados en: MEXU, CHAPA, ARIZ y MO.

Técnica de herborización: cladodios, flores y frutos, fueron cortados longitudinalmente, colocados entre láminas corrugadas de aluminio, sumergidos por siete días en alcohol etílico a 96<sup>o</sup>, prensados y depositados en una secadora para deshidratar. Ya secos, se guardaron junto con su etiqueta



dentro de sobres de papel periódico, para ser enviados al MEXU, indicando los herbarios donde deberán ser enviados.

Los datos de colecta obtenidos en campo debidamente georreferenciados, fueron vaciados en la base de datos ESNM (inédito), en Biótica 4.5.5 de CONABIO.

#### **5.3.4. Fotografías bajo el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)**

Se tomaron fotos al MEB de aréolas, espinas, glóquidas, epidermis, polen y semillas. El polen se montó directamente a los portamuestras del MEB, al no presentar impurezas. Las aréolas, espinas, glóquidas, epidermis y semillas, fueron fijadas con una solución FAA (Formol, Alcohol y Ácido acético) durante 24-48 h. Posteriormente fueron lavadas al choro de agua para eliminar los excedentes de la solución; la deshidratación consistió en pasar las estructuras por serie de diluciones de alcohol etílico (ETOH), que van de 30%, 50%, 70%, 95 % y 100%, en lapsos de 2 h. para cada dilución, denominado “tren de alcoholes”, posteriormente se trataron en xilol durante 24 h. y se metieron en un sonicador para eliminar impurezas, posteriormente se eliminó el xilol enjuagando la muestra con alcohol etílico, las muestras ya secas y libres de impurezas se montaron a los portamuestras para ser observadas con el MEB.

#### **5.3.5. Análisis bromatológicos**

Para complementar el presente trabajo fueron realizados por el Laboratorio de Análisis Químicos para Alimentos del Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, se hicieron los análisis: de cladodios y frutos por la Q. A. Águeda García Pérez con la supervisión del MPA MVZ Sergio C. Ángeles Campos, 2009.

#### **5.3.6. Elaboración de fichas taxonómicas**

Las fichas taxonómicas se realizaron para taxón, con base en el formato enviado por CONABIO, con algunas modificaciones.

Para investigar la existencia de tipos y sinónimos se consultó las publicaciones relacionadas con el género *Opuntia* de Crock y Mottram (1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003), Hunt (2006) y Scheinvar (1974,1981, 1982, 1985, 1987, 2004, 2008).

#### **5.4. Cultivo *ex situ* de nopales**

De cada uno de los 10 números de colecta, se cultivó un cladodio en el camellón OP-7 del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IB-UNAM), Incrementando la “Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos”, del JB-IBUNAM, con fines didácticos y científicos. Las plantas traídas al Jardín Botánico, pasaron por un periodo de cuarentena para evitar la introducción de posibles plagas al Jardín Botánico. Pasada la cuarentena se procedió a sembrar el cladodio verticalmente hasta la mitad, para estimular el crecimiento de raíces. Los



cladodios cultivados fueron ubicados espacialmente dentro de un mapa del camellón para poder acompañar su desarrollo. De cada planta se registró: nombre científico, colector, número y fecha de colecta, localidad, municipio y nombre del Estado.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Relación de los taxa encontrados

Del cultivar localizado en Villa de Tezontepec, Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, se colectó un total de 10 taxa (40 cladodios), correspondientes a dos especies conocidas, cuatro especies híbridas, tres formas hortícolas, form. hort. nov. y una especie nueva, las cuales están proceso de publicación.

***Opuntia joconostle*** F.A.C. Weber, 1928.

***O. joconostle*** F.A.C. Weber **x** ***O. matudae*** Scheinvar.

***O. joconostle*** F.A.C. Weber **x** ***O. oligacantha*** Förster.

***O. joconostle*** F.A.C. Weber **f. rubra** Gallegos & Scheinvar, f. nov.

***O. matudae*** Scheinvar **f. amarilla** Scheinvar & Martínez, f. nov.

***O. matudae*** Scheinvar **f. pubescente** Scheinvar & Martínez, f. nov.

***O. xmegacantha*** Salm-Dyck.

***O. oligacantha*** Förster, 1846.

***O. streptacantha*** Lem. **x** ***O. matudae*** Scheinvar.

***O. tezontepecana*** Gallegos & Scheinvar, sp. nov.



## 6.2. Fichas Taxonómicas

### Información taxonómica

**Reino:** PLANTAE  
**División:** MAGNOLIOPHYTA  
**Clase:** MAGNOLIOPSIDA  
**Orden:** CARYOPHYLLALES  
**Familia:** CACTACEAE  
**Nombre científico:** *Opuntia oligacantha* Förster, 1846.  
**Nombre Común:** Nopal del borrego.

### Descripción de la especie:

**Hábito** arbustivo, 1.20 m de altura (Fig. 8A). **Tronco** no definido (inconspicuo, poco aparente), 25 cm de diámetro. **Epidermis** pubescente, tricomas cónicos, unicelulares y encorvados, estomas paracíticos (Fig. 11A). **Cladodios** obovados con la base angosta, de 26 x 16 cm, y ca. 1.8 cm de espesor, color verde medio (Fig. 8B). **Aréolas** dispuestas en 11-12 series, 2 cm de separación entre series, 1.8 cm de separación entre aréolas, elípticas, de 0.4–0.5 x 0.3–.4 cm, tricomas cortos, grisáceos. **Glóquidas** amarillentas con la base marrón, dispuestas en la parte superior de la aréola, cortas, aproximadamente de 0.2 cm de largo, ápices ligeramente elevados, células epidérmicas retrobarbadas y angosta (Fig. 10F). **Espinas** 0-5, ausentes en la parte inferior de los cladodios, setosas, desiguales, de 0.4-1.9 cm de largo, blancas, ápice amarillento, aplanadas en la base y reflejas. **Cladodios juveniles** verde medio a fuerte, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, rosado-cremosos, hojas subuladas, erectas, de color rojizo, ápice uncinado (Fig. 8C). **Botones florales** agudos, segmentos del perianto color pardo, ápice rojizo, acuminado, pericarpelos elípticos a obovados, tubérculos elevados, aréolas con tricomas largos, glóquidas color amarillo, algunas aréolas con cerdas marrón (Fig. 9A y 9B). **Flores** amarillo verdoso (Fig. 9C), 5.9-8.1 cm de largo, pericarpelo obovado, de ca. 4.2 x 2.3 cm, aréolas dispuestas en 7 series, distantes 0.3 cm entre sí, escama basal crasa, segmentos exteriores del perianto deltoides, ápice mucronado, amarillo verdosos, con amplia estría rojiza, segmentos interiores amarillos, obovados, ápice mucronado, muy ligeramente rojizo, estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos blanco-amarillentos, anteras blancas, estilo cuneiforme, ca. 2 cm de largo, rosado, lóbulos del estigma generalmente 7, papilosos, de ca. 0.3 cm de largo, verdes con estría mediana blancuzca (Fig. 9D). **Granos de polen** poligonales, tectados, suprareticulados, 95 µm de diámetro, muros anchos y glabros, con 15-16 poros (Fig. 8A). **Frutos** elípticos a obovados (Fig. 11D), 5.5-8.0 cm de largo, rosados con manchones amarillentos, cicatriz floral ligeramente hundida (0.6 cm), estriada, aréolas chicas, dispuestas en 4-5 series, distantes 1 cm entre sí y las series distantes 1.4 cm entre sí, espinas ausentes, paredes anchas, rosadas y ácidas, funículos rosados, semisecos e insípidos (Fig. 9E). **Semillas** elipsoides, ca. 0.3 cm de diámetro, arilo lateral angosto e irregular, con un pico prominente, región hilo-micropilar lateral, poco profunda, micrópilo y funículo inclusos (Fig. 12A).



---

## Material de Herbario

**Estado de Hidalgo:** Municipio de Alfajayucan, Alfajayucan, 1880 m, *L. Scheinvar* 2332 y *F. Cintara* (MEXU). Municipio de Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec, 2329 m, *C. Martínez 1* (Ejemplares por distribuirse).

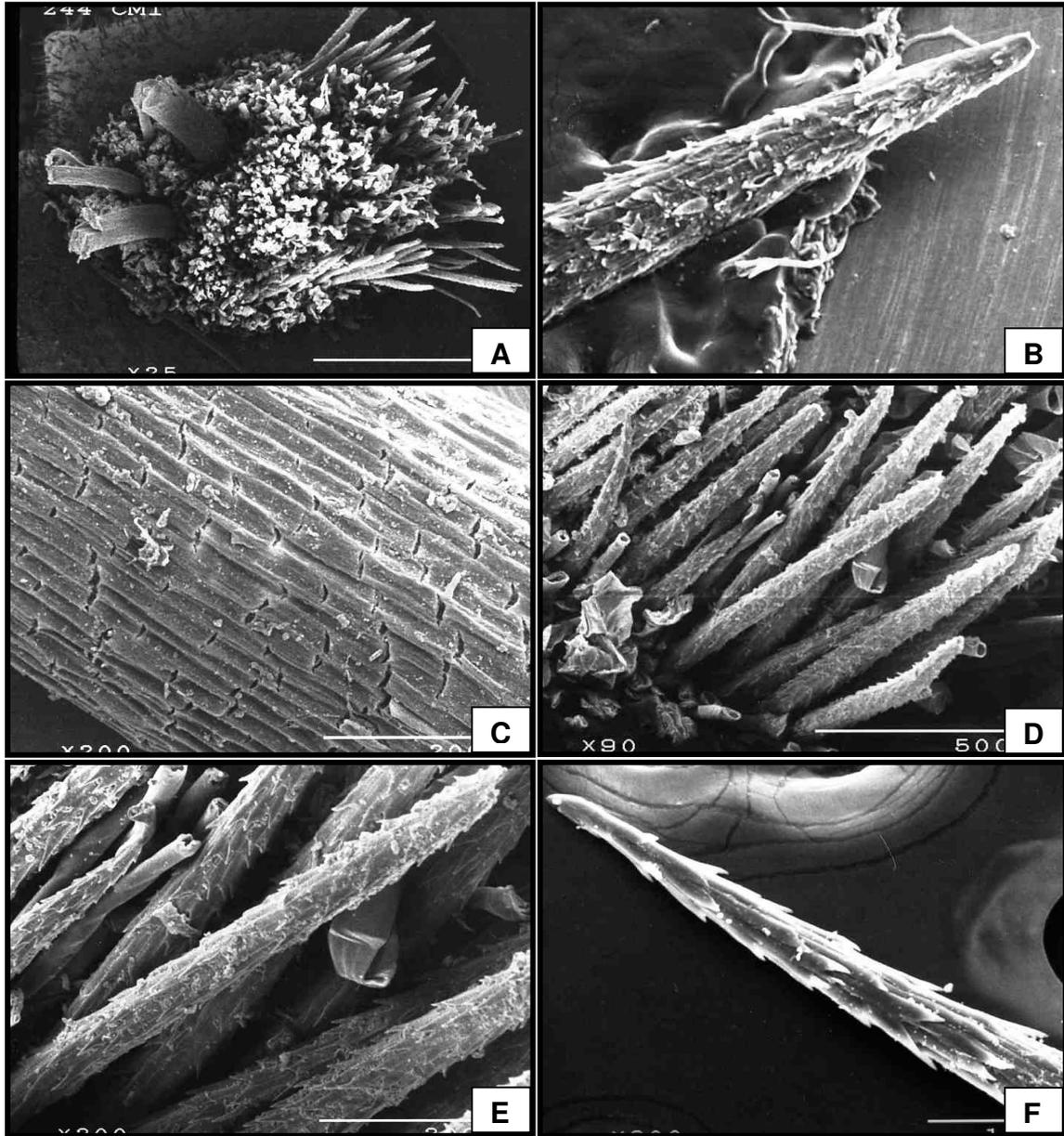
*Opuntia oligacantha* Förster, 1846.



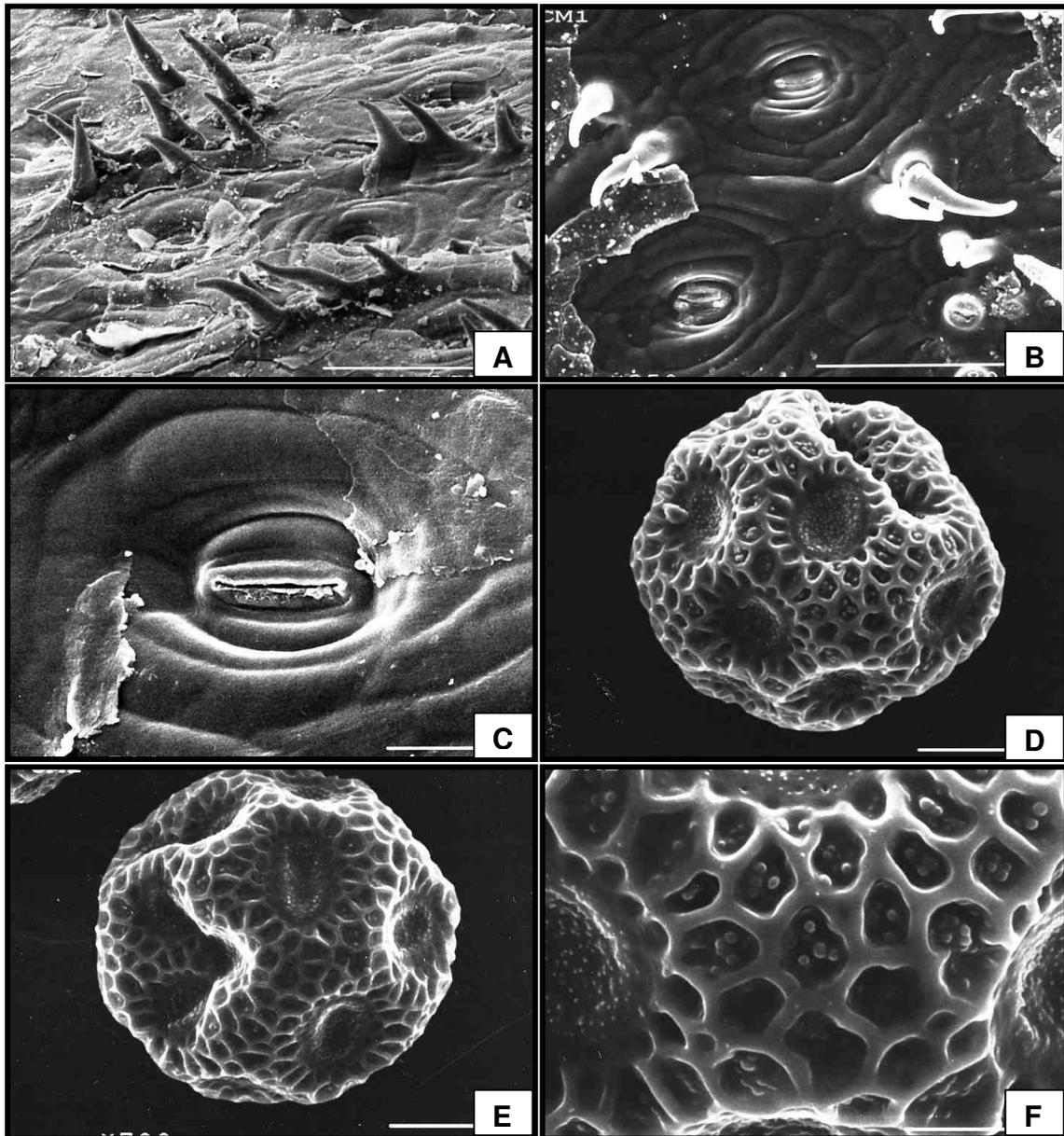
**Figura 8.** –**A.** Hábito arbustivo, 1.20 metros de altura. Loc. Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, planta nativa de este lugar. –**B.** Cladodios obovados, espinas ausentes en las aréolas inferiores. – **C.** Cladodio juvenil, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, rosado-cremosos, hojas subuladas, erectas, de color rojizo con el ápice uncinado. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 1* (MEXU).



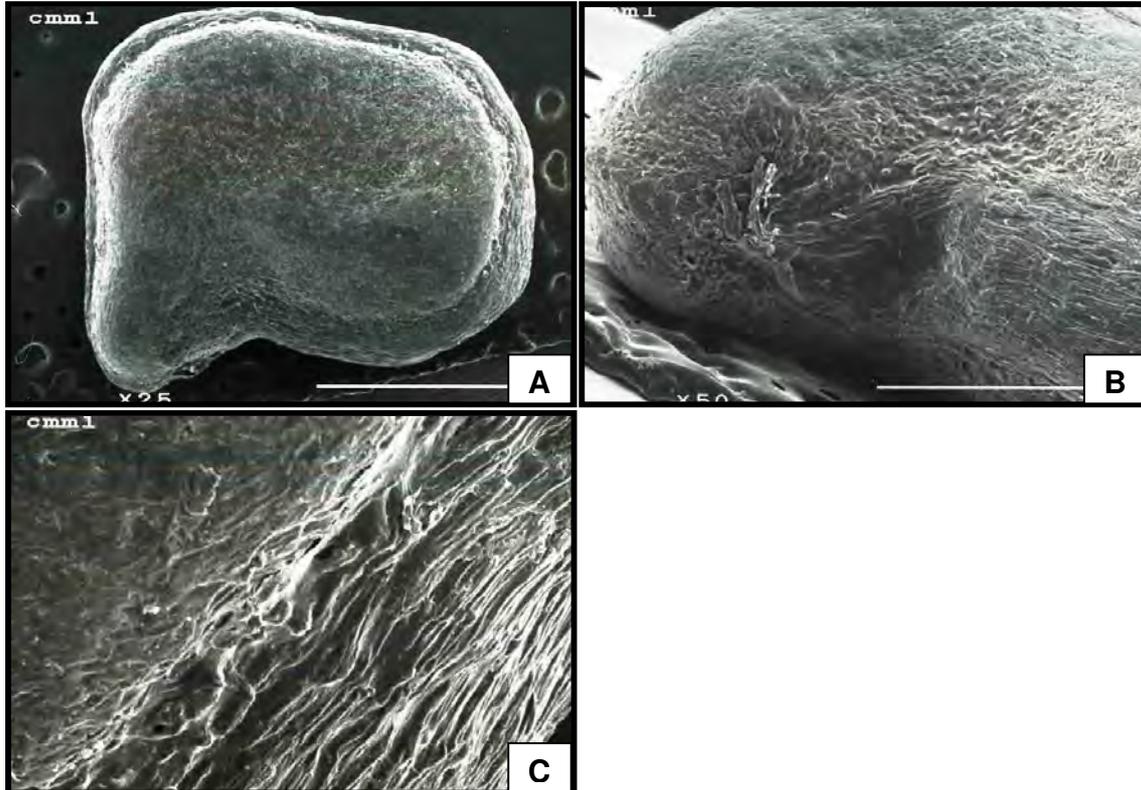
**Figura 9.** –**A y B.** Botón floral agudo, segmentos del perianto color pardo, ápice acuminado, color rojizo, pericarpelo elíptico a obovado, tubérculos elevados, aréolas con tricomas largos y glóquidas color amarillo, algunas aréolas con cerdas amarillentas.–**C.** Flor en antesis, vista superior, segmentos interiores amarillos, obovados con el ápice mucronado. –**D.** Corte longitudinal de la flor, filamentos amarillos y anteras blancas, estilo blanco en la base y rosado en la parte superior, lóbulos del estigma verdes. –**E.** Frutos de forma obovados, rosados con manchones amarillentos, 4-5 series de aréolas, espinas ausentes, glóquidas amarillas. –**F.** Corte longitudinal del fruto, 6 cm de largo, paredes anchas, rosadas y ácidas, funículos rosados, semisecos e insípidos. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 1* (MEXU).



**Figura 10.** –**A.** Aréola, tricomas cortos y glóquidas en la parte superior de la aréola, base de una espina central triangular y dos espinas radiales aplanadas, (x25). –**B.** Parte apical de una espina, células epidérmicas cortas y angostas, (x100). –**C.** Parte media de una espina, células paralelas entre sí, transversalmente fisuradas, (x200). –**D.** Glóquidas, (x90). –**E y F.** Mayor aumento de las glóquidas, células epidérmicas con ápices ligeramente elevados y angostas, (x300).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 1* (MEXU).



**Figura 11.** –A. Epidermis pubescente, tricomas cónicos y encorvados, (x200). –B. Tricomas encorvados, (x250). –C. Estoma paracítico, (x700). –D y E. Grano de polen, poligonal, con 16 poros, (x700). –F. Acercamiento de un grano de polen, observando retículo, forámenes y la parte de dos poros, muros anchos y glabros, (x2000).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 1* (MEXU).



**Figura 12.** –**A** Semilla elipsoide, con una prominencia, arilo lateral angosto e irregular (x25). –**B**. Vista basal de la semilla, región hilo-micropilar lateral, poco profunda, micrópilo y funículo incluidos, testa punteada, (x50). –**C**. Células del arilo lateral, (x180).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 1* (MEXU).

**Proyecto:**

Promoción para la conservación y el aprovechamiento del Xoconostle. Proyecto FRU-NOP-03-b, SAGARPA-SINAREFI x Laboratorio de Cactología del Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM.

Fotografías: César Martínez.

Microscopia electrónica de barrido: Berenit Mendoza Garfias IB-UNAM.



**Distribución Geográfica:** Aguascalientes, Estado de México, Guanajuato Hidalgo, Michoacán, Querétaro, San Luís Potosí, Tlaxcala y Zacatecas.

**Ambiente**

**Hábitat:** Suelo sedimentario, matorral xerófilo (Rzedowski, 1978).

**Fenología:** Florece en marzo-abril, la fructificación es de julio-septiembre, estos persisten durante más de 8 meses en los cladodios, hasta ser cosechados.

**Relevancia de la especie:** Especie endémica de México. Inicialmente redescubierta por Scheinvar (1987) en Real del Monte Hidalgo, bosque de pino-encino. Posteriormente se encontró en los Estados anteriormente mencionados.

**Usos:** El fruto es un xoconostle utilizado en la altiplanicie mexicana como condimento en la elaboración de guisos. Los cladodios sirven de forraje, los cladodios juveniles como verdura (Scheinvar *et al.*,2010).

**Estatus de Conservación**

**CITES:** Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, el cual permite la colecta de material en el campo, siempre y cuando se tenga un permiso de colector científico emitido por SEMARNAT.

**NOM-059-ECOL-2001 (2002):** No está incluida.

**IUCN:** No está incluida.



## Análisis Bromatológicos

### Análisis Químico Inmediato \*:

\* Método AOAC Químico Proximal (1990)

RESULTADOS				
Determinación en el análisis proximal	Cladodio		Fruto	
	B.H.	BASE 100	B.H.	BASE 100
Materia seca		6.06%		11.90%
Humedad		93.94%		88.1%
Proteína Cruda (Nitrógeno* 6.25)	0.49%		0.68%	
Extracto Etéreo	0.18%		0.80%	
Cenizas	1.60%		1.18%	
Fibra Cruda	1.35%		4.74%	
Extracto Libre de Nitrógeno	2.44%		4.50%	
Total de Nutrimientos Digestibles	2.75%		6.14%	
Energía Digestible. Kcal/Kg (Aproximadamente)	121.24		270.71	
Energía Metabolizada. Kcal/Kg (Aproximadamente)	99.41		221.96	

### Análisis de Fracciones de la fibra (Van Soest):

RESULTADOS		
	Cladodio	Fruto
Fibra Neutro Detergente	58.62%	57.46%
Contenido Celular	41.38%	42.54%
Fibra Ácido Detergente	39.60%	21.48%
Hemicelulosa	19.02%	35.98%
Celulosa	19.16%	18.10%
Lignina	1.80%	3.38%

### Determinación de Minerales\*

<sup>1</sup> Método de AOAC 927.02 (1990)

<sup>2</sup> Método AOAC 965.17 (1990)

RESULTADOS		
Mineral	Cladodio	Fruto
CALCIO <sup>1</sup>	4.40%	1.60%
FÓSFORO <sup>2</sup>	0.60%	0.17%



## Información taxonómica

**Reino:** PLANTAE  
**División:** MAGNOLIOPHYTA  
**Clase:** MAGNOLIOPSIDA  
**Orden:** CARYOPHYLLALES  
**Familia:** CACTACEAE  
**Nombre científico:** *Opuntia xmegacantha* Salm-Dyck.  
**Nombre Común:** Xoconostle de cerro rojo.

## Descripción de la especie:

**Hábito** arbustivo, 1.18 m de altura (Fig. 13A). **Tronco** no definido (inconspicuo, poco aparente), 25 cm de diámetro. **Epidermis** glabra, estomas paracíticos, células epidérmicas oblongas con paredes anticlinales, rectas y encorvadas (Fig. 15F). **Cladodios** obovados, de 23 x 15 cm y ca. 1.8 cm de espesor, con la base angosta, color verde oscuro, recubierto de una capa de cera (Fig. 13B). **Aréolas** dispuestas en 12-13 series, 3 cm de separación entre aréolas, 2.4 cm entre series, elípticas, de 0.3 x 0.2 cm, tricomas cortos, grisáceo-negruzcos. **Glóquidas** marrón, cortas, dispuestas en la parte superior de la aréola, células epidérmicas angostas, ápices ligeramente elevados y retrobarbados (Fig. 15E). **Espinas** 3-8, presentes en todo el cladodio, aciculares, flexibles, desiguales, de 0.6-3.8 cm de largo, la central es la más larga, refleja, tocando las espinas de la aréola inferior, las radiales 4-6, dos superiores ascendentes, las demás radiales, blancas con la base marrón y el ápice translucido, ambarino. **Cladodios juveniles** verde claro, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, amarillentos a rojizos, pelos setosos, blancos, hojas subuladas, erectas, color rojizo con el ápice uncinado (Fig. 13C). **Botones florales** agudos, segmentos del perianto rojizos, ápice acuminado, pericarpelos elípticos a obovados, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos, color café claro, glóquidas marrón, casi todas las aréolas con cerdas marrón (Fig. 14A y 14B). **Flores** amarillas (Fig. 14C), pasando al segundo día a color salmón, 8 cm de largo, pericarpelo elíptico a obovado, de ca. 4 x 2.3 cm, aréolas dispuestas en 6 series, distantes 0.6 cm entre sí, escama basal crasa, segmentos exteriores del perianto deltoides, ápice mucronado, verde con tintes purpúreos en la parte apical y media, segmentos interiores oblanceolados, ápice emarginado, amarillentos, estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos amarillentos, anteras blancas, estilo cuneiforme, ca. 2.4 cm de largo, rosado, lóbulos del estigma generalmente 8, papilosos, de ca. 0.4 cm de largo, verdes con estría mediana rosada (Fig. 14D). **Granos de polen** poligonales, tectados, suprarreticulados, periporados, 100 µm de diámetro, muros anchos y glabros, con 12 poros (Fig. 16A). **Frutos** circulares a obovados (Fig. 14E), 6.3 cm de largo, color rojo medio, cicatriz floral poco profunda (0.3 cm), estriada, aréolas chicas, dispuestas en 5-6 series, distantes 1.1 cm entre sí y las series distantes 1.2 cm entre sí, espinas blancas, ápice ligeramente rojizo, glóquidas marrón, paredes anchas, rosadas y ácidas, funículos rojizos, semisecos e insípidos (Fig. 14E). **Semillas** irregularmente lenticulares, grisáceas, ca. 0.4 cm de diámetro, arilo



---

lateral irregular, región hilo-micropilar lateral, profunda, micrópilo y funículo inclusos (Fig. 16A).

### **Material de Herbario**

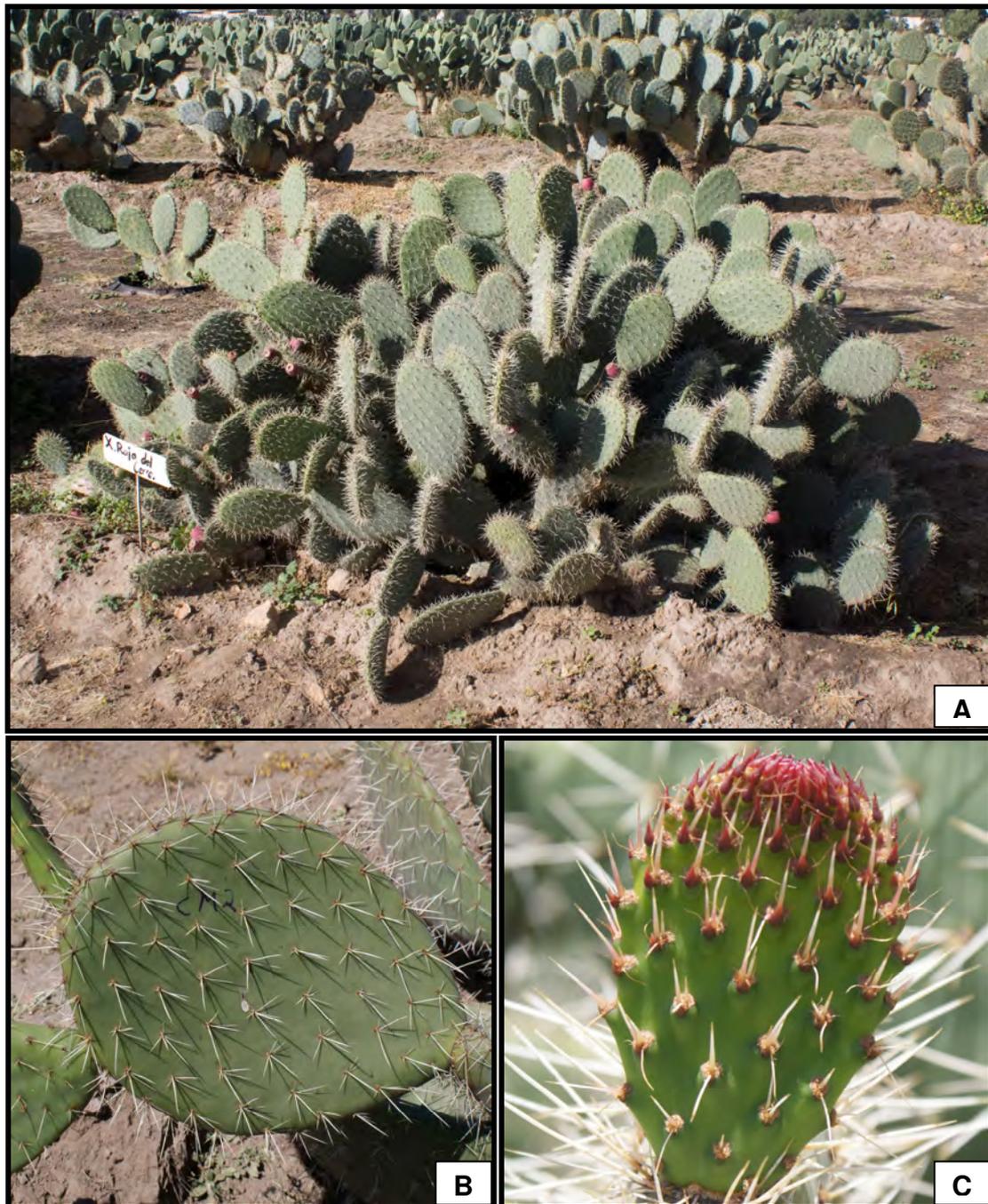
**Estado de Hidalgo:** Municipio de Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec, 2329 m, *C. Martínez 2* (Ejemplares por distribuirse).

### **Discusión.**

Se considera híbrido, ya que presenta características descritas para *Opuntia megacantha*, pero difiere en relación a sus frutos, presentando características de xoconostles: paredes anchas, suculentas, ácidas y funículos semisecos e insípidos.



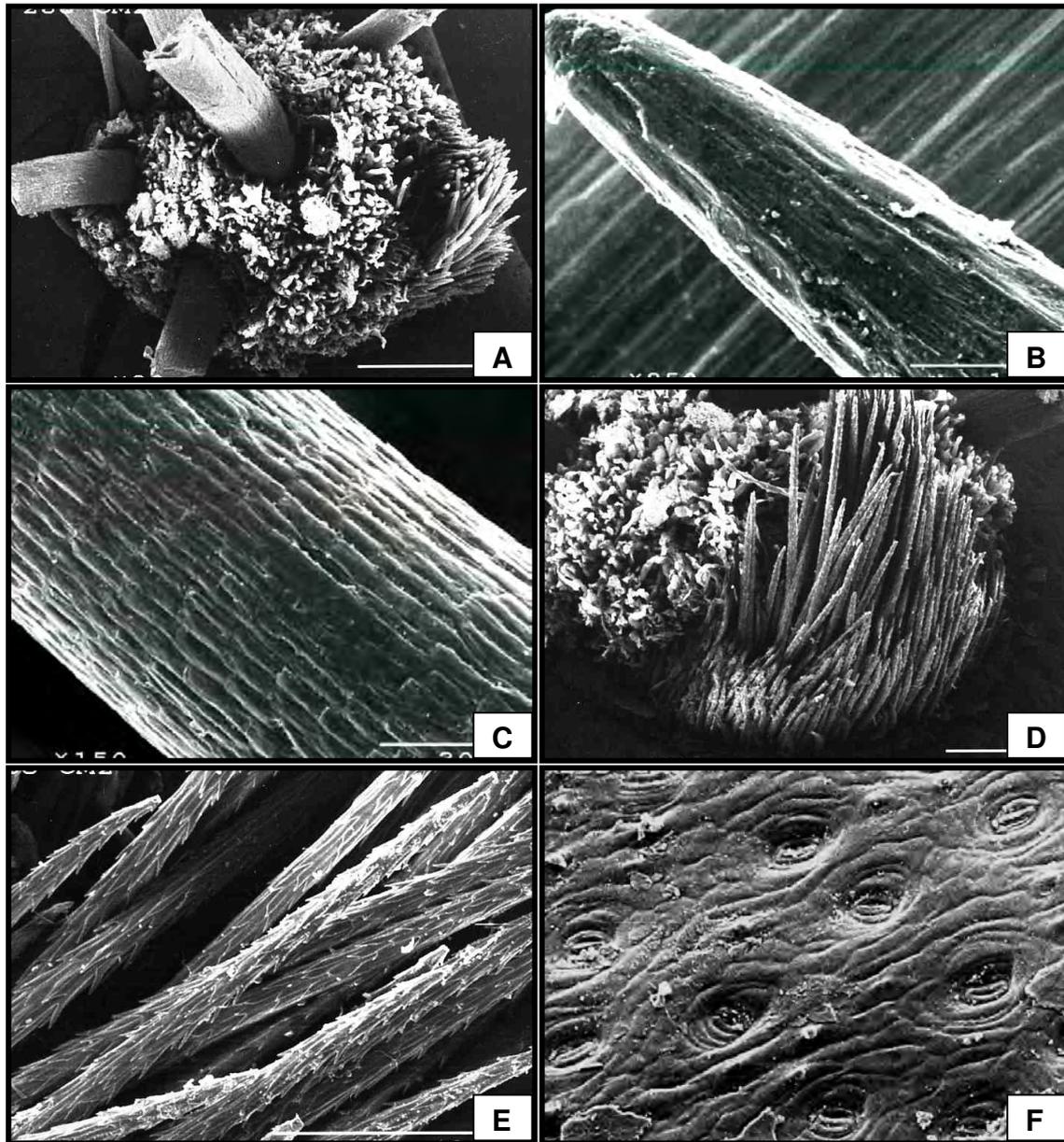
*Opuntia xmegacantha* Salm-Dyck.



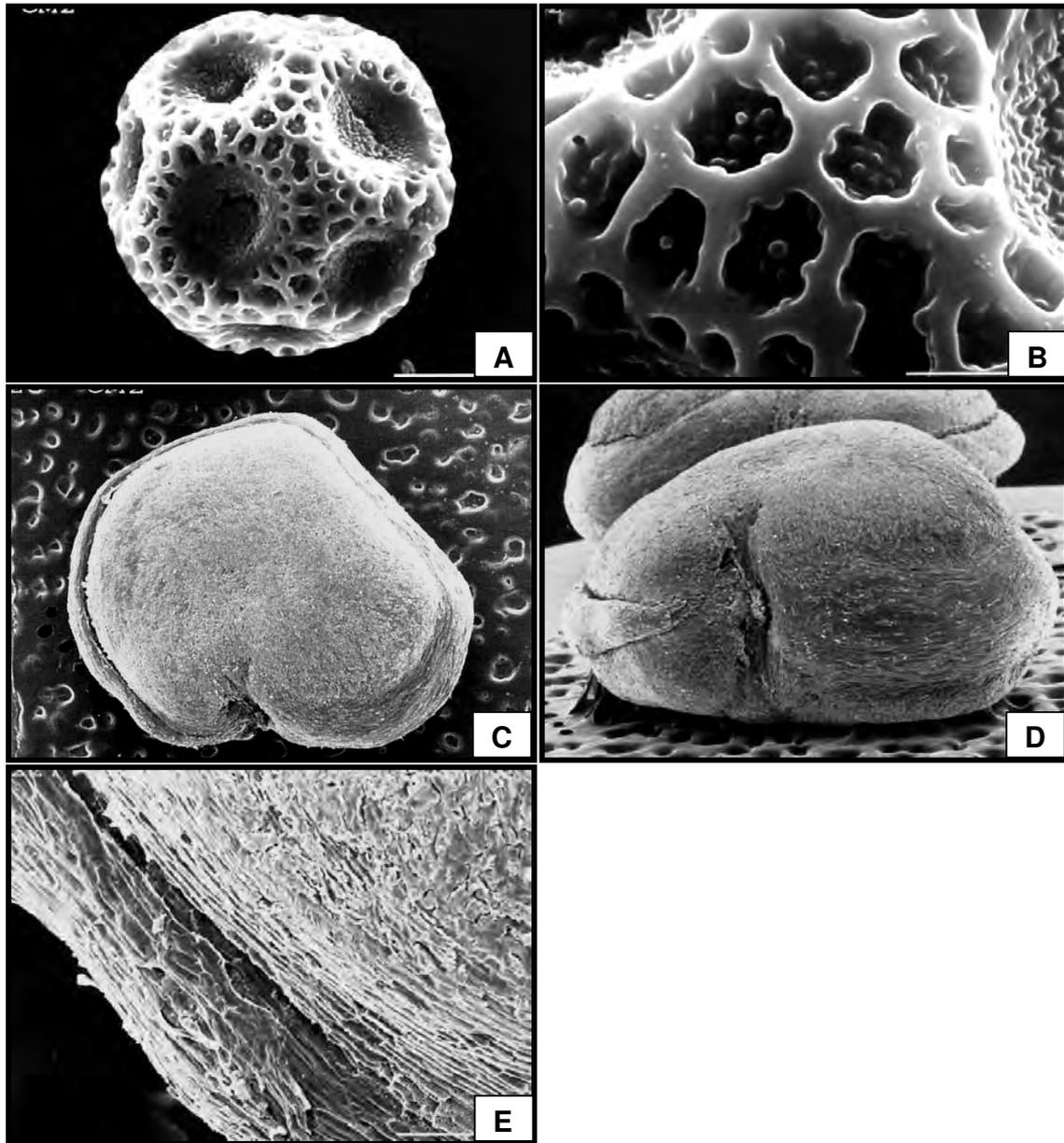
**Figura 13.** –A. Hábito arbustivo, 1.18 metros de altura. Loc. Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, planta nativa de este lugar. –B. Cladodios obovados, espinas presentes en todas las aréolas. –C. Cladodio juvenil, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, amarillentos a rojizos, pelos setosos, blancos, hojas subuladas, erectas, de color rojizo con el ápice uncinado. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 2* (MEXU).



**Figura 14.** –A y B. Botón floral agudo, segmentos del perianto rojizos, ápice acuminado, pericarpelos elípticos a obovados, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos color café claro, glóquidas color marrón y casi todas las aréolas con cerdas marrón. –C. Flor en antesis, vista superior, segmentos interiores amarillos, oblanceolados con el ápice emarginado. –D. Corte longitudinal de la flor, filamentos amarillentos y anteras blancas, estilo rosado, lóbulos del estigma verdes. –E. Frutos de forma circulares a obovados, color rojo medio, 5-6 series de aréolas, espinas blancas, ápice ligeramente rojizo, glóquidas marrón –F. Corte longitudinal del fruto, 6.3 cm de largo, paredes anchas, rosadas y ácidas, funículos rojizos, semisecos e insípidos. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 2* (MEXU).



**Figura 15.** –A. Aréola, tricomas cortos en la parte central, glóquidas en la parte superior de la aréola, base de una espina central triangular y cinco espinas radiales aplanadas, (x20). –B. Parte apical de una espina, epidermis continua, careciendo de ornamentaciones, (x150). –C. Parte media de una espina, células paralelas entre sí, transversalmente fisuradas, (x150). –D. Glóquidas en la parte superior de la aréola, (x30). –E. Glóquidas. Células epidérmicas angostas, ápices ligeramente elevados y retrobarbados, (x125). –F. Epidermis glabra, estomas paracíticos, (x150).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 2* (MEXU).



**Figura 16.** –**A** Grano de polen, poligonal, con 12 poros, (x700). –**B.** Acercamiento de un grano de polen, observando retículo, forámenes y la parte de dos poros, muros anchos y glabros, (x3000). – **C.** Semilla, Irregularmente lenticular, uno de los lados planos, arilo lateral irregular, más ancho en el lado derecho inferior, (x20). –**D.** Vista basal de la semilla, región hilo-micropilar lateral, profunda, micropilo y funículo inclusos, (x30). –**E.** Células del arilo lateral, (x150).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 2* (MEXU).

**Proyecto:**

Promoción para la conservación y el aprovechamiento del Xoconostle. Proyecto FRU-NOP-03-b, SAGARPA-SINAREFI x Laboratorio de Cactología del Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM.

Fotografías: César Martínez.

Microscopía electrónica de barrido: Berenit Mendoza Garfias IB-UNAM.

**Distribución Geográfica:** Villa de Tezontepec, Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo.

**Ambiente:**

**Hábitat:** Suelo sedimentario, matorral xerófilo (Rzedowski, 1978).

**Fenología:** Florece en marzo-abril, la fructificación es de julio-noviembre, estos persisten durante más de 8 meses en los cladodios, hasta ser cosechados.

**Estatus de Conservación:**

**CITES:** Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, el cual permite la colecta de material en el campo, siempre y cuando se tenga un permiso de colector científico emitido por SAGARPA.

**NOM-059-ECOL-2001 (2002):** No está incluida.

**IUCN:** No está incluida.



## Análisis Bromatológicos

### Análisis Químico Inmediato \*:

\* Método AOAC Químico Proximal (1990)

RESULTADOS				
Determinación en el análisis proximal	Cladodio		Fruto	
	B.H.	BASE 100	B.H.	BASE 100
Materia seca		6.24%		12.26%
Humedad		93.76%		87.74%
Proteína Cruda (Nitrógeno* 6.25)	0.47%		0.73%	
Extracto Etéreo	0.12%		0.31%	
Cenizas	1.81%		1.62%	
Fibra Cruda	1.06%		3.04%	
Extracto Libre de Nitrógeno	2.78%		6.56%	
Total de Nutrientos Digestibles	2.84%		6.71%	
Energía Digestible. Kcal/Kg (Aproximadamente)	125.21		295.84	
Energía Metabolizada. Kcal/Kg (Aproximadamente)	102.66		242.56	

### Análisis de Fracciones de la fibra (Van Soest):

RESULTADOS		
	Cladodio	Fruto
Fibra Neutro Detergente	21.58%	26.61%
Contenido Celular	78.42%	73.39%
Fibra Ácido Detergente	19.66%	23.77%
Hemicelulosa	1.92%	2.84%
Celulosa	14.37%	19.44%
Lignina	5.06%	4.30%

### Determinación de Minerales\*

<sup>1</sup> Método de AOAC 927.02 (1990)

<sup>2</sup> Método AOAC 965.17 (1990)

RESULTADOS		
Mineral	Cladodio	Fruto
CALCIO <sup>1</sup>	5.16%	1.98%
FÓSFORO <sup>2</sup>	0.49%	0.72%



## Información taxonómica

**Reino:** PLANTAE  
**División:** MAGNOLIOPHYTA  
**Clase:** MAGNOLIOPSIDA  
**Orden:** CARYOPHYLLALES  
**Familia:** CACTACEAE

**Nombre científico:** *Opuntia tezontepecana* Gallegos & Scheinvar. sp. nov.

**Nombre Común:** Xoconostle de invierno.

## Descripción de la especie:

**Habito** arbustivo, 1.60 m de altura (Fig. 17A). **Tronco** no definido (inconspicuo, poco aparente), 30 cm de diámetro. **Epidermis** glabra, con gran cantidad de cera, estomas paracíticos (Fig. 20A). **Cladodios** elípticos, ca. 22-42 x 17-29 cm, y ca. 2.5 cm de espesor, color verde claro grisáceo (Fig. 17B), podarios ligeramente elevados. **Aréolas** dispuestas en 8-9 series, 3.8 cm distantes entre sí y 4 cm entre series, elípticas a semicirculares, de 0.4–0.5 x 0.3-0.4 cm, tricomas cortos, grisáceos, las superiores con anillo suberificado, amarillento. **Glóquidas** amarillas, ca. 0.4 cm de largo, dispuestas en la parte superior de la aréola, células epidérmicas angostas y largas (Fig. 19F). **Espinas** 1-8, presentes en todo el cladodio, subuladas, divergentes y reflejas, desiguales, de 0.6-2.7 cm de largo, blancas, con la base y el ápice amarillentos. **Cladodios juveniles** verdes, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, rosados, con algunas cerdas amarillas, hojas subuladas, erectas, color verde con el ápice uncinado color rojizo (Fig. 17C). **Botones florales** agudos, segmentos del perianto amarillentos con tonalidades rojizas, ápice acuminado, color rojizo, pericarpelos elípticos a obovados, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos y glóquidas amarillas, algunas aréolas con cerdas amarillentas (Fig. 18A y 18B). **Flores** amarillas (Fig. 18C), 7-10.5 cm de largo, pericarpelo elíptico, ca. 3.5-4 x 2.5-3.2 cm, aréolas dispuestas en 5 series, distantes 0.8-1 cm entre sí, escama basal diminuta, sin espinas, las superiores con 1-2 cerdas amarillas, hasta 1 cm de largo, segmentos exteriores del perianto oblongo-espátulados, ápice apiculado y bordes dentados, amarillos con el ápice rojizo y la base verdosa, segmentos interiores obovados, ápice retuso, bordes dentados, amarillos, ápice ligeramente rojizo, estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos amarillos, anteras blancuzcas con tonos amarillentos, estilo cuneiforme, 2-2.5 cm de largo, blanco, lóbulos del estigma generalmente 8, de ca. 0.3 cm de largo, verde claro con estría mediana blancuzca, papilosos (Fig. 18D). **Granos de polen** hexagonales, tectados, suprareticulados, de ca. 95 µm de diámetro, muros anchos y glabros, con 16 poros (Fig. 20B). **Frutos** elipsoides a obovados (Fig. 18E), 6.5-7 x 4.5-5 cm, cáscara brillante, color verde claro con manchas rojo-anaranjadas, aréolas de 0.2-0.3 cm, con podarios ligeramente marcados, elípticas, hundidas, dispuestas en 4-6 series, espinas ausentes, en la parte superior con glóquidas amarillas, rodeadas de un anillo amarillo-grisáceo, cicatriz floral ligeramente hundida (0.2-0.3 cm), estriada, anaranjada, paredes anchas, rosadas y ácidas, funículos café-anaranjados, semisecos e insípidos. **Semillas** reniformes a lenticulares, ca. 0.3



---

cm de diámetro, color crema, arilo lateral angosto, irregular, región hilo-micropilar lateral, profunda, micrópilo y funículo inclusos (Fig. 20D).

### **Material de Herbario**

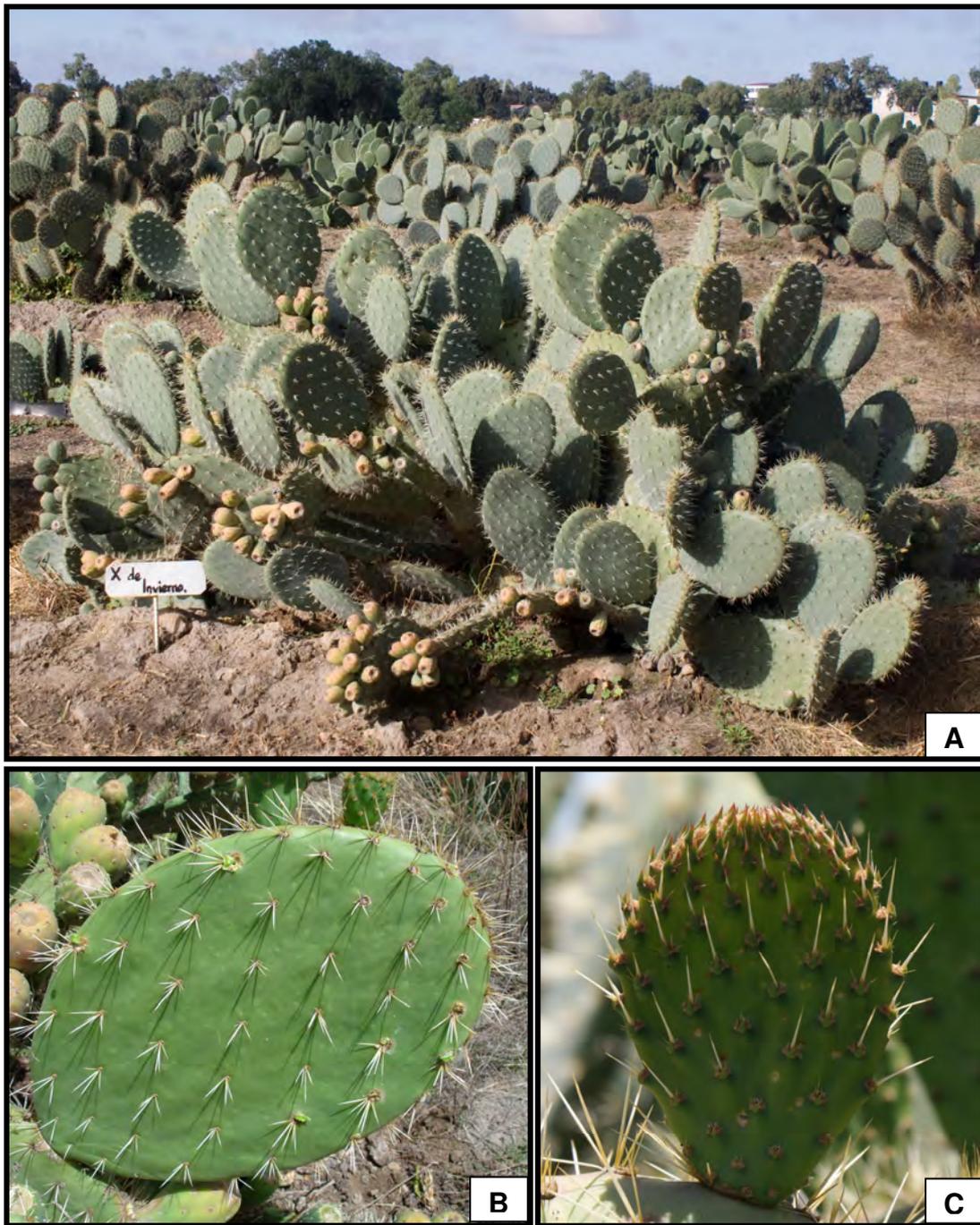
**Estado de Hidalgo:** Municipio de Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec, 2329 m, *C. Martínez 3* (Ejemplares por distribuirse).

### **Discusión.**

Este taxón tiene características diferentes de las demás especies productoras de xoconostle, tal es la forma y color de los cladodios, distancia entre aréolas y series, tamaño y color de las espinas, tamaño de las flores en antesis y características de los frutos, muy diferentes en tamaño, ancho de las paredes, colores internos y externos, por lo cual los doctores Clemente Gallegos y Dra. Léia Scheinvar decidieron nombrar una nueva especie, hasta donde se conoce, endémica del Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo, llamada *Opuntia tezontepecana*, enviada para publicación a la revista NOVON, en mayo de 2010.

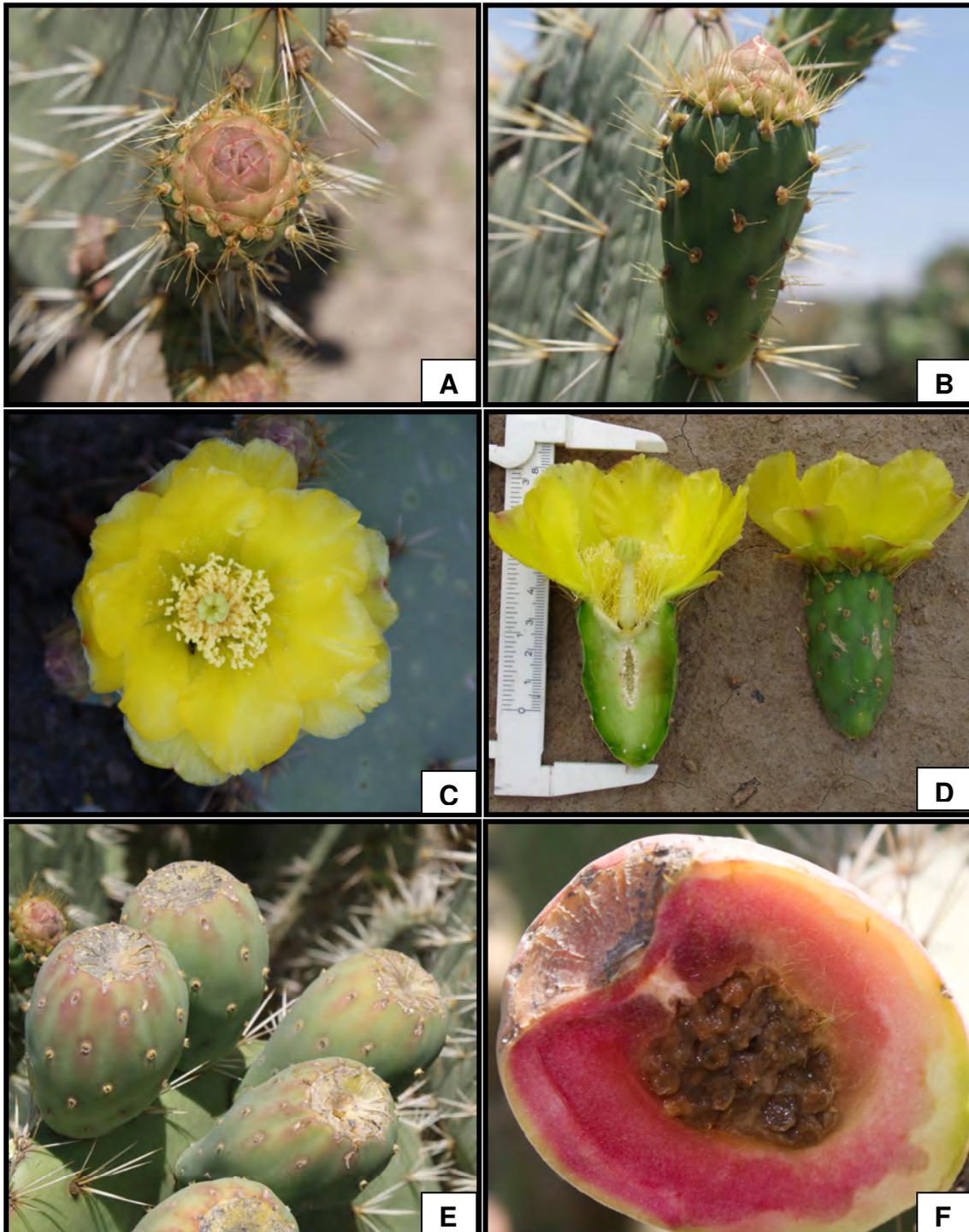


*Opuntia tezontepecana* Gallegos & Scheinvar. sp. nov.

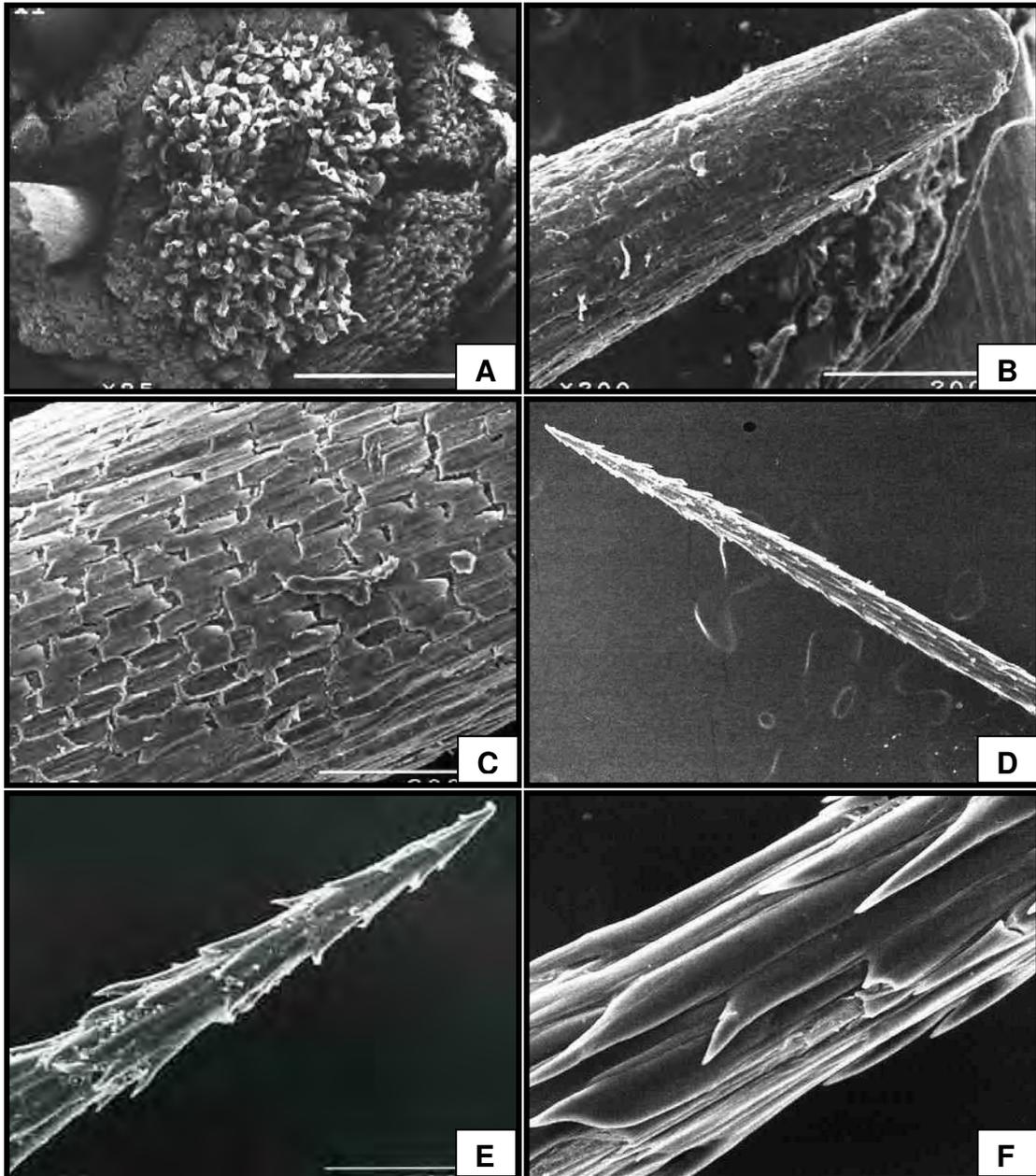


**Figura 17.** –A. Hábito arbustivo, 1.60 metros de altura. Loc. Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, planta nativa de este lugar. –B. Cladodio de forma elíptico, espinas presentes en todas las aréolas. –C. Cladodio juvenil, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, rosado-cremosos, con algunas cerdas amarillas, hojas subuladas, erectas, de color verde con el ápice uncinado color rojizo.

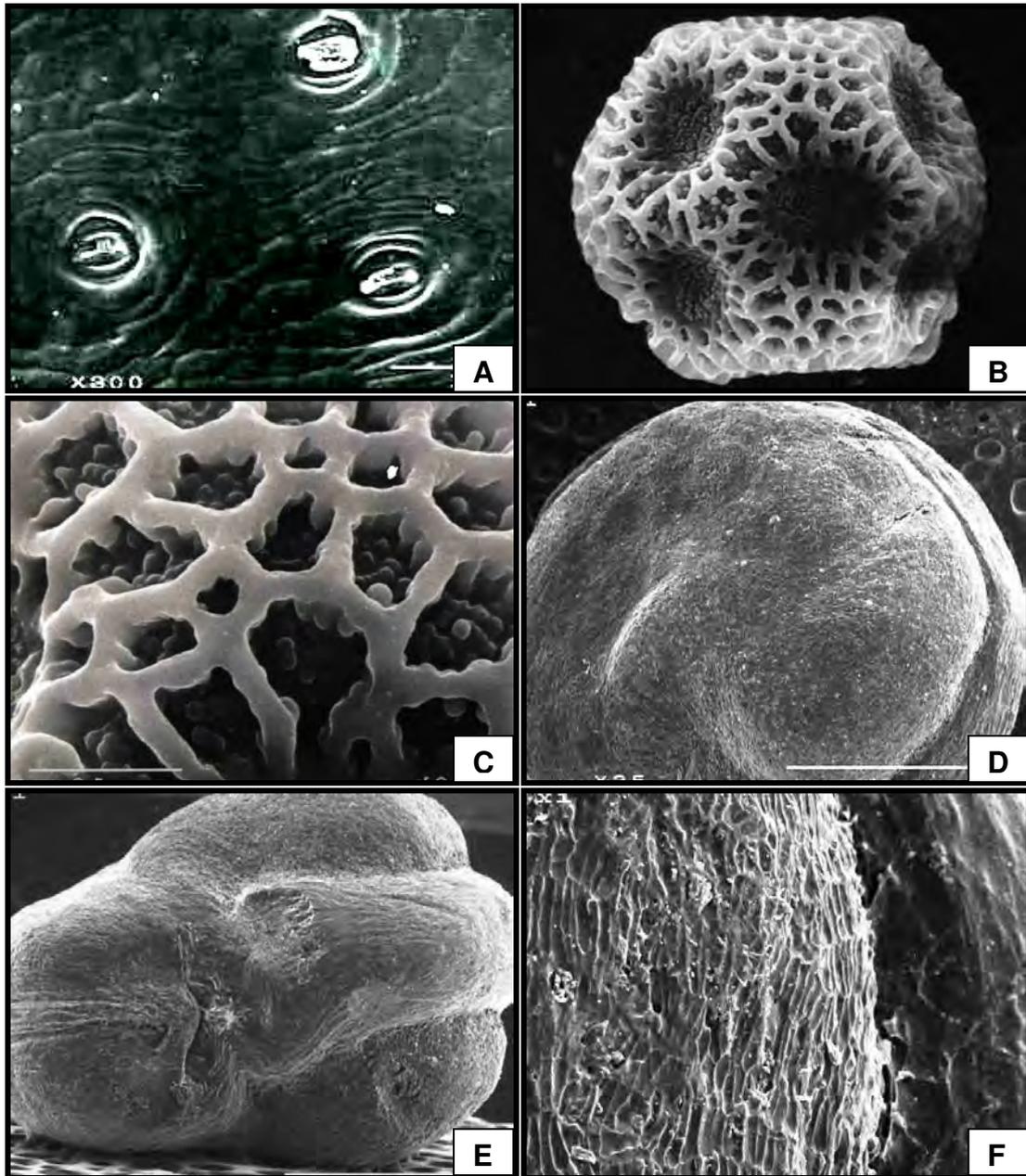
Ejemplar de referencia: C. Martínez 3 (MEXU).



**Figura 18.** –**A y B.** Botón floral agudo, segmentos del perianto amarillentos con tonalidades rojizas, ápice acuminado color rojizo, pericarpelo elíptico a obovado, tubérculos elevados, aréolas con fieltro y glóquidas amarillas, algunas aréolas con cerdas amarillentas. –**C.** Flor en antesis, vista superior, segmentos interiores amarillos, obovados con el ápice retuso. –**D.** Corte longitudinal de la flor, filamentos amarillos, anteras blancuzcas con tonos amarillentos, estilo blanco, lóbulos del estigma verdes. –**E.** Frutos de forma elipsoides a obovados, con manchas rojo-anaranjadas, 4-6 series de aréolas, espinas ausentes, glóquidas marrón. –**F.** Corte longitudinal del fruto, 7.8 cm de largo, paredes anchas, rosadas y ácidas, funículos de color café-anaranjados, semisecos e insípidos.  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 3* (MEXU).



**Figura 19.** –**A.** Aréola, tricomas cortos en la parte central, glóquidas en la parte superior, base de dos espinas radiales, (x25). –**B.** Parte apical de una espina, epidermis continua, careciendo de ornamentaciones, (x200). –**C.** Parte media de una espina, transversalmente fisuradas, (x200). –**D.** Glóquida, (x80). –**E.** Parte apical de una glóquida, células epidérmicas con ápices elevados, (x350). –**F.** Parte media de una glóquida con células epidérmicas largas, (x200).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 3* (MEXU).



**Figura 20.** –A. Epidermis glabra, estomas paracíticos, (x300). –B. Grano de polen, hexagonal, con 16 poros, (x800). –C. Acercamiento de un grano de polen, tectado, muros anchos y glabros, (x2000). –D. Semilla reniforme, arilo lateral irregular, (x25). –E. Vista basal de la semilla, región hilo-micropilar lateral, profunda, micrópilo y funículo inclusos, (x350). –F. Células del arilo lateral, (x180).

Ejemplar de referencia: *C. Martínez 3* (MEXU).

**Proyecto:**

Promoción para la conservación y el aprovechamiento del Xoconostle. Proyecto FRU-NOP-03-b, SAGARPA-SINAREFI x Laboratorio de Cactología del Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM.

Fotografías: César Martínez.

Microscopia electrónica de barrido: Berenit Mendoza Garfias IB-UNAM.

**Distribución Geográfica:** Villa de Tezontepec, Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo.

**Ambiente:**

**Hábitat:** Suelo sedimentario, matorral xerófilo (Rzedowski, 1978).

**Fenología:** Florece en marzo-julio, la fructificación es de febrero-abril, estos persisten durante más de 15 meses en los cladodios, hasta ser cosechados.

**Estatus de Conservación:**

**CITES:** Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, el cual permite la colecta de material en el campo, siempre y cuando se tenga un permiso de colector científico emitido por SAGARPA.

**NOM-059-ECOL-2001 (2002):** No está incluida.

**IUCN:** No está incluida.



## Análisis Bromatológicos

### Análisis Químico Inmediato \*:

\* Método AOAC Químico Proximal (1990)

RESULTADOS				
Determinación en el análisis proximal	Cladodio		Fruto	
	B.H.	BASE 100	B.H.	BASE 100
Materia seca		6.06%		11.90%
Humedad		93.94%		88.1%
Proteína Cruda (Nitrógeno* 6.25)	0.49%		0.68%	
Extracto Etéreo	0.18%		0.80%	
Cenizas	1.60%		1.18%	
Fibra Cruda	1.35%		4.74%	
Extracto Libre de Nitrógeno	2.44%		4.50%	
Total de Nutrimientos Digestibles	2.75%		6.14%	
Energía Digestible. Kcal/Kg (Aproximadamente)	121.24		270.71	
Energía Metabolizada. Kcal/Kg (Aproximadamente)	99.41		221.96	

### Análisis de Fracciones de la fibra (Van Soest):

RESULTADOS		
	Cladodio	Fruto
Fibra Neutro Detergente	58.62%	57.46%
Contenido Celular	41.38%	42.54%
Fibra Acido Detergente	39.60%	21.48%
Hemicelulosa	19.02%	35.98%
Celulosa	19.16%	18.10%
Lignina	1.80%	3.38%

### Determinación de Minerales\*

<sup>1</sup> Método de AOAC 927.02 (1990)

<sup>2</sup> Método AOAC 965.17 (1990)

RESULTADOS		
Mineral	Cladodio	Fruto
CALCIO <sup>1</sup>	3.40%	1.30%
FÓSFORO <sup>2</sup>	0.60%	0.50%



## Información taxonómica

**Reino:** PLANTAE  
**División:** MAGNOLIOPHYTA  
**Clase:** MAGNOLIOPSIDA  
**Orden:** CARYOPHYLLALES  
**Familia:** CACTACEAE

**Nombre científico:** *Opuntia matudae* Scheinvar *f. amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov.

**Nombre Común:** Xoconostle de cerro blanco.

## Descripción de la especie:

**Hábito** arbustivo, 1.13 m de altura (Fig. 21A). **Tronco** no definido (inconspicuo, poco aparente), 25 cm de diámetro. **Epidermis** papilosa, unicelulares y cónicas (Fig. 23E). **Cladodios** obovados, de 30 x 18 cm y ca. 2.1 cm de espesor, color verde grisáceo, recubierto de una ligera capa de cera (Fig. 21B). **Aréolas** dispuestas en 10-12 series, 2.5 cm de separación entre series, 2.2 cm de separación entre aréolas, semicirculares, de 0.3-0.4 x 0.3-0.4 cm, tricomas cortos, negruzcos. **Glóquidas** amarillas, cortas, dispuestas en la parte superior de la aréola, células epidérmicas retrobarbadas con ápices elevados (Fig. 23D). **Espinas** 1-6, dispuestas en todo el cladodio, setosas, porrectas y reflejas, generalmente las centrales erectas, desiguales, de 0.5-3 cm de largo, blancas, con los ápices amarillentos. **Cladodios juveniles** verde medio, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, rosados, pelos setosos, blancos, hojas subuladas, erectas, color rojizo con el ápice uncinado (Fig. 21C). **Botones florales** agudos, segmentos del perianto color pardo, ápice acuminado, pericarpelos obovados, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos, rosados, glóquidas marrón, algunas aréolas con cerdas marrón (Fig. 22A y 22B). **Flores** amarillas (Fig. 22C), 5-7 cm de largo, pericarpelo obovado, de ca. 2.9 x 2.1 cm, aréolas dispuestas en 7 series, distantes 0.3 cm entre sí, escama basal crasa, segmentos exteriores del perianto deltoides, ápice mucronado, rojizo, con estría media verde, segmentos interiores obovados, ápice emarginado, amarillos, estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos amarillentos, anteras blancas, estilo cuneiforme, ca. 1.9 cm de largo, blanco, lóbulos del estigma 8 generalmente, papilosos, de ca. 0.3 cm de largo, verdes con estría mediana grisácea (Fig. 22D). **Granos de polen** poliédricos, periporados, suprarreticulados, de 140 µm de diámetro, 14-16 poros, poco pegamento polínico, muros anchos y glabros, foveolos irregulares y angostos (Fig. 24A). **Frutos** elipsoides a obovados (Fig. 22E), 5.8 cm de largo, amarillentos con tonos verde-blancuzcos, cicatriz floral ligeramente hundida (0.7 cm), estriada, aréolas chicas, semicirculares, dispuestas 4-6 series, distantes 0.8 cm entre sí y 0.9 cm entre series, espinas ausentes, glóquidas marrón-amarillentas, paredes anchas, verde blancuzcas, ácidas, funículos blancuzcos, semisecos e insípidos (Fig. 22F). **Semillas** reniformes a lenticulares, color crema con tonalidades grisáceas, de ca. 0.3 cm de diámetro, arilo lateral irregular, región hilo-micropilar lateral, profunda, micrópilo y funículo inclusos, testa punteada (Fig. 24C).



## Material de Herbario

**Estado de Hidalgo:** Municipio de Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec, 2329 m, C. Martínez 4 (Ejemplares por distribuirse).

**Cuadro 4. Comparación entre *Opuntia matudae* Scheinvar, 1981 (descripción original) y el taxón CM4 procedente de Villa de Tezontepec, Hidalgo.**

	<i>Opuntia matudae</i> Scheinvar (Descripción original)	<i>Opuntia matudae</i> Scheinvar Villa de Tezontepec (CM4)
<b>Color del cladodio</b>	Verde azulado algo grisáceo	Verde
<b>Epidermis</b>	Glabra	Papilosa
<b>Número de series de aréolas</b>	13-14	12
<b>Disposición de aréolas</b>	De 13 a 14 series de espirales	De 12 series de espirales
<b>Color de las glóquidas</b>	Castaño rosado	Marrón
<b>Dimensión (espinas)</b>	De 0.7 a 3.5 cm de largo	De 0.5 a 3 cm de largo
<b>Pelos setosos en cladodio juvenil</b>	Ausentes	Presentes
<b>Pericarpelo (Generalidades)</b>	Obovoide a subgloboso	Obovoide
<b>Dimensiones del pericarpelo</b>	De 2 - 2.7 x 1.7 a 2 cm de diámetro	De 2.9 x 2.1 cm de ancho
<b>Color de los tricomas largos o cortos</b>	Rosado	Marrón
<b>Diámetro del grano de polen</b>	De 167, 160 y 174 $\mu$	140 $\mu$
<b>Número de poros del polen</b>	6 a 8	14-16
<b>Forma del ovario</b>	Obovoide	Romboide a lenticular
<b>Color del fruto</b>	Verde purpúreo, con manchas purpúreas.	Amarillento blancuzco, con manchas purpúreas.
<b>Dimensiones del fruto</b>	De 2.5 - 4 x 1.5 - 2.5 cm de diámetro	De 2.4 a 2.7 cm de largo
<b>Cicatriz umbilical</b>	1.5 cm de profundidad	0.9 cm de profundidad
<b>Contenido de la aréola del fruto</b>	Tricomas cortos, grisáceos	Tricomas cortos, café
<b>Semillas</b>	Discoideas	Reniformes
<b>Diámetro de las semillas</b>	De 4 mm	2.5 mm
<b>Color de la semilla</b>	Blanquecino con tonos rosados	Color crema con tonalidades grisáceas
<b>Nombre común</b>	Xoconostle colorado con espinas	Xoconostle de cerro blanco

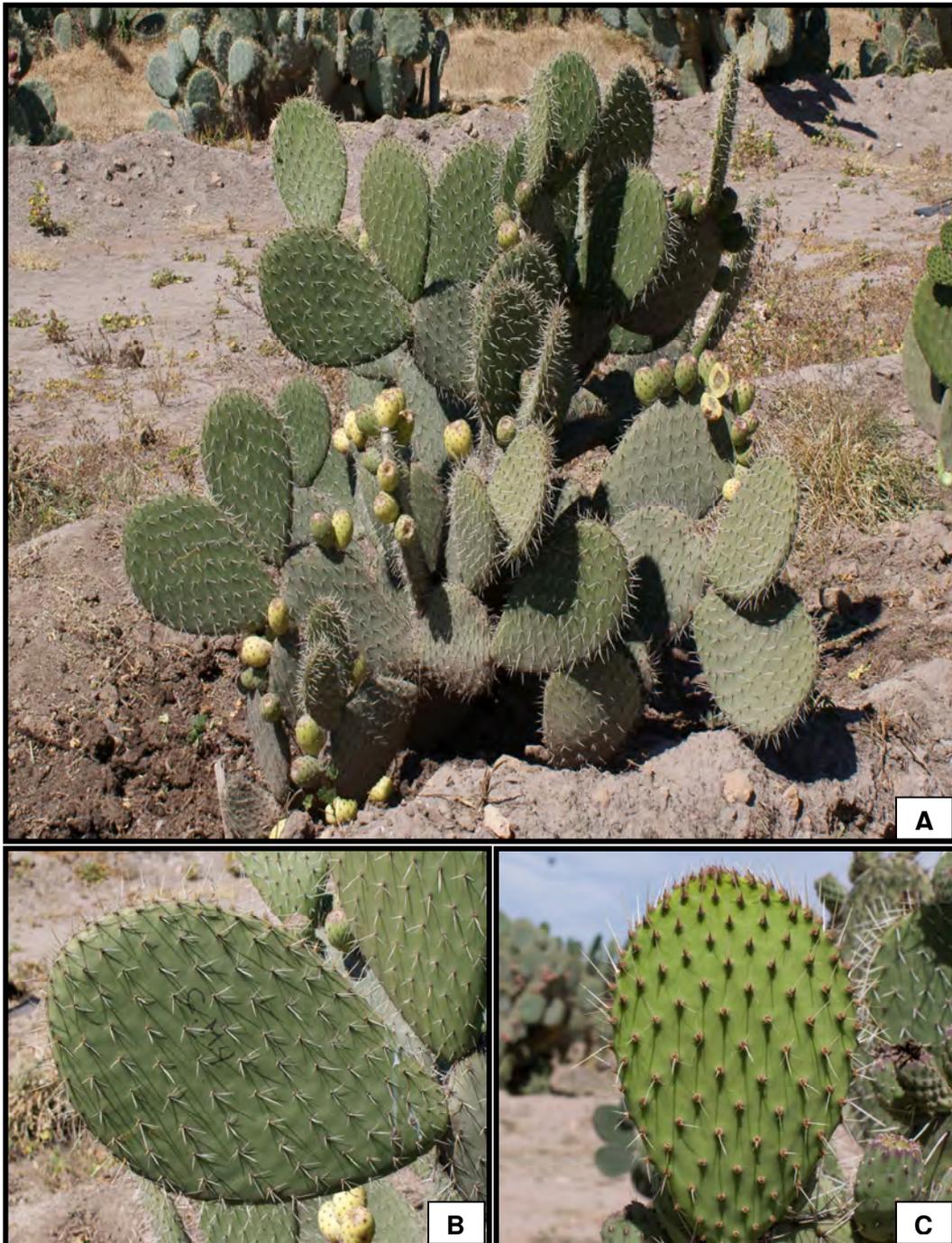


---

### **Discusión.**

El taxón procedente de Villa de Tezontepec, tiene características distintas de las descritas para *Opuntia matudae*. Como son las series de aréolas, presencia de pelos setosos en cladodios juveniles, epidermis papilosa, 14-16 poros en los granos de polen observados bajo el MEB, presencia de cerdas en el pericarpelo del botón floral, la dimensión de los frutos, profundidad de la cicatriz floral, color de los tricomas dispuestos en las aréolas, tamaño y coloración de las semillas. Siendo diferencias importantes mediante las cuales consideramos nombrar una forma hortícola nueva para *Opuntia matudea* Scheinvar, llamada *Opuntia matudae* Scheinvar *f. amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov.

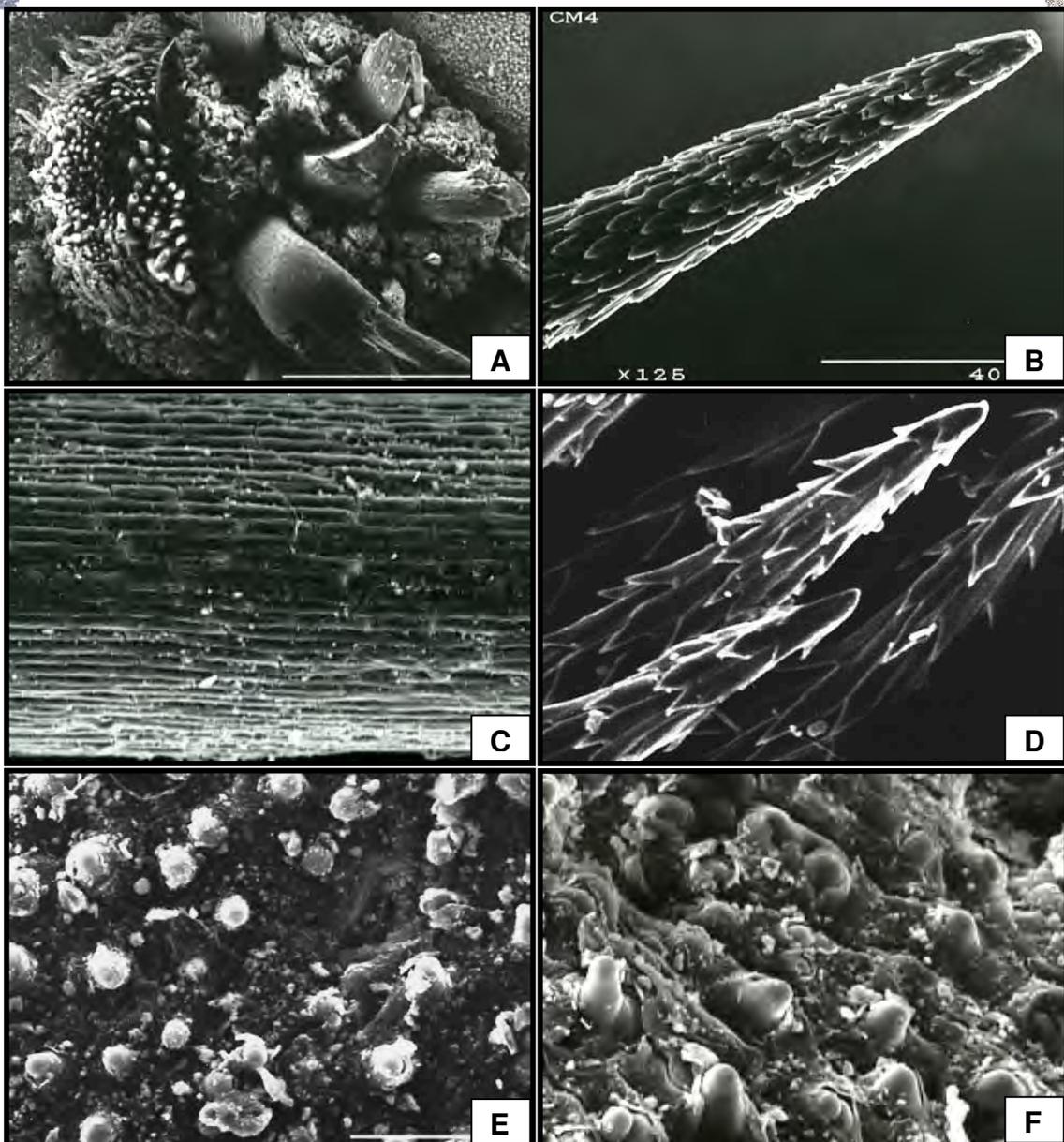
*Opuntia matudae* Scheinvar *f. amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov.



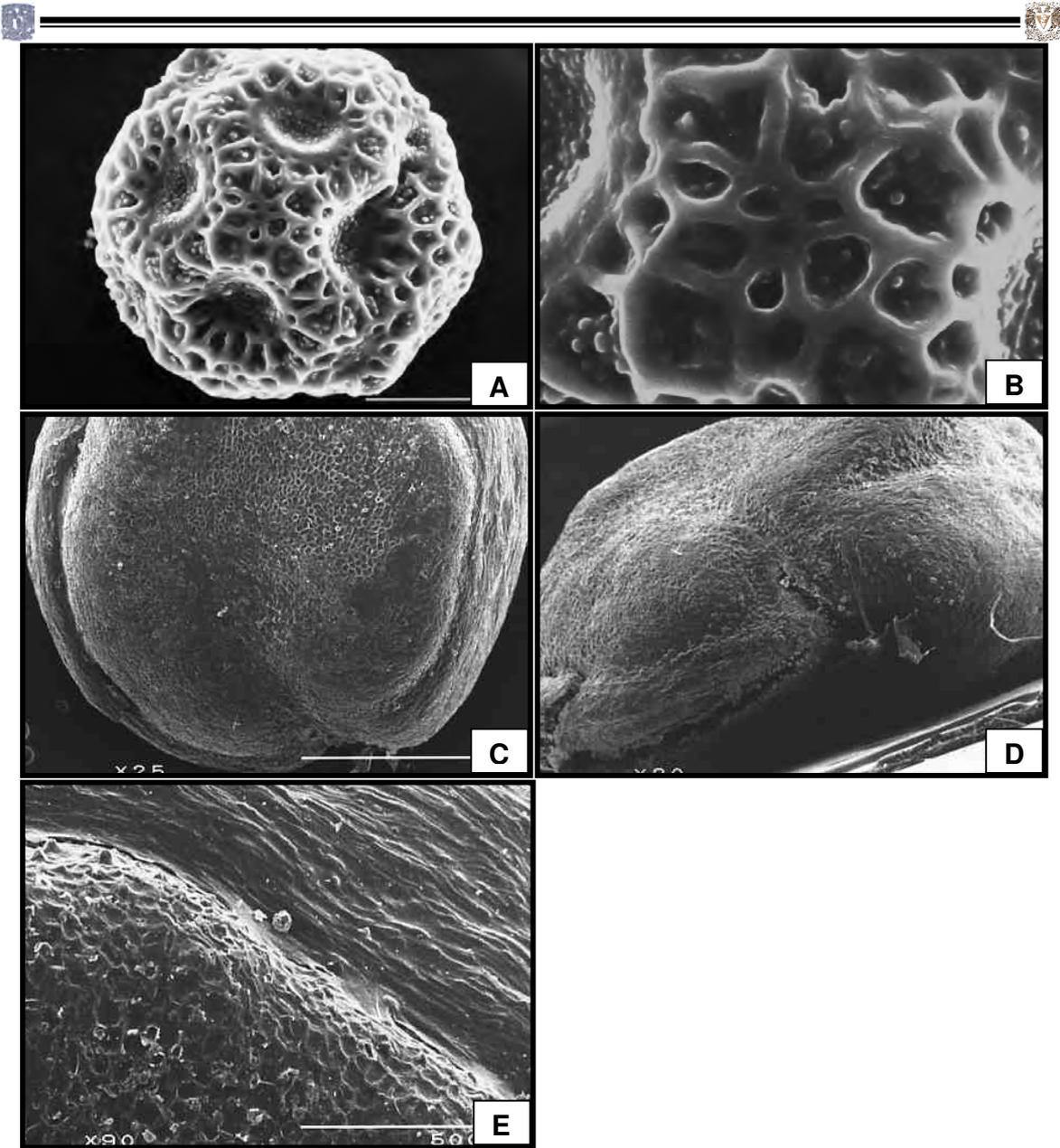
**Figura 21.** –A. Hábito arbustivo, 1.13 metros de altura. Loc. Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, planta nativa de este lugar. –B. Cladodios obovados, espinas presentes en todas las aréolas. –C. Cladodio juvenil, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, rosados, pelos setosos, blancos, hojas subuladas, erectas, color rojizo con el ápice uncinado. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 4* (MEXU).



**Figura 22.** –**A y B.** Botón floral agudo, segmentos del perianto de color pardo, ápice acuminado, color rojizo, pericarpelo obovado, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos, rosados, glóquidas marrón y algunas aréolas con cerdas marrón. –**C.** Flor en antesis, vista superior, segmentos interiores amarillos, obovados con el ápice emarginado. –**D.** Corte longitudinal de la flor, filamentos amarillentos y anteras blancas, estilo blanco, lóbulos del estigma verdes. –**E.** Frutos de forma elípticos a obovados, amarillentos con tonos verde-blancuzcos, 4-6 series de aréolas, espinas ausentes, glóquidas marrón-amarillentas. –**F.** Corte longitudinal del fruto, 5.8 cm de largo, paredes anchas, verde blancuzcas y ácidas, funículos blancuzcos, semisecos e insípidos. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 4* (MEXU).



**Figura 23.** –A. Aréola con tricomas cortos, glóquidas, base de una espina central triangular y cuatro espinas radiales, (x25). –B. Parte apical de una espina, células epidérmicas cortas, (x125). –C. Parte media de una espina, células paralelas entre sí, transversalmente fisuradas, (x110). –D. Glóquidas con ápices de las células epidérmicas elevados, (x250). –E. Epidermis papilosa, (x400). –F. Aumento de la epidermis, papilas unicelulares y cónicas, (x500).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 4* (MEXU).



**Figura 24.** –**A.** Grano de polen, poliédrico, 14-16 poros, (x800). –**B.** Acercamiento de un grano de polen, observando retículo, forámenes y la parte de dos poros, muros anchos y glabros, (x2500). –**C.** Semilla lenticular, arilo lateral irregular, más ancho del lado izquierdo inferior, (x25). –**D.** Vista basal de la semilla, región hilo-micropilar lateral, profunda, micrópilo y funículo incluidos, testa punteada, (x30). –**E.** Células del arilo lateral, (x90).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 4* (MEXU).

**Proyecto:**

Promoción para la conservación y el aprovechamiento del Xoconostle. Proyecto FRU-NOP-03-b, SAGARPA-SINAREFI x Laboratorio de Cactología del Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM.

Fotografías: César Martínez.

Microscopía electrónica de barrido: Berenit Mendoza Garfias IB-UNAM.

**Distribución Geográfica:** Villa de Tezontepec, Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo.

**Ambiente:**

**Hábitat:** Suelo sedimentario, matorral xerófilo (Rzedowski, 1978).

**Fenología:** Florece en marzo-abril, la fructificación es de julio-septiembre, estos persisten durante más de 8 meses en los cladodios, hasta ser cosechados.

**Estatus de Conservación:**

**CITES:** Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, el cual permite la colecta de material en el campo, siempre y cuando se tenga un permiso de colector científico emitido por SAGARPA.

**NOM-059-ECOL-2001 (2002):** No está incluida.

**IUCN:** No está incluida.



## Análisis Bromatológicos

### Análisis Químico Inmediato \*:

\* Método AOAC Químico Proximal (1990)

RESULTADOS				
Determinación en el análisis proximal	Cladodio		Fruto	
	B.H.	BASE 100	B.H.	BASE 100
Materia seca		6.79%		11.84%
Humedad		93.21%		88.16%
Proteína Cruda (Nitrógeno* 6.25)	0.70%		0.89%	
Extracto Etéreo	0.17%		0.61%	
Cenizas	1.52%		1.42%	
Fibra Cruda	1.38%		3.61%	
Extracto Libre de Nitrógeno	3.02%		5.31%	
Total de Nutrimientos Digestibles	3.31%		6.30%	
Energía Digestible. Kcal/Kg (Aproximadamente)	145.93		277.76	
Energía Metabolizada. Kcal/Kg (Aproximadamente)	119.65		227.74	

### Análisis de Fracciones de la fibra (Van Soest):

RESULTADOS		
	Cladodio	Fruto
Fibra Neutro Detergente	26.23%	38.61%
Contenido Celular	73.77%	61.39%
Fibra Acido Detergente	24.92%	34.44%
Hemicelulosa	1.31%	4.17%
Celulosa	17.95%	29.32%
Lignina	6.93%	5.08%

### Determinación de Minerales\*

<sup>1</sup> Método de AOAC 927.02 (1990)

<sup>2</sup> Método AOAC 965.17 (1990)

RESULTADOS		
Mineral	Cladodio	Fruto
CALCIO <sup>1</sup>	2.60%	1.58%
FÓSFORO <sup>2</sup>	0.81%	0.68%



## Información taxonómica

**Reino:** PLANTAE  
**División:** MAGNOLIOPHYTA  
**Clase:** MAGNOLIOPSIDA  
**Orden:** CARYOPHYLLALES  
**Familia:** CACTACEAE

**Nombre científico:** *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber x *O. oligacantha* Förster.

**Nombre Común:** Xoconostle matizado.

## Descripción de la especie:

**Hábito** arbustivo, 1.10 m de altura (Fig. 25A). **Tronco** no definido (inconspicuo, poco aparente), 25 cm de diámetro. **Epidermis** pubescente con algunas papilas (Fig. 27E y 27F). **Cladodios** obovados, de 18-28 x 11-18 cm, y ca. 2.2 cm de espesor, color verde grisáceo, cubierto de una capa cerosa (Fig. 25B). **Aréolas** dispuestas en 11-13 series, 1.6 cm de separación entre series, 1.6 cm de separación entre aréolas, semicirculares, de 0.3-0.4 x 0.3-0.4 cm, tricomas cortos, negruzcos. **Glóquidas** amarillentas, cortas, dispuestas en la parte superior de la aréola, ápices de las células epidérmicas ligeramente elevados y retrobarbados (Fig. 27D). **Espinas** 2-6, setosas, porrectas y divergentes, dispuestas en todo el cladodio, desiguales, de 0.6–2.4 cm de largo, blancas con el ápice ligeramente amarillento. **Cladodios juveniles** con tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, rosados, pelos setosos, blancos, hojas subuladas, erectas, color rojo-anaranjado, con el ápice uncinado (Fig. 25C). **Botones florales** agudos, segmentos del perianto rojizos, pericarpelos obovados, tubérculos elevados, aréolas con tricomas largos, rosados, glóquidas marrón, algunas aréolas con cerdas marrón (Fig. 26A). **Flores** amarillo verdoso (Fig. 26C), 6.5-7.9 cm de largo, pericarpelo obovado, de ca. 4 x 2 cm, aréolas dispuestas en 7 series, distantes 0.4 cm entre sí, con escama basal crasa, segmentos exteriores del perianto con ápice mucronato y bordes dentados, amarillos, con una amplia estría media purpúrea, segmentos interiores espatulados, ápice mucronado, amarillo verdoso, bordes superiores purpúreos, estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos amarillentos, anteras amarillo-blancuzcas, estilo cuneiforme, ca. 2.4 cm de largo, rosa, lóbulos del estigma generalmente 9, papilosos, de ca. 0.5 cm de largo, verdes con estría media rosada (Fig. 26D). **Granos de polen** octagonales, periporados, suprarreticulados, 14 a 18 poros, muros anchos y algunas verrugas (Fig. 28A). **Frutos** elípticos a obovados (Fig. 26E), de 6-8 cm de largo, rojizos con manchones verduscos, cicatriz floral ligeramente hundida (0.5 cm), estriada, aréolas chicas, dispuestas en 6-7 series, distantes 0.9 cm entre sí y las series 0.7 cm entre sí, espinas ausentes, glóquidas marrón, paredes anchas y ácidas, funículos rosados semisecos e insípidos (Fig. 26F). **Semillas** lenticulares, anguladas color crema, de ca. 0.39 cm de diámetro, arilo lateral irregular, región hilo-micropilar lateral, micrópilo y funículo inclusos (Fig. 28D).



## Material de Herbario

**Estado de Hidalgo:** Municipio de Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec, 2329 m, C. Martínez 5 (Ejemplares por distribuirse).

**Cuadro 5. Comparación entre características del taxón con número de colecta CM5, *O. oligacantha* y *O. joconostle*.**

	<i>CM5</i>	<i>Opuntia oligacantha</i>	<i>Opuntia joconostle</i>
<b>Forma del cladodio</b>	Obovados.	Piriforme, con el ápice anchamente redondeado	Obovados.
<b>Dimensiones del cladodio</b>	De 18-28 cm. de largo y 11-18 cm. de ancho.	De 20 a 30 cm. de largo y 16 a 17 cm. de ancho	De 18-28 cm. de largo y 11.5-18.5 cm. de ancho
<b>Color del cladodio</b>	Verde, cubierto de una capa cerosa grisácea.	Verde pálido amarillento grisáceo	Verde claro
<b>Epidermis</b>	Pubescente y papilosa	Pubescente	Glabra
<b>Número de series de aréolas</b>	12	16	7 a 9, a veces 10
<b>Espinas (setosas o subuladas)</b>	Setosas	Setosas	Subuladas
<b>Dimensión (espinas)</b>	De 6 a 24 mm de largo.	De 5 a 10 mm de largo	7 mm de largo
<b>Presencia de pelos setosos</b>	Si	Si	No tiene
<b>Número (pelos setosos)</b>	De 1 a 3	De 2 a 3	No
<b>Color (pelos setosos)</b>	Amarillentos	Amarillentos	No
<b>Pelos, setosos sinuosos o rectos</b>	Sinuosos	Sinuosos y rectos	No
<b>Dimensiones de la flor en antesis</b>	De 62 mm de largo.	De 50 mm de largo.	De 65 mm de largo
<b>Color del interior del perianto</b>	Amarillo	Amarillo claro	Amarillo claro o con manchas rojas
<b>Grano de polen</b>	Periporado, poliédrico, suprarreticulado.	Periporado, semitectado, esférico, suprarreticulado	Poliédricos
<b>Número de poros del polen</b>	14-18 poros	Con 12 poros	14 poros
<b>Color de lóbulos del estigma</b>	Verde	Verde oscuro	Amarillo claro
<b>Fruto</b>	Elípticos a obovados	Largamente obovoide	Subgloboso
<b>Color del fruto</b>	Verde claro.	Verde claro amarillento grisáceo	Blanco verdoso, a veces con manchas purpúreas
<b>Dimensiones del fruto</b>	De 63 mm de largo y 30-33 mm de diámetro.	De 45 mm de largo y 35-40 mm de diámetro.	De 55 mm de largo y de ancho
<b>Cicatriz umbilical</b>	Regularmente profunda, 5 mm.	Poco profunda	Hundida
<b>Glóquidas</b>	Si	Si	Si
<b>Color de las glóquidas</b>	Marrón	Amarillas	Amarillas
<b>Semillas</b>	Lenticulares	Discoidales	Anguladas
<b>Diámetro de las semillas</b>	3-4 mm.	3 mm.	1.5 mm
<b>Color de la semilla</b>	Crema.	Castaño amarillento	Rosadas
<b>Nombre común</b>	Xoconostle del burro	Xoconostle corriente	Joconostle blanco



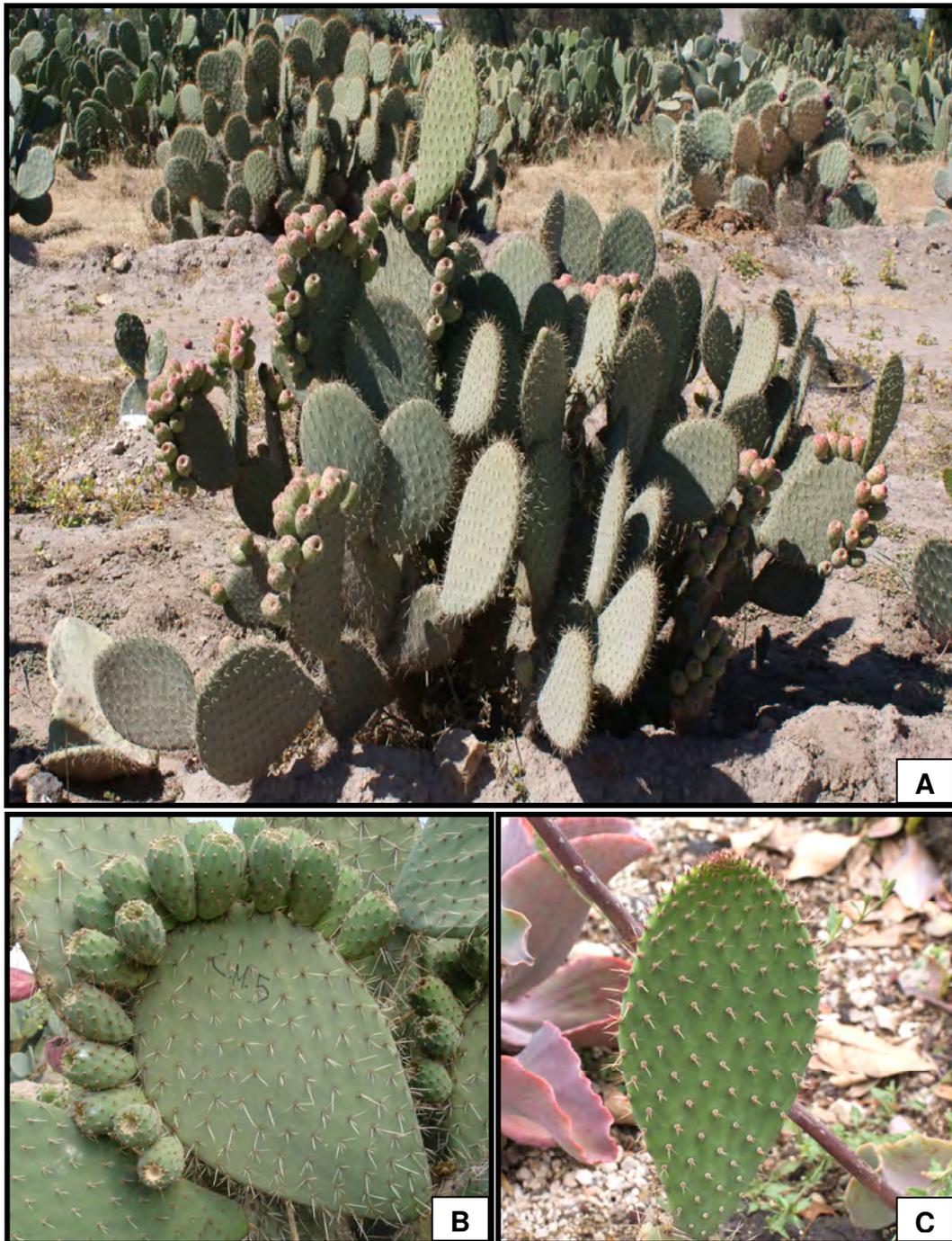
---

### **Discusión.**

*Opuntia oligacantha* es similar al taxón procedente de Villa de Tezontepec, en la pubescencia de la epidermis, presencia, color y forma de pelos setosos, color de los lóbulos del estigma, presencia de glóquidas en aréolas del fruto y el diámetro de las semillas. Es diferente en la forma y dimensiones de los cladodio, número de series de aréolas en cladodios, dimensiones de la flor en anthesis, número de poros en el grano de polen, dimensiones de los frutos, color de las glóquidas dispuestas en aréolas de los frutos, forma y color de las semillas.

*Opuntia joconostle* es similar al taxón procedente de Villa de Tezontepec, en la forma y dimensiones de los cladodio, dimensión de las espinas, dimensiones de la flor en anthesis, número de poros en el grano de polen y presencia de glóquidas en las aréolas de los frutos. Siendo diferente en la epidermis glabra, número de series de aréolas en cladodios, ausencia de pelos setosos, forma de los frutos, color de las glóquidas dispuestas en aréolas de los frutos, forma, diámetro y color de las semillas.

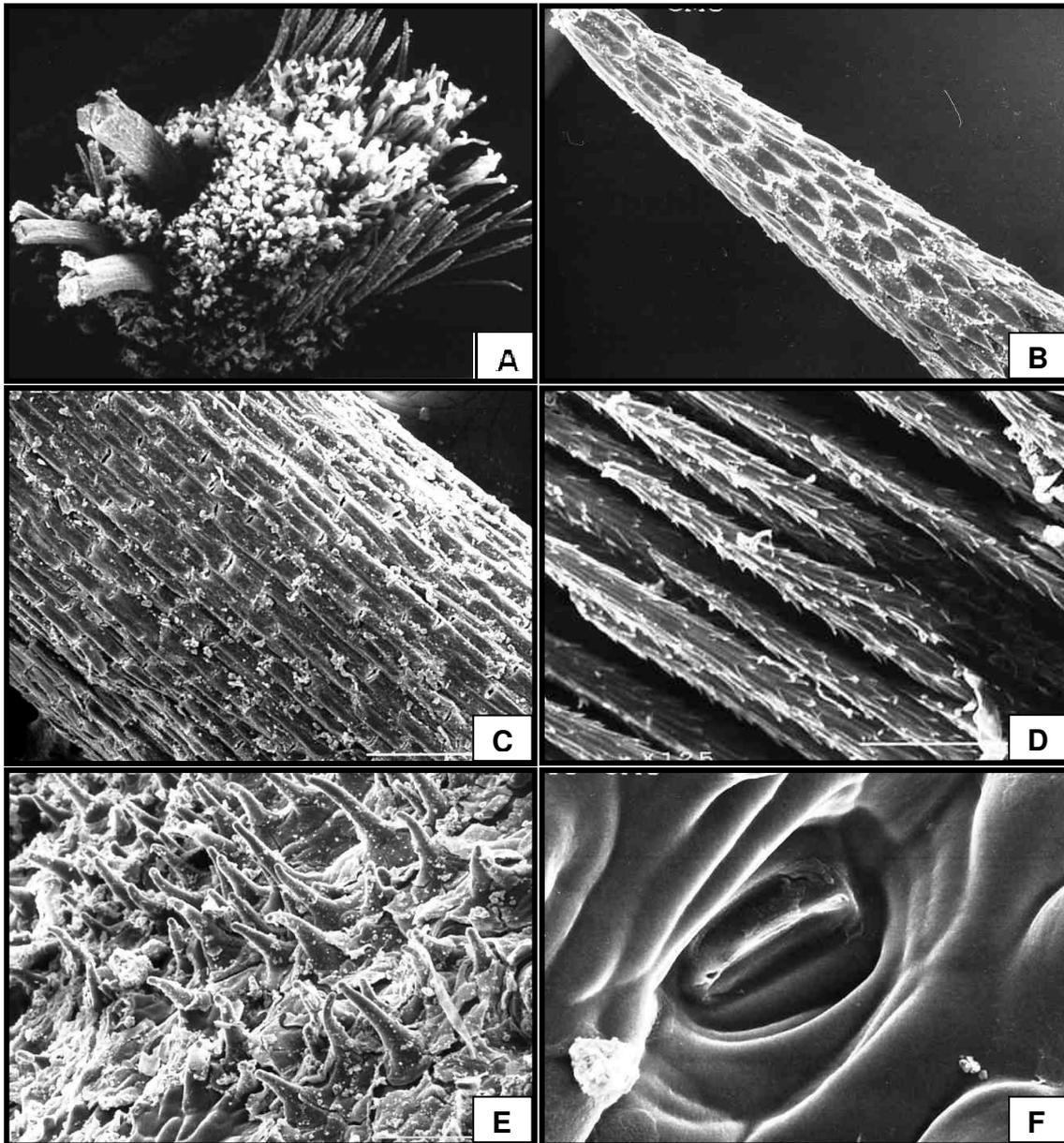
*Opuntia joconostle* F. A. C. Weber x *Opuntia oligacantha* Förster.



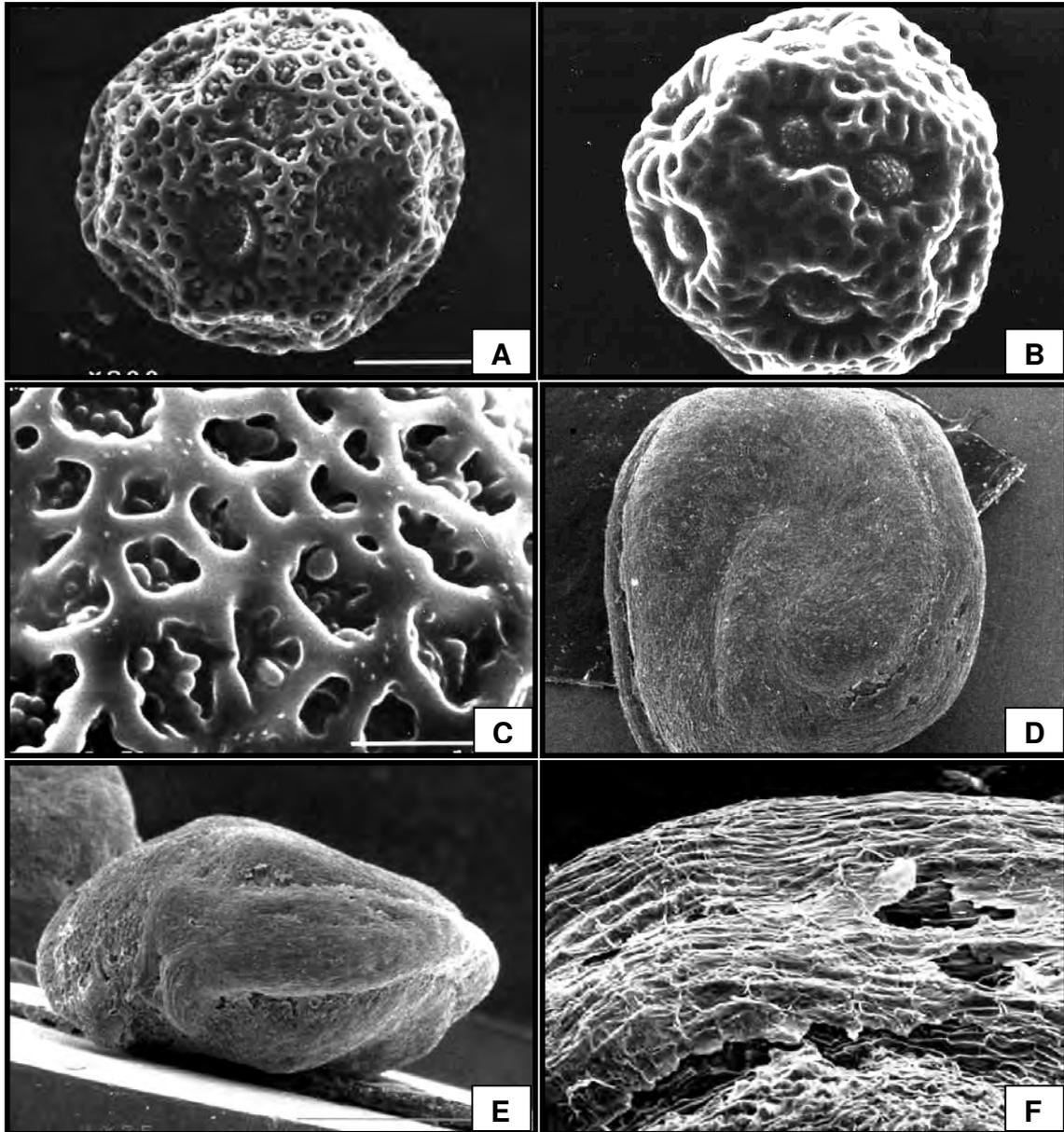
**Figura 25.** – **A.** Hábito arbustivo, 1.10 metros de altura. Loc. Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, planta nativa de este lugar. –**B.** Cladodios obovados, espinas presentes en todas las aréolas. –**C.** Cladodio juvenil, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, rosados, pelos setosos, blancos, hojas subuladas, erectas, de color rojo-anaranjado con el ápice uncinado. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 5* (MEXU).



**Figura 26.** –A. Botón floral agudo, segmentos del perianto color rojizo, pericarpelo obovado. –B. Vista lateral de la flor –C. Flor en antesis, vista superior, segmentos interiores amarillos, espatulados con el ápice mucronado. –D. Corte longitudinal de la flor, filamentos amarillentos y anteras amarillo-blancuzcas, estilo rosa, lóbulos del estigma verdes. –E. Frutos de forma elípticos a obovados, rojizos con manchones verduscos, 6-7 series de aréolas, espinas ausentes, glóquidas marrón. –F. Corte longitudinal del fruto, paredes anchas y funículos rosados. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 5* (MEXU).



**Figura 27.** –A. Aréola, tricomas cortos en la parte central, glóquidas en la parte superior, base de una espina central triangular y dos espinas radiales, (x25). –B. Parte apical de una espina, con células epidérmicas cortas, ligeramente retrobarbadas, (x125). –C. Parte media de una espina, transversalmente fisuradas, (x200). –D. Glóquidas, ápices de las células epidérmicas ligeramente elevados y retrobarbados, (x250). –E. Epidermis pubescente, tricomas cónicos, unicelulares y uncinados, (x180). –F. Estoma paracítico, papilas en la epidermis, (x800).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 5* (MEXU).



**Figura 28.** –**A.** Grano de polen, octagonal, con 14 poros, (x800). –**B.** Grano de polen con mayor aumento, octagonal, con 16 poros, (x900). –**C.** Acercamiento de un grano de polen, observando retículo, forámenes y la parte de un poro, muros anchos y algunas verrugas, (x3500). –**D.** Semilla, de forma lenticular angulada, arilo lateral irregular, (x20). –**E.** Vista basal de la semilla, región hilo-micropilar lateral, (x20). –**F.** Células del arilo lateral, (x180).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 5* (MEXU).

**Proyecto:**

Promoción para la conservación y el aprovechamiento del Xoconostle. Proyecto FRU-NOP-03-b, SAGARPA-SINAREFI x Laboratorio de Cactología del Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM.

Fotografías: César Martínez.

Microscopía electrónica de barrido: Berenit Mendoza Garfias IB-UNAM.

**Distribución Geográfica:** Villa de Tezontepec, Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo.

**Ambiente:**

**Hábitat:** Suelo sedimentario, matorral xerófilo (Rzedowski, 1978).

**Fenología:** Florece en marzo-abril, la fructificación es de julio-diciembre, estos persisten durante más de 5 meses en los cladodios, hasta ser cosechados.

**Estatus de Conservación:**

**CITES:** Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, el cual permite la colecta de material en el campo, siempre y cuando se tenga un permiso de colector científico emitido por SAGARPA.

**NOM-059-ECOL-2001 (2002):** No está incluida.

**IUCN:** No está incluida.



## Análisis Bromatológicos

### Análisis Químico Inmediato \*:

\* Método AOAC Químico Proximal (1990)

RESULTADOS				
Determinación en el análisis proximal	Cladodio		Fruto	
	B.H.	BASE 100	B.H.	BASE 100
Materia seca		6.50%		11.03%
Humedad		93.5%		88.97%
Proteína Cruda (Nitrógeno* 6.25)	0.60%		0.72%	
Extracto Etéreo	0.19%		0.56%	
Cenizas	1.77%		1.68%	
Fibra Cruda	0.83%		1.90%	
Extracto Libre de Nitrógeno	3.11%		6.17%	
Total de Nutrimientos Digestibles	3.12%		6.17%	
Energía Digestible. Kcal/Kg (Aproximadamente)	137.56		272.03	
Energía Metabolizada. Kcal/Kg (Aproximadamente)	112.78		223.04	

### Análisis de Fracciones de la fibra (Van Soest):

RESULTADOS		
	Cladodio	Fruto
Fibra Neutro Detergente	40.82%	70.66%
Contenido Celular	59.18%	29.34%
Fibra Acido Detergente	18.84%	26.73%
Hemicelulosa	21.98%	21.96%
Celulosa	16.20%	24.81%
Lignina	2.47%	2.23%

### Determinación de Minerales\*

<sup>1</sup> Método de AOAC 927.02 (1990)

<sup>2</sup> Método AOAC 965.17 (1990)

RESULTADOS		
Mineral	Cladodio	Fruto
CALCIO <sup>1</sup>	4.50%	3.20%
FÓSFORO <sup>2</sup>	0.80%	0.77%



## Información taxonómica

**Reino:** PLANTAE  
**División:** MAGNOLIOPHYTA  
**Clase:** MAGNOLIOPSIDA  
**Orden:** CARYOPHYLLALES  
**Familia:** CACTACEAE

**Nombre científico:** *Opuntia joconostle* F.A.C Weber ex Diguet, 1928.

**Nombre Común:** Xoconostle alimonado.

## Descripción de la especie:

**Hábito** arbustivo, 1.31 m de altura (Fig. 29A). **Tronco** no definido (inconspicuo, poco aparente), 27 cm de diámetro. **Epidermis** glabra, estomas paracíticos (Fig. 31E). **Cladodios** rómbicos a abovados, de 30 x 16 cm y ca. 1.7 cm de espesor, color verde cenizo (Fig. 29B). **Aréolas** dispuestas en 9-10 series, 3.0 cm de separación entre series, 2.9 cm de separación entre aréolas, elípticas, de 0.6 x 0.4 cm, tricomas cortos, negruzcos. **Glóquidas** amarillas, cortas (0.3cm), dispuestas en la parte superior de la aréola. **Espinas** 3-6, flexibles, reflejas y porrectas, desiguales, de 0.7-3 cm de largo, amarillas. **Cladodios juveniles** con tubérculos prominentes, pelos setosos, amarillentos, hojas subuladas, erectas, color verde con el ápice uncinado (Fig. 29C). **Botones florales** agudos, segmentos del perianto amarillo-rojizos, ápice acuminado, pericarpelos obovados, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos, amarillentos, glóquidas amarillas, algunas aréolas con cerdas amarillas (Fig. 30A y 30B). **Flores** amarillas (Fig. 30C), 6.2-9.1 cm de largo, pericarpelo obovado, de ca. 4 x 2 cm, aréolas dispuestas en 7 series, distantes 0.4 cm entre sí, con escama basal crasa, segmentos exteriores del perianto con ápice mucronado y bordes dentados, amarillos, con una amplia estría media purpúrea, segmentos interiores espatulados a oblanceolados, con el ápice emarginado, amarillos, estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos amarillos, anteras blancas, estilo cuneiforme, ca. 2.4 cm de largo, blanco, lóbulos del estigma 8-9 generalmente, papilosos, de ca. 0.5 cm de largo, verdes. **Granos de polen** octagonales, tectados, suprareticulados de 87  $\mu$ m de diámetro, muros anchos y glabros, con 14 poros (Fig. 31F). **Frutos** obovados a elípticos (Fig. 30E), 6-8 cm de largo, verde amarillentos con tonos rosado-rojizos, cicatriz floral hundida (1 cm), estriada, aréolas chicas, circulares, dispuestas en 3-4 series, distantes 1.5 cm entre sí y las series distantes 1.6 cm entre sí, espinas ausentes, glóquidas amarillas, paredes anchas, verde claro y ácidas, funículos verde-blancuzcos, semisecos e insípidos (Fig. 30F). **Semillas** discoidales a lenticulares, color crema, de ca. 0.3 cm de diámetro, arilo lateral irregular, región hilo-micropilar lateral, profunda, micrópilo y funículo inclusos (Fig. 32B).



---

## Material de Herbario

**Estado de Hidalgo:** Municipio de Alfajayucan, Alfajayucan, 1880 m, *L. Scheinvar* 2332 y *F. Cintara* (MEXU), Municipio de Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec, 2333 m, *C. Martínez* 6 (Ejemplares por distribuirse).

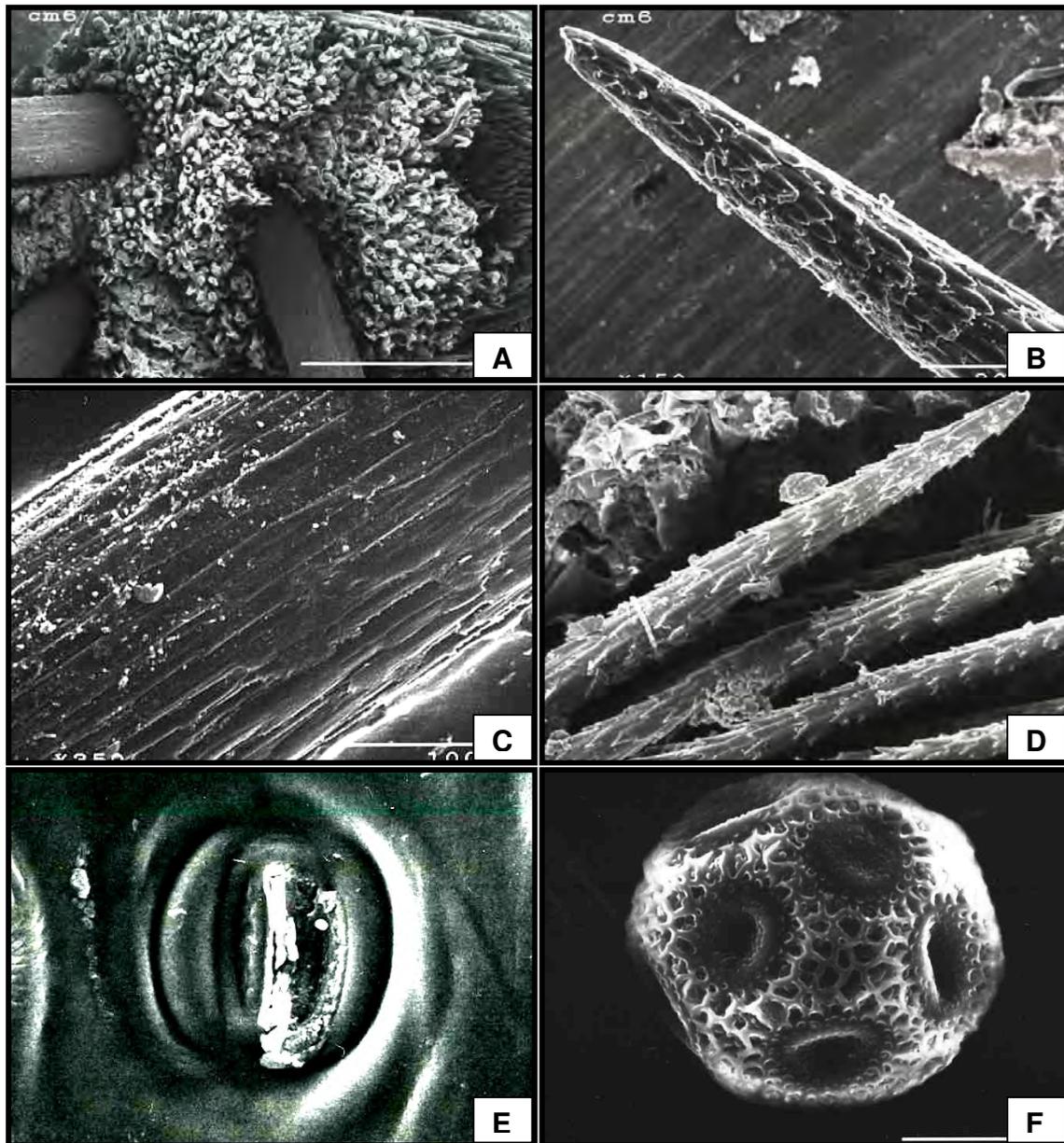
*Opuntia joconostle* F.A.C. Weber, 1928.



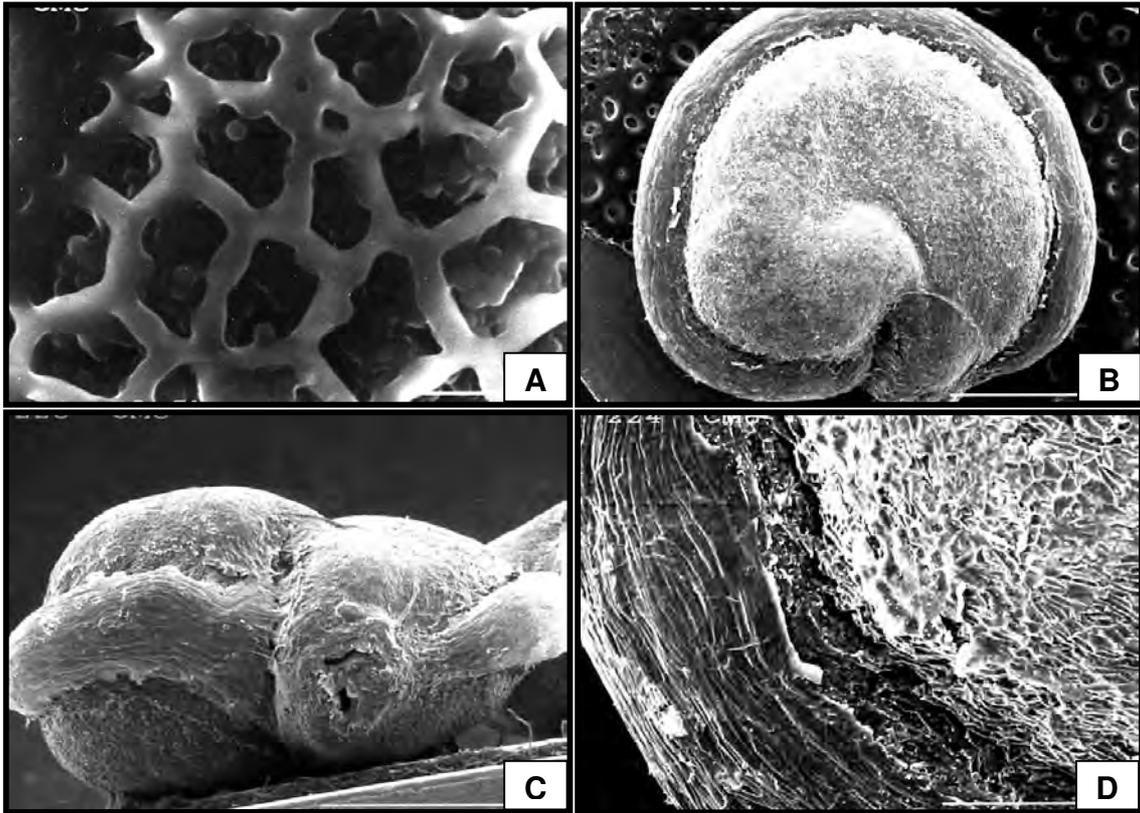
**Figura 29.** –A. Hábito arbustivo, 1.31 metros de altura. Loc. Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, planta nativa de este lugar. –B. Cladodios de forma rómbicos, espinas presentes en todas las aréolas. –C. Cladodio juvenil, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, rosados, pelos setosos, amarillentos, hojas subuladas, erectas, color verde con el ápice uncinado. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 6* (MEXU).



**Figura 30.** –**A y B.** Botón floral agudo, ápice acuminado de color rojizo, pericarpelo obovado, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos, amarillentos, glóquidas amarillas y algunas aréolas con cerdas amarillas. –**C.** Flor en antesis, vista superior, segmentos interiores amarillos, espatulados a oblanceolados con el ápice emarginado. –**D.** Corte longitudinal de la flor, filamentos amarillos y anteras blancas, estilo verde, lóbulos del estigma verdes. –**E.** Fruto de forma obovado a elíptico, verde amarillento con tonos rosado-rojizos, 3-4 series de aréolas, espinas ausentes, glóquidas amarillas. –**F.** Corte longitudinal del fruto, 6.3 cm de largo, paredes anchas, verde claro, ácidas, funículos verde-blancuzcos, semisecos e insípidos. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 6* (MEXU).



**Figura 31.** –A. Aréola, tricomas cortos en la parte central, glóquidas en la parte superior, base de una espina central y dos radiales, (x25). –B. Parte apical de una espina, células epidérmicas cortas y angostas, (x150). –C. Parte media de una espina, epidermis continua, careciendo de ornamentaciones, (x200). –D. Glóquidas, células epidérmicas largas, retrobarbadas, ápices ligeramente elevados, (x150). –E. Epidermis glabra, estomas paracíticos, (x900). –F. Grano de polen, octagonal, con 14 poros, (x800).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 6* (MEXU).



**Figura 32.** –**A.** Acercamiento de un grano de polen, observando retículo y forámenes, muros anchos y glabros, (x3500). –**B.** Semilla discoidal a lenticular, arilo lateral irregular, (x20). –**C.** Vista basal de la semilla, región hilo-micropilar lateral, profunda, micrópilo y funículo inclusos, (x25). –**D.** Células del arilo lateral, (x110).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 6* (MEXU).

**Proyecto:**

Promoción para la conservación y el aprovechamiento del Xocconostle. Proyecto FRU-NOP-03-b, SAGARPA-SINAREFI x Laboratorio de Cactología del Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM.

Fotografías: César Martínez.

Microscopía electrónica de barrido: Berenit Mendoza Garfias IB-UNAM.



**Distribución Geográfica:** Aguascalientes, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Querétaro, San Luís Potosí, Tlaxcala y Zacatecas.

**Ambiente:**

**Hábitat:** Suelo sedimentario, matorral xerófilo (Rzedowski, 1978).

**Fenología:** Florece en marzo-abril, la fructificación es de julio-septiembre, estos persisten durante más de 3 meses en los cladodios, hasta ser cosechados.

**Estatus de Conservación:**

**CITES:** Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, el cual permite la colecta de material en el campo, siempre y cuando se tenga un permiso de colector científico emitido por SAGARPA.

**NOM-059-ECOL-2001 (2002):** No está incluida.

**IUCN:** No está incluida.



## Análisis Bromatológicos

### Análisis Químico Inmediato \*:

\* Método AOAC Químico Proximal (1990)

RESULTADOS				
Determinación en el análisis proximal	Cladodio		Fruto	
	B.H.	BASE 100	B.H.	BASE 100
Materia seca		7.88%		12.20%
Humedad		92.12%		87.8%
Proteína Cruda (Nitrógeno* 6.25)	0.45%		0.86%	
Extracto Etéreo	0.24%		0.37%	
Cenizas	2.21%		1.10%	
Fibra Cruda	1.20%		1.00%	
Extracto Libre de Nitrógeno	3.78%		8.87%	
Total de Nutrimientos Digestibles	3.72%		7.79%	
Energía Digestible. Kcal/Kg (Aproximadamente)	164.01		343.46	
Energía Metabolizada. Kcal/Kg (Aproximadamente)	134.47		281.60	

### Análisis de Fracciones de la fibra (Van Soest):

RESULTADOS		
	Cladodio	Fruto
Fibra Neutro Detergente	63.39%	42.75%
Contenido Celular	36.61%	57.25%
Fibra Acido Detergente	18.83%	13.98%
Hemicelulosa	44.56%	28.77%
Celulosa	15.92%	11.76%
Lignina	2.21%	2.33%

### Determinación de Minerales\*

<sup>1</sup> Método de AOAC 927.02 (1990)

<sup>2</sup> Método AOAC 965.17 (1990)

RESULTADOS		
Mineral	Cladodio	Fruto
CALCIO <sup>1</sup>	5.90%	1.80%
FÓSFORO <sup>2</sup>	0.42%	0.19%



## Información taxonómica

**Reino:** PLANTAE

**División:** MAGNOLIOPHYTA

**Clase:** MAGNOLIOPSIDA

**Orden:** CARYOPHYLLALES

**Familia:** CACTACEAE

**Nombre científico:** *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber *f. rubra* Gallegos & Scheinvar, f. nov.

**Nombre Común:** Xoconostle manzo

## Descripción de la especie:

**Hábito** arbustivo, 1.53 m de altura (Fig. 33A). **Tronco** no definido (inconspicuo, poco aparente), 24 cm de diámetro. **Epidermis** glabra, estomas paracíticos (Fig. 35A). **Cladodios** obovados, ca. 28 x 19 cm y ca. 1.4 cm de espesor, color verde grisáceo, recubierto de una capa de cera (Fig. 33B). **Aréolas** dispuestas en 9-12 series, 4 cm de separación entre series, 3.5 cm de separación entre aréolas, elípticas, de 0.5 x 0.4 cm, tricomas cortos, negruzcos. **Glóquidas** amarillas, cortas (0.2 cm), dispuestas en la parte superior de la aréola, células epidérmicas largas, retrobarbadas y ápices elevados (Fig. 35E). **Espinas** 1-5, blancas, ápice translúcido, subuladas, porrectas, desiguales, de 0.8–2.3 cm de largo. **Cladodios juveniles** con tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos ligeramente rosados, hojas subuladas, erectas, color verde con el ápice uncinado, ligeramente rojizo (Fig. 33C). **Botones florales** agudos, segmentos del perianto rojizos con el ápice acuminado, pericarpelos obovados, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos, rosados, glóquidas amarillas y aréolas con cerdas amarillas (Fig. 34A y 34B). **Flores** amarillas (Fig. 34C), 5.5-7.5 cm de largo, pericarpelo obovado, de ca. 3.5 x 2.1 cm, aréolas dispuestas en 4 series, distantes 0.6 cm entre sí, con escama basal crasa, segmentos exteriores del perianto deltoides, ápice mucronado y bordes dentados, verde amarillentos, con estría mediana verdusca, ápice color rojizo, segmentos interiores oblanceolados, ápice retuso, amarillos, bordes superiores rectos, estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos amarillos, anteras blancas, estilo cuneiforme, ca. 1.8 cm de largo, rosado, lóbulos del estigma 8 generalmente, papilosos, de ca. 0.6 cm de largo, verdes con estría mediana blancuzca (Fig. 34D). **Granos de polen**, poligonales, tectados, suprareticulados, muros anchos ligeramente verrugosos (Fig. 36B). **Frutos** elípticos a obovados (Fig. 34E), 5.2-7.6 cm de largo, rojos oscuros, cicatriz floral ligeramente hundida, estriada, aréolas grandes, elípticas, dispuestas en 4-5 series, distantes 1.4 cm entre sí y 1.5 cm entre series, espinas ausentes, glóquidas amarillas, paredes anchas, rosadas y ácidas, funículos rojos, semisecos e insípidos (Fig. 34F). **Semillas** reniformes, ca. 0.33 cm de diámetro, arilo lateral irregular, región hilo-micropilar lateral, profunda, micrópilo y funículo inclusos, testa punteada (Fig. 36D).



---

## Material de Herbario

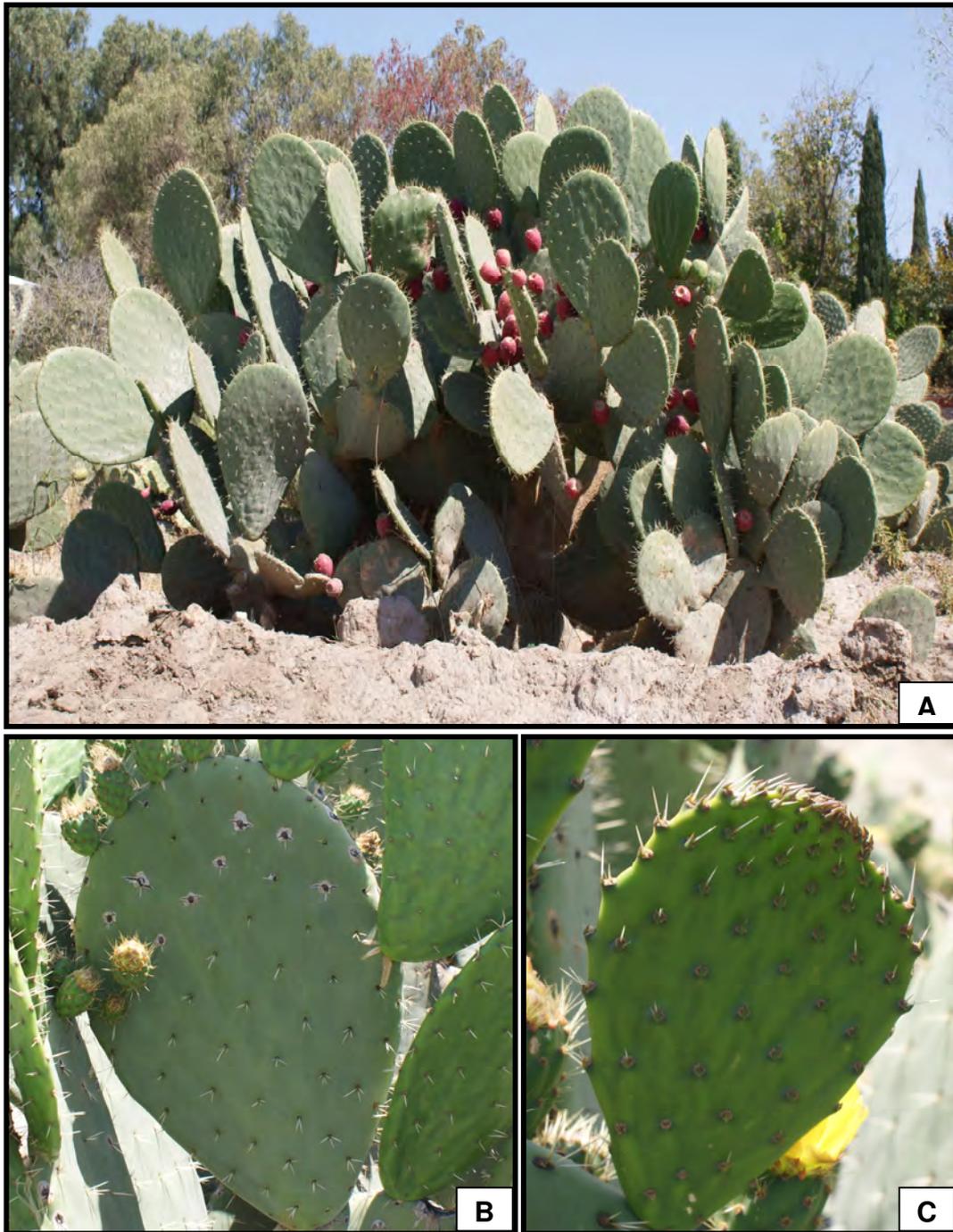
**Estado de Hidalgo:** Municipio de Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec, 2333 m, C. Martínez 7 (Ejemplares por distribuirse).

### Discusión.

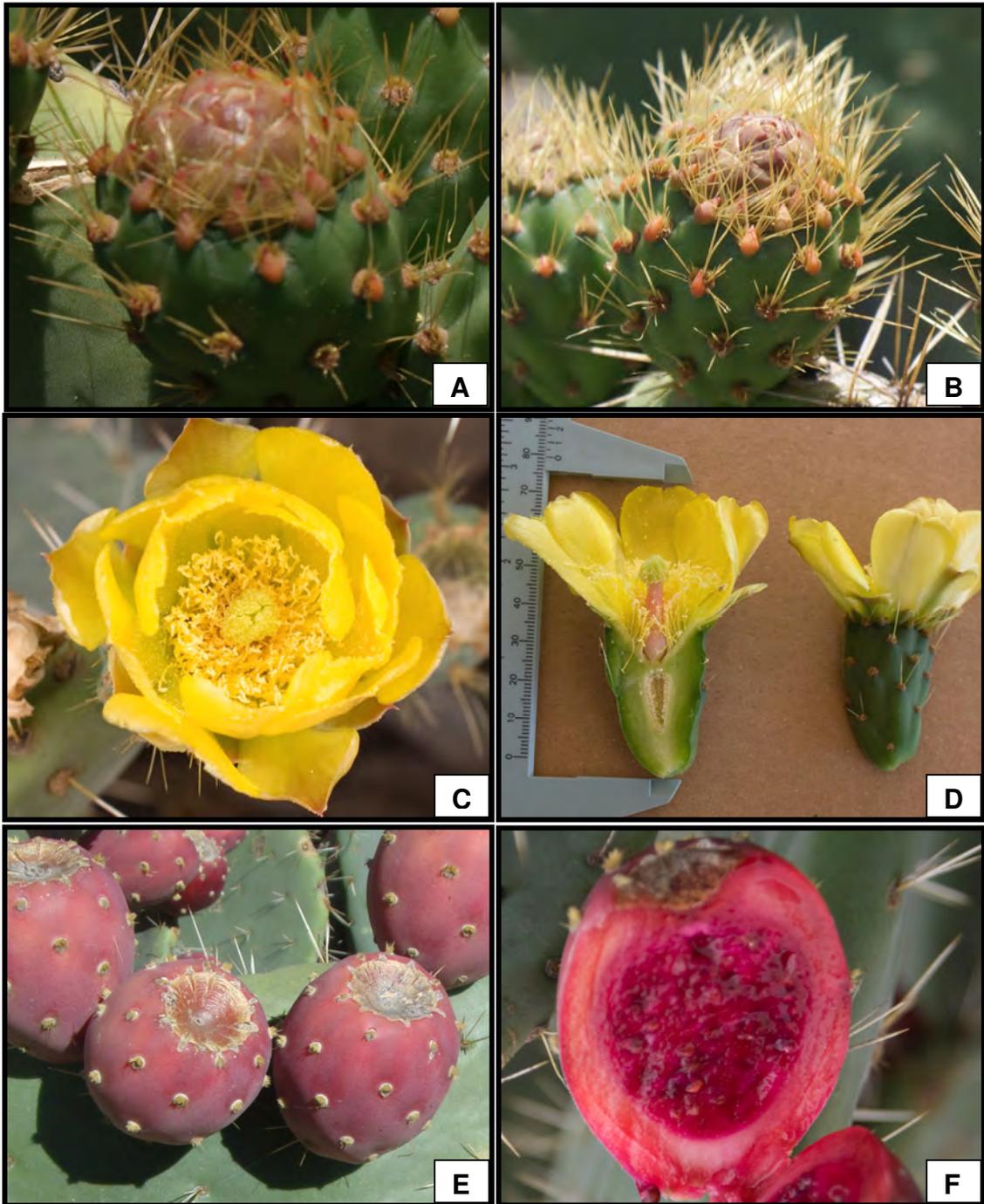
Este taxón se identificó como *Opuntia joconostle*, por la forma de los cladodios, color del perianto, forma de los segmentos interiores. Reconociendo diferencias, como es un mayor tamaño de los cladodios, epidermis glabra, un mayor número de poros en los granos de polen, pero sobre todo un fruto muy diferente en cuestión de tamaño, morfología interna y externa, por lo tanto un mayor tamaño para las semillas. Características consideradas diagnósticas para nombrar una forma hortícola nueva para *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber, llamada *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber f. *rubra* Gallegos & Scheinvar, f. nov.



*Opuntia joconostle* F.A.C. Weber *f. rubra* Gallegos & Scheinvar, f. nov.

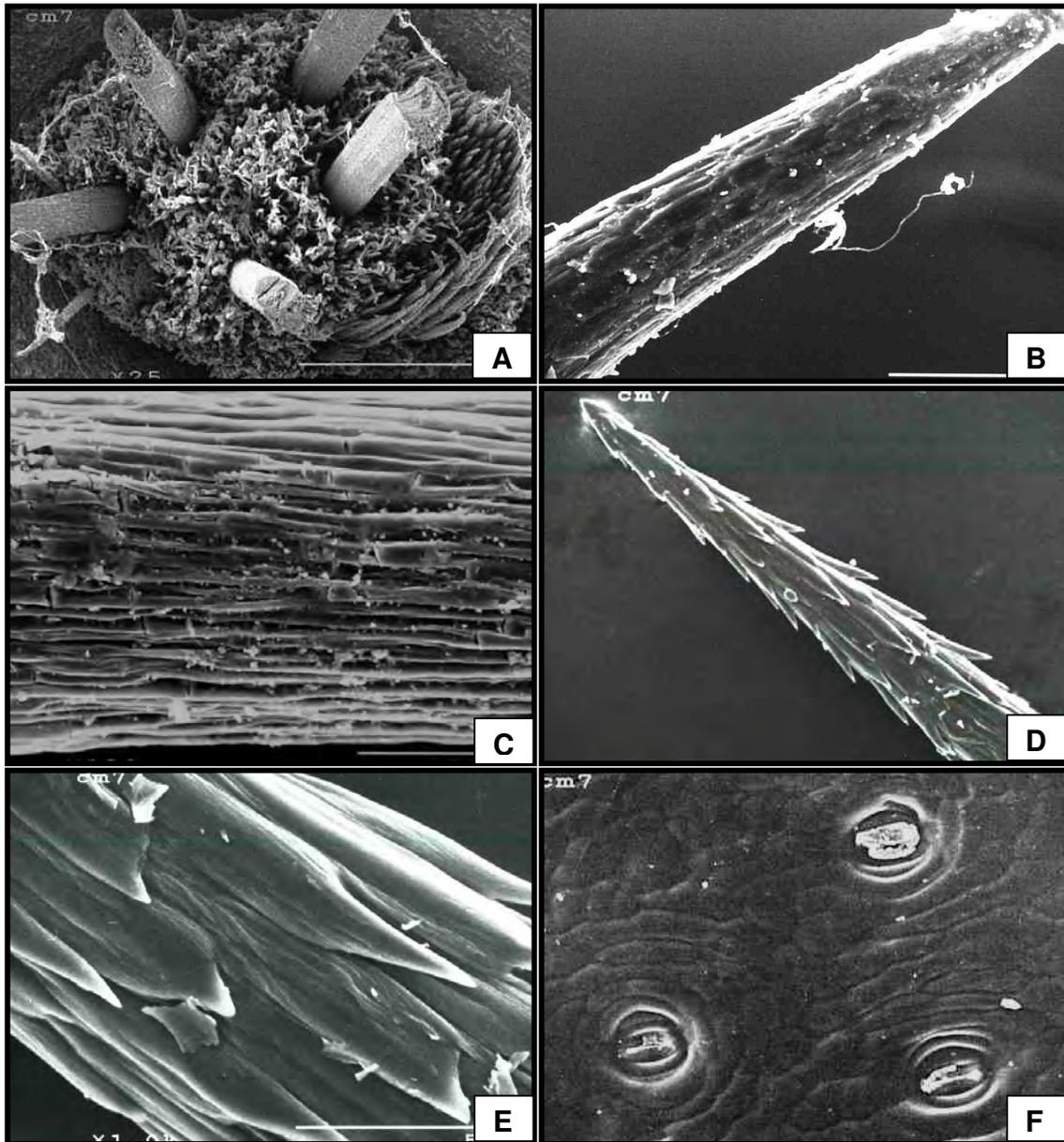


**Figura 33.** –A. Hábito arbustivo, 1.53 metros de altura. Loc. Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, planta nativa de este lugar. –B. Cladodios obovados, espinas presentes en todas las aréolas. –C. Cladodio juvenil, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos ligeramente rosados, hojas subuladas, erectas, color verde con el ápice uncinado ligeramente rojizo. Ejemplar de referencia: *C. Martínez* 7 (MEXU).

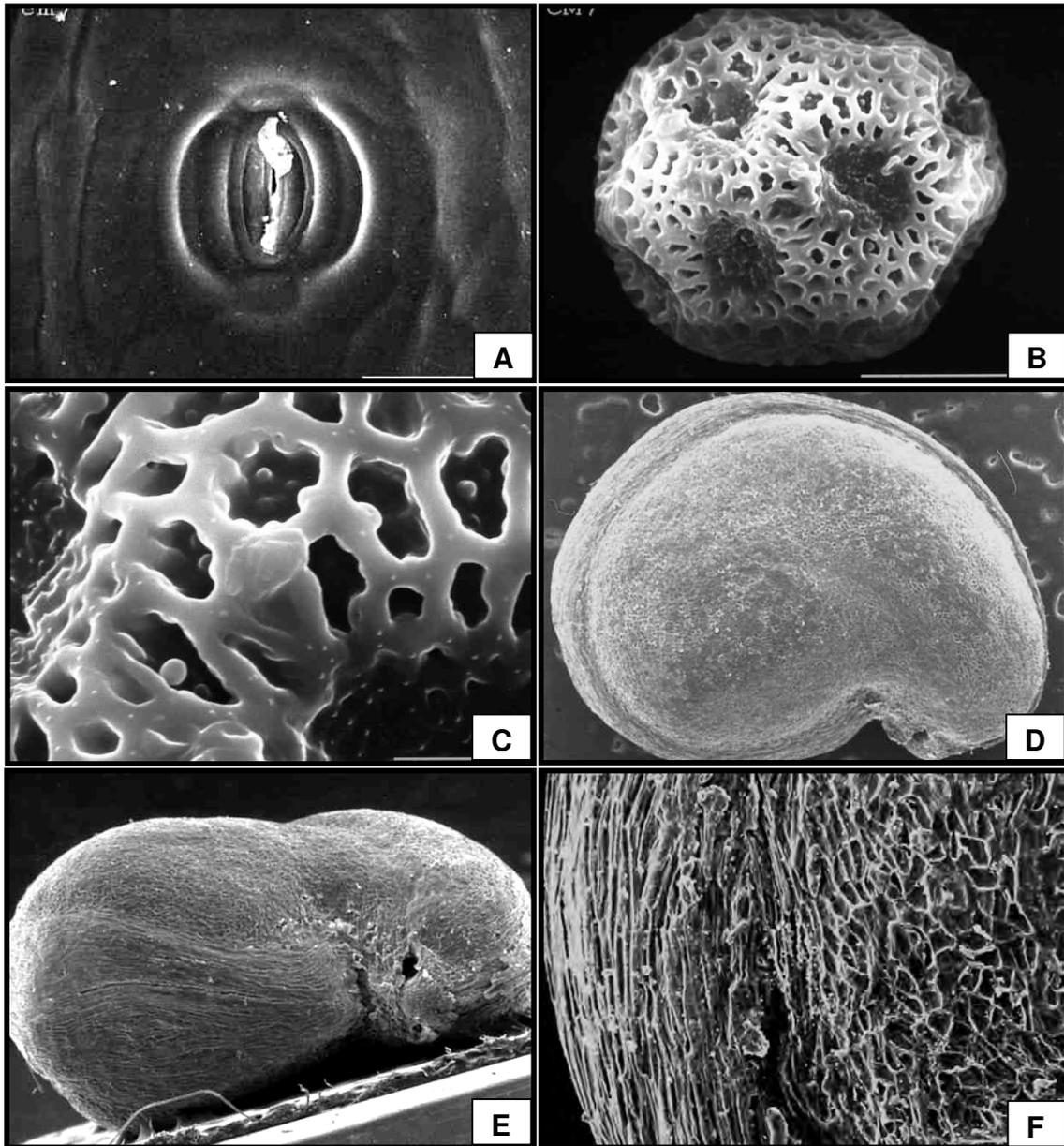


**Figura 34.** –A y B. Botón floral agudo, segmentos del perianto rojizos, ápice acuminado, pericarpelo obovado, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos, rosados, glóquidas amarillas y aréolas con cerdas amarillas. –C. Flor en antesis, vista superior, segmentos interiores amarillos, oblanceolados con el ápice retuso. –D. Corte longitudinal de la flor, filamentos amarillos y anteras blancas, estilo rosado, lóbulos del estigma verdes. –E. Frutos de forma elípticos a obovados, rojo oscuro, 4-5 series de aréolas, espinas ausentes, glóquidas amarillas. –F. Corte longitudinal del fruto, 6.8 cm de largo, paredes anchas, rosadas y ácidas, funículos rojos, semisecos e insípidos.

Ejemplar de referencia: *C. Martínez 7* (MEXU).



**Figura 35.** –**A.** Aréola. Tricomas cortos en la parte central, glóquidas en la parte superior y base de una espina central y cuatro espinas radiales, (x20). –**B.** Parte apical de una espina, células epidérmicas largas y angostas, (x180). –**C.** Parte media de una espina, células paralelas entre sí, transversalmente fisuradas, (x180). –**D.** Glóquida, parte apical, células epidérmicas largas, retrobarbadas y ápices elevados, (x180). –**E.** Parte media de una glóquida, células epidérmicas largas, retrobarbadas y ápices ligeramente elevados, (x1000). –**F.** Epidermis glabra, (x300).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 7* (MEXU).



**Figura 36.** –A. Acercamiento de un estoma, de tipo paracítico, (x800). –B. Grano de polen, poligonal, con 14-16 poros, (x800). –C. Acercamiento de un grano de polen, observando retículo, forámenes y la parte de dos poros, muros anchos con algunas verrugas, (x3500) –D. Semilla reniforme, arilo lateral irregular, (x30). –E. Vista basal de la semilla, región hilo-micropilar lateral, profunda, micrópilo y funículo inclusos, (x50). –F. Células del arilo lateral, (x150).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 7* (MEXU).

**Proyecto:**

Promoción para la conservación y el aprovechamiento del Xoconostle. Proyecto FRU-NOP-03-b, SAGARPA-SINAREFI x Laboratorio de Cactología del Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM.

Fotografías: César Martínez.

Microscopía electrónica de barrido: Berenit Mendoza Garfias IB-UNAM.

**Distribución Geográfica:** Villa de Tezontepec, Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo.

**Ambiente:**

**Hábitat:** Suelo sedimentario, matorral xerófilo (Rzedowski, 1978).

**Fenología:** Florece en marzo-abril, la fructificación es de julio-septiembre, estos persisten solamente 3 meses en los cladodios, hasta ser cosechados.

**Estatus de Conservación:**

**CITES:** Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, el cual permite la colecta de material en el campo, siempre y cuando se tenga un permiso de colector científico emitido por SEMARNAT.

**NOM-059-ECOL-2001 (2002):** No está incluida.

**IUCN:** No está incluida.



## Análisis Bromatológicos

### Análisis Químico Inmediato \*:

\* Método AOAC Químico Proximal (1990)

RESULTADOS				
Determinación en el análisis proximal	Cladodio		Fruto	
	B.H.	BASE 100	B.H.	BASE 100
Materia seca		7.15%		15.71%
Humedad		92.85%		84.29%
Proteína Cruda (Nitrógeno* 6.25)	0.48%		0.84%	
Extracto Etéreo	0.14%		1.09%	
Cenizas	1.83%		1.25%	
Fibra Cruda	0.90%		2.90%	
Extracto Libre de Nitrógeno	3.80%		9.63%	
Total de Nutrimientos Digestibles	3.56%		9.61%	
Energía Digestible. Kcal/Kg (Aproximadamente)	156.96		423.70	
Energía Metabolizada. Kcal/Kg (Aproximadamente)	128.69		347.40	

### Análisis de Fracciones de la fibra (Van Soest):

RESULTADOS		
	Cladodio	Fruto
Fibra Neutro Detergente	49.14%	47.52%
Contenido Celular	50.86%	52.48%
Fibra Acido Detergente	18.48%	23.86%
Hemicelulosa	30.66%	23.33%
Celulosa	14.42%	20.12%
Lignina	3.72%	3.18%

### Determinación de Minerales\*

<sup>1</sup> Método de AOAC 927.02 (1990)

<sup>2</sup> Método AOAC 965.17 (1990)

RESULTADOS		
Mineral	Cladodio	Fruto
CALCIO <sup>1</sup>	4.40%	1.60%
FÓSFORO <sup>2</sup>	0.14%	0.23%



## Información taxonómica

**Reino:** PLANTAE  
**División:** MAGNOLIOPHYTA  
**Clase:** MAGNOLIOPSIDA  
**Orden:** CARYOPHYLLALES  
**Familia:** CACTACEAE

**Nombre científico:** *Opuntia joconostle* F.A.C Weber x *Opuntia matudae* Scheinvar.

**Nombre Común:** Xoconostle de Apan Hidalgo.

## Descripción de la especie:

**Hábito** arbustivo, 1.56 m de altura (Fig. 37A). **Tronco** no definido (inconspicuo, poco aparente), ca. 20 cm de diámetro. **Epidermis** papilosa, estomas paracíticos (Fig. 39E). **Cladodios** piriformes, de 30 x 15 cm, y ca. 1.7 cm de espesor, color verde pálido (Fig. 37B). **Aréolas** dispuestas en 10-12 series, 2.5 cm de separación entre series, 2.3 cm de separación entre aréolas, elípticas, de 0.4 x 0.2-0.3 cm, tricomas cortos, negruzcos. **Glóquidas** amarillas, cortas (0.2cm), dispuestas en la parte superior de la aréola. **Espinas** 0-6, blancas, ápice translucido, setosas, porrectas y divergentes, ausentes en algunas aréolas de la parte inferior de los cladodios, desiguales, de 0.5–1.7 cm de largo. **Cladodios juveniles** de color verde claro, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, rosado-rojizos, hojas subuladas, erectas, color verde con el ápice rojizo y uncinado (Fig. 37C). **Botones florales** agudos, segmentos del perianto rojizos con el ápice acuminado, pericarpelos elípticos, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos, color marrón, glóquidas amarillas, algunas aréolas con cerdas amarillentas (Fig. 38A y 38B). **Flores** anaranjadas (Fig. 38C), 6.5-9 cm de largo, pericarpelo obovado, de ca. 3.4 x 1.3 cm, aréolas dispuestas en 5 series, distantes 0.2 cm entre sí, con escama basal crasa, segmentos exteriores del perianto deltoides, ápice mucronado y bordes dentados, amarillo-anaranjados, con estría purpúrea, segmentos interiores obovados, ápice acuminado, anaranjados, bordes superiores rectos y dentados, estambres 2/3 del largo del perianto, filamentos amarillo-anaranjados, anteras amarillas, estilo cuneiforme, ca. 2 cm de largo, anaranjado, lóbulos del estigma generalmente 8, papilosos, de ca. 0.4 cm de largo, verdes con estría mediana blancuzca (Fig. 38D). **Granos de polen**, poligonales, tectados, suprareticulados, muros anchos y glabros (Fig. 40A). **Frutos** piriformes a obovados (Fig. 38E), 6.4-8.6 cm de largo, verdes con manchones rosa-rojizos, cicatriz floral ligeramente hundida, estriada, aréolas chicas, dispuestas en 5-6 series, semicirculares, distantes 1.2 cm entre sí y 1.5 cm entre series, espinas ausentes, glóquidas amarillas, paredes anchas, verde-blancuzcas y ácidas, funículos rosas, semisecos e insípidos (Fig. 38F). **Semillas** lenticulares a discoidales, color crema, ca. 0.32 cm de diámetro, arilo lateral irregular, región hilo-micropilar lateral, ligeramente profunda, micrópilo y funículo inclusos (Fig. 40D).



---

## Material de Herbario

**Estado de Hidalgo:** Municipio de Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec, 2335 m, C. Martínez 8 (Ejemplares por distribuirse).

### Discusión.

El presente taxón se considero un posible híbrido entre las especies anteriormente mencionadas. Siendo morfológicamente similar a *Opuntia joconostle*, en la forma de los cladodios, color de las glóquidas dispuestas en los cladodios, número de poros en el grano de polen, forma de frutos y de semillas. Siendo diferente en la epidermis papilosa, dimensión de las espinas, dimensión y color de la flor en anthesis y tamaño de los frutos.

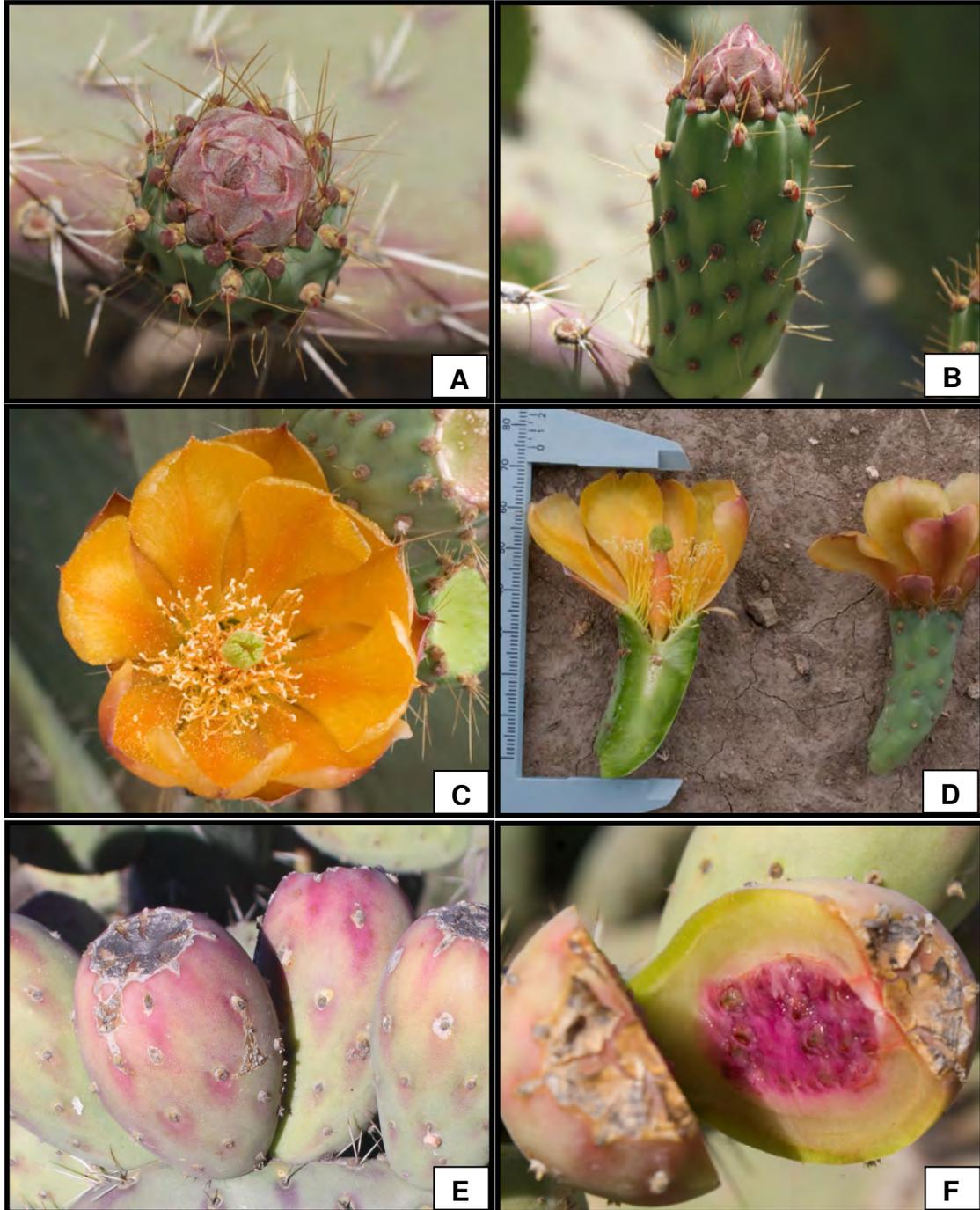
Características como el número de series de aréolas, forma de espinas y el botón floral son características de *Opuntia matudae*. Posiblemente al haber esta hibridación y por lo tanto una recombinación genética, morfológicamente hay estructuras que no son características para ninguno de ambos progenitores, como es color anaranjado de la flor, y la gran diferencia que tiene el fruto, tamaño grande y características novedosas producto de la posible hibridación.



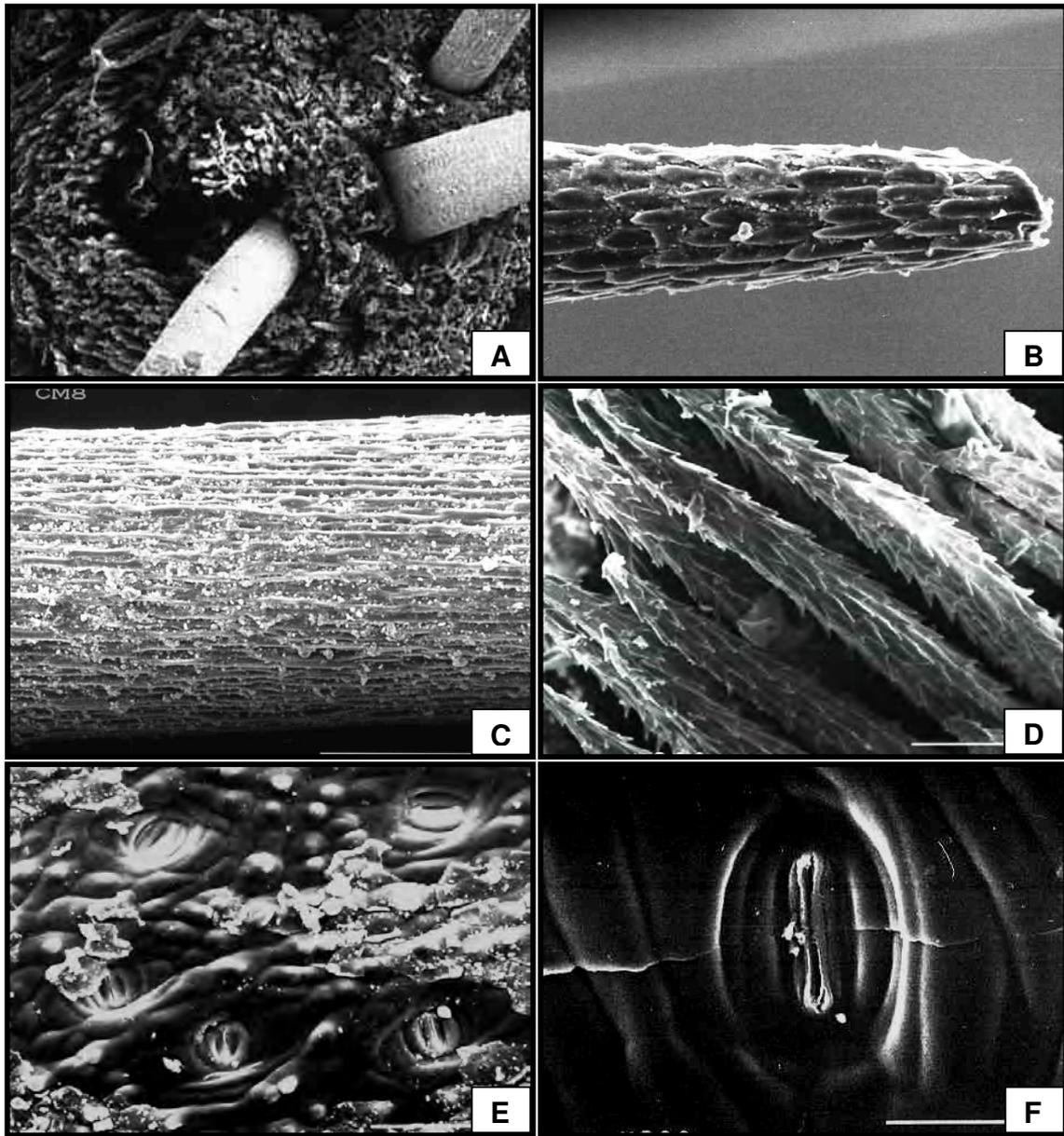
***Opuntia joconostle* F.A.C Weber x *Opuntia matudae* Scheinvar.**



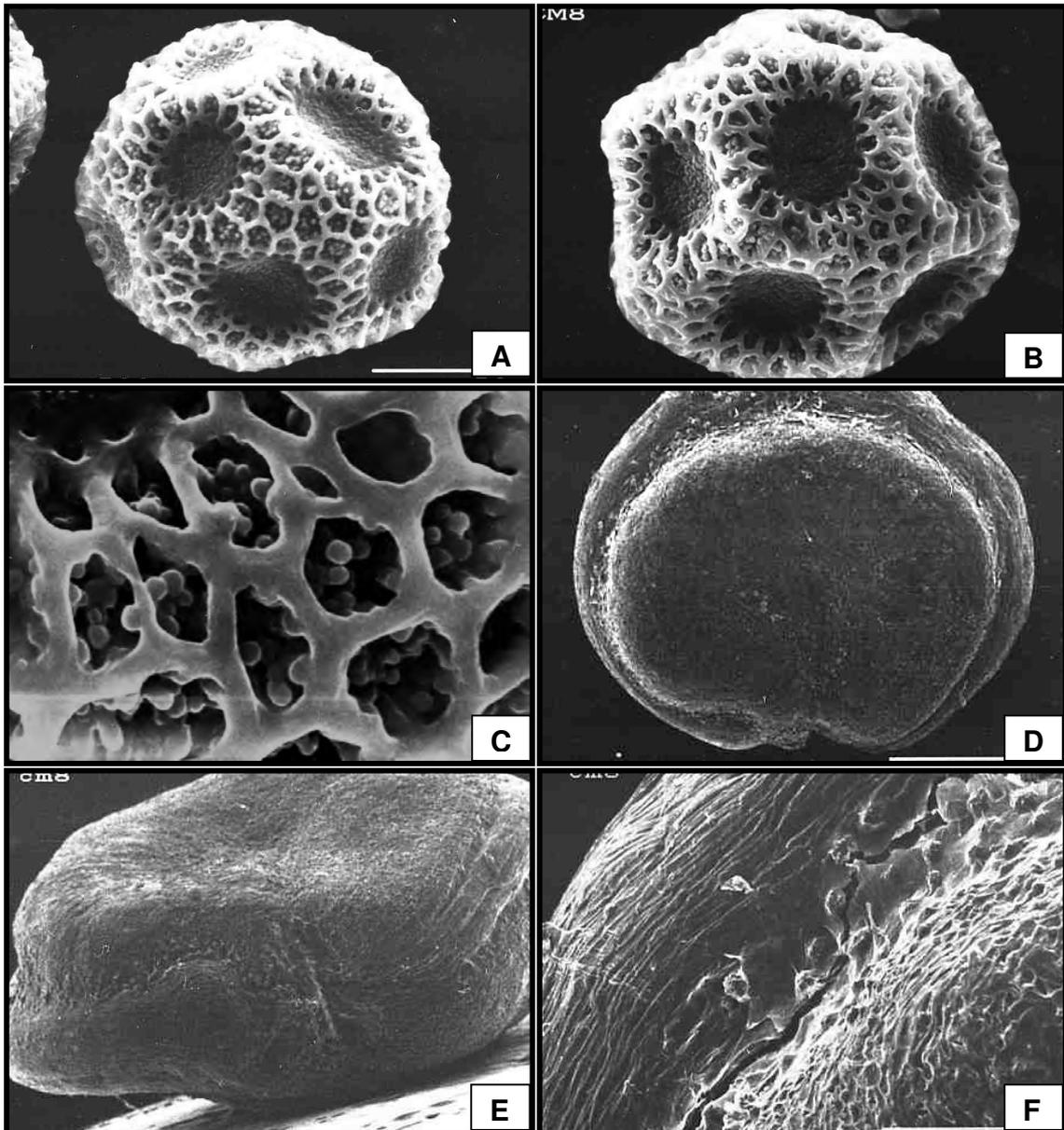
**Figura 37.** – **A.** Hábito arbustivo, 1.56 metros de altura. Loc. Municipio Villa de Tezontepec, planta nativa de Apan, Hidalgo. –**B.** Cladodios piriformes, espinas ausentes en las aréolas inferiores. –**C.** Cladodio juvenil, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, rosado-rojizos, hojas subuladas, erectas, color verde con el ápice rojizo y uncinado. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 8* (MEXU).



**Figura 38.** –A y B. Botón floral agudo, segmentos del perianto rojizos, ápice acuminado, pericarpelo elíptico, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos, color marrón, glóquidas amarillas y algunas aréolas con cerdas amarillentas. –C. Flor en antesis, vista superior, segmentos interiores anaranjados, obovados con el ápice acuminado. –D. Corte longitudinal de la flor, filamentos amarillo-anaranjados, anteras amarillas, estilo anaranjado, lóbulos del estigma verdes. –E. Frutos de forma piriformes a obovados, verdes con manchones rosa-rojizos, 5-6 series de aréolas, espinas ausentes, glóquidas amarillas. –F. Corte longitudinal del fruto, 9 cm de largo, paredes anchas, verde-blancuzcas, ácidas, funículos rosas, semisecos e insípidos. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 8* (MEXU).



**Figura 39.** –A. Aréola. Tricomas cortos en la parte central, glóquidas en la parte superior, base de tres espinas, (x25). –B. Parte apical de una espina, células epidérmicas cortas y angostas, (x125). –C. Parte media de una espina, epidermis continua, careciendo de ornamentaciones, (x100). –D. Glóquidas, células epidérmicas largas, retrobarbadas con ápices elevados, (x125). –E. Epidermis papilosa, (x500). –F. Acercamiento de un estoma, de tipo paracítico, (x800).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 8* (MEXU).



**Figura 40.** –A. Grano de polen, poligonal, 14-16 poros, (x700). –B. Vista de otro ángulo de un grano de polen, (x700). –C. Acercamiento de un grano de polen, observando retículo y forámenes, muros anchos y glabros, (x3500). –D. Semilla lenticular a discoidal, arilo lateral irregular, (x25). –E. Vista basal de la semilla, región hilo-micropilar lateral, micrópilo y funículo inclusos, (x70). –F. Células del arilo lateral, (x180).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 8* (MEXU).

**Proyecto:**

Promoción para la conservación y el aprovechamiento del Xoconostle. Proyecto FRU-NOP-03-b, SAGARPA-SINAREFI x Laboratorio de Cactología del Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM.

Fotografías: César Martínez.

Microscopía electrónica de barrido: Berenit Mendoza Garfias IB-UNAM.

**Distribución Geográfica:** Villa de Tezontepec, Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo.

**Ambiente:**

**Hábitat:** Suelo sedimentario, matorral xerófilo (Rzedowski, 1978).

**Fenología:** Florece en marzo-abril, la fructificación es de julio-diciembre, estos persisten durante más de 12 meses en los cladodios, hasta ser cosechados.

**Estatus de Conservación:**

**CITES:** Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, el cual permite la colecta de material en el campo, siempre y cuando se tenga un permiso de colector científico emitido por SEMARNAT.

**NOM-059-ECOL-2001 (2002):** No está incluida.

**IUCN:** No está incluida.



## Análisis Bromatológicos

### Análisis Químico Inmediato \*:

\* Método AOAC Químico Proximal (1990)

RESULTADOS				
Determinación en el análisis proximal	Cladodio		Fruto	
	B.H.	BASE 100	B.H.	BASE 100
Materia seca		7.42%		10.75%
Humedad		92.88%		89.25%
Proteína Cruda (Nitrógeno* 6.25)	0.41%		0.55%	
Extracto Etéreo	0.39%		1.14%	
Cenizas	1.66%		1.27%	
Fibra Cruda	0.66%		2.29%	
Extracto Libre de Nitrógeno	4.30%		5.50%	
Total de Nutrimientos Digestibles	4.00%		6.16%	
Energía Digestible. Kcal/Kg (Aproximadamente)	176.36		271.59	
Energía Metabolizada. Kcal/Kg (Aproximadamente)	144.6		222.68	

### Análisis de Fracciones de la fibra (Van Soest):

RESULTADOS		
	Cladodio	Fruto
Fibra Neutro Detergente	42.32%	33.58%
Contenido Celular	57.68%	66.42%
Fibra Acido Detergente	19.89%	33.47%
Hemicelulosa	22.43%	0.11%
Celulosa	16.53%	30.23%
Lignina	2.62%	3.08%

### Determinación de Minerales\*

<sup>1</sup> Método de AOAC 927.02 (1990)

<sup>2</sup> Método AOAC 965.17 (1990)

RESULTADOS		
Mineral	Cladodio	Fruto
CALCIO <sup>1</sup>	5.20%	2.31%
FÓSFORO <sup>2</sup>	0.23%	0.18%



## Información taxonómica

**Reino:** PLANTAE

**División:** MAGNOLIOPHYTA

**Clase:** MAGNOLIOPSIDA

**Orden:** CARYOPHYLLALES

**Familia:** CACTACEAE

**Nombre científico:** *Opuntia matudae* Scheinvar *f. pubescente* Scheinvar & Martínez, f. nov.

**Nombre Común:** Xoconostle cuaresmeño.

## Descripción de la especie:

**Hábito** arbustivo, 1.20 m de altura (Fig. 41A). **Tronco** no definido (inconspicuo, poco aparente), 20 cm de diámetro. **Epidermis** pubescente, tricomas cónicos y encorvados (Fig. 43F). **Cladodios** obovados con la base estrecha, de 22 x 16 cm, y ca. 2 cm de espesor, color verde pálido, con manchas purpúreas alrededor de las aréolas (Fig. 41B). **Aréolas** dispuestas en 9-11 series, 2.5 cm de separación entre series, 2.5 cm de separación entre aréolas, elípticas, de 0.4 x 0.3 cm, tricomas cortos, grisáceos. **Glóquidas** amarillas, cortas (0.3cm), dispuestas en la parte superior de la aréola, células epidérmicas cortas, retrobarbadas, ápices ligeramente elevados (Fig. 43E). **Espinas** 2-5, blancas, ápice translúcido amarillento, porrectas, divergentes y setosas, desiguales, de 0.6–1.9 cm de largo. **Cladodios juveniles** de color verde medio, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, ligeramente rosados, hojas subuladas, erectas, color rojizo con el ápice uncinado (Fig. 41C). **Botones florales** agudos, segmentos del perianto amarillos, ápice acuminado, rojizo, pericarpelos elípticos a obovados, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos, rosados, glóquidas amarillas, algunas aréolas con cerdas amarillas (Fig. 42A y 42B). **Flores** amarillas (Fig. 42C), 6.4-7.5 cm de largo, pericarpelo elíptico a obovado, de ca. 3.4 x 2.3 cm, aréolas dispuestas en 5 series, distantes 0.5 cm entre sí, con escama basal crasa, segmentos exteriores del perianto deltoides, ápice mucronado y bordes dentados, amarillo verdosos con amplia estría mediana purpúrea, segmentos interiores obovados, ápice mucronado, amarillos, bordes superiores rectos, estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos amarillos, anteras blancas, estilo cuneiforme, ca. 2 cm de largo, rosa, lóbulos del estigma generalmente 8, papilosos, de ca. 0.4 cm de largo, verdes con estría mediana blancuzca (Fig. 42D). **Granos de polen**, octagonales, tectados, suprareticulados, muros anchos, ligeramente verrugosos (Fig. 44A). **Frutos** Obovados a globosos (Fig. 42E), 6-7 cm de largo, rosados con manchones rojizos, cicatriz floral profunda (0.9 cm), estriada, aréolas chicas, dispuestas en 4-6 series, distantes 1.1 cm entre sí y 1.1 cm entre series, espinas ausentes, glóquidas amarillas, paredes anchas, rosadas y ácidas, funículos rosa-rojizos, semisecos e insípidos (Fig. 42F). **Semillas** irregularmente lenticulares, color crema, de ca. 0.4 cm de diámetro, arilo lateral irregular, región hilo-micropilar lateral, micrópilo y funículo inclusos (Fig. 44D).



## Material de Herbario

**Estado de Hidalgo:** Municipio de Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec, 2335 m, C. Martínez 9 (Ejemplares por distribuirse).

**Cuadro 6. Comparación entre *Opuntia matudae* Scheinvar y este taxón, con número de colecta CM9.**

	<i>Opuntia matudae</i> Scheinvar (Descripción original)	CM9
<b>Epidermis</b>	Glabra	Pubescente
<b>Número de series de aréolas</b>	13-14	9-11
<b>Disposición de aréolas</b>	De 13 a 14 series de espirales	De 9-11 series de espirales
<b>Distancia entre aréolas</b>	20 mm	25 mm
<b>Contenido de la aréola</b>	Tricomas largos	Tricomas cortos
<b>Color de los tricomas</b>	Grisáceo negruzco	Grisáceo
<b>Color de las glóquidas</b>	Castaño rosado	Amarillas
<b>Dimensión (espinas)</b>	De 0.7-3.5 cm de largo	De 0.6-1.9 cm de largo
<b>Color (espinas)</b>	Blanco grisáceo o amarillento con el ápice translucido	Blancas, con el ápice amarillento
<b>Fruto</b>	Elipsoide a piriforme	Obovados a globosos
<b>Color del fruto</b>	Verde purpúreo	Rosados con manchones rojizos
<b>Dimensiones del fruto</b>	De 40 mm x 25 mm	De 60 mm x 33-38 mm
<b>Color de las glóquidas</b>	Castaño rosadas	Amarillentas
<b>Semillas</b>	Discoideas	Lenticulares desiguales
<b>Nombre común</b>	Xoconostle cuaresmeño	Xoconostle cuaresmeño

### Discusión.

La comparación indica que morfológicamente son muy parecidos ambos taxa, destacando la diferencia en la epidermis, ya que Scheinvar en su descripción dice que la epidermis es glabra al describir *Opuntia matudae*, es resaltante que este taxón procedente de Villa de Tezontepec tiene tricomas en la epidermis. Habiendo diferencia en la dimensión y color del fruto, por lo tanto hay diferencia en la forma que presentan las semillas de ambos taxa, considerando estos caracteres diagnósticos en especial la diferencia de la epidermis, diferencias importantes mediante las cuales consideramos nombrar una forma hortícola nueva para *Opuntia matudae* Scheinvar, llamada *Opuntia matudae* Scheinvar f. *pubescente* Scheinvar & Martínez, f. nov.



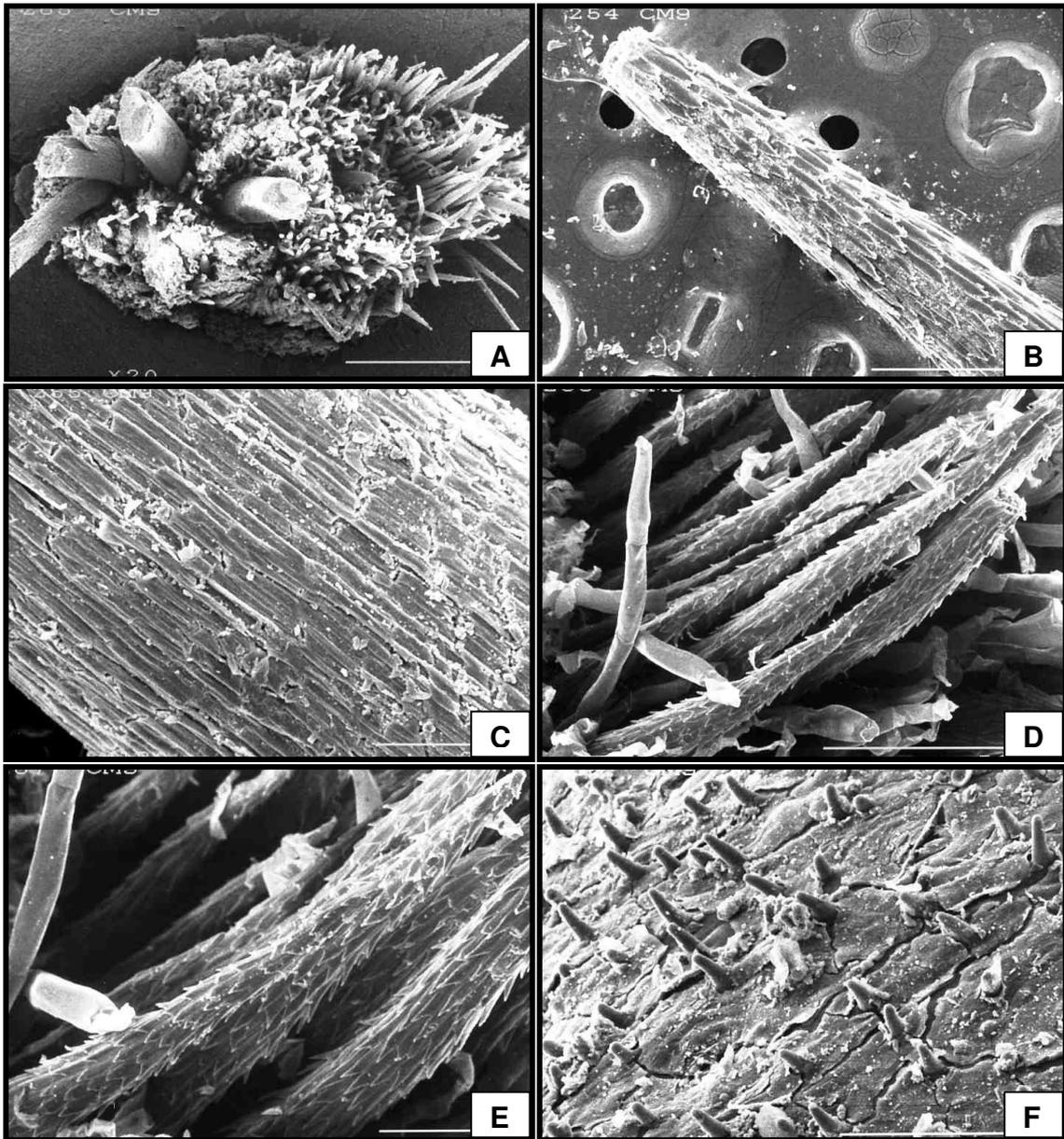
***Opuntia matudae* Scheinvar f. *pubescente* Scheinvar & Martínez, f. nov.**



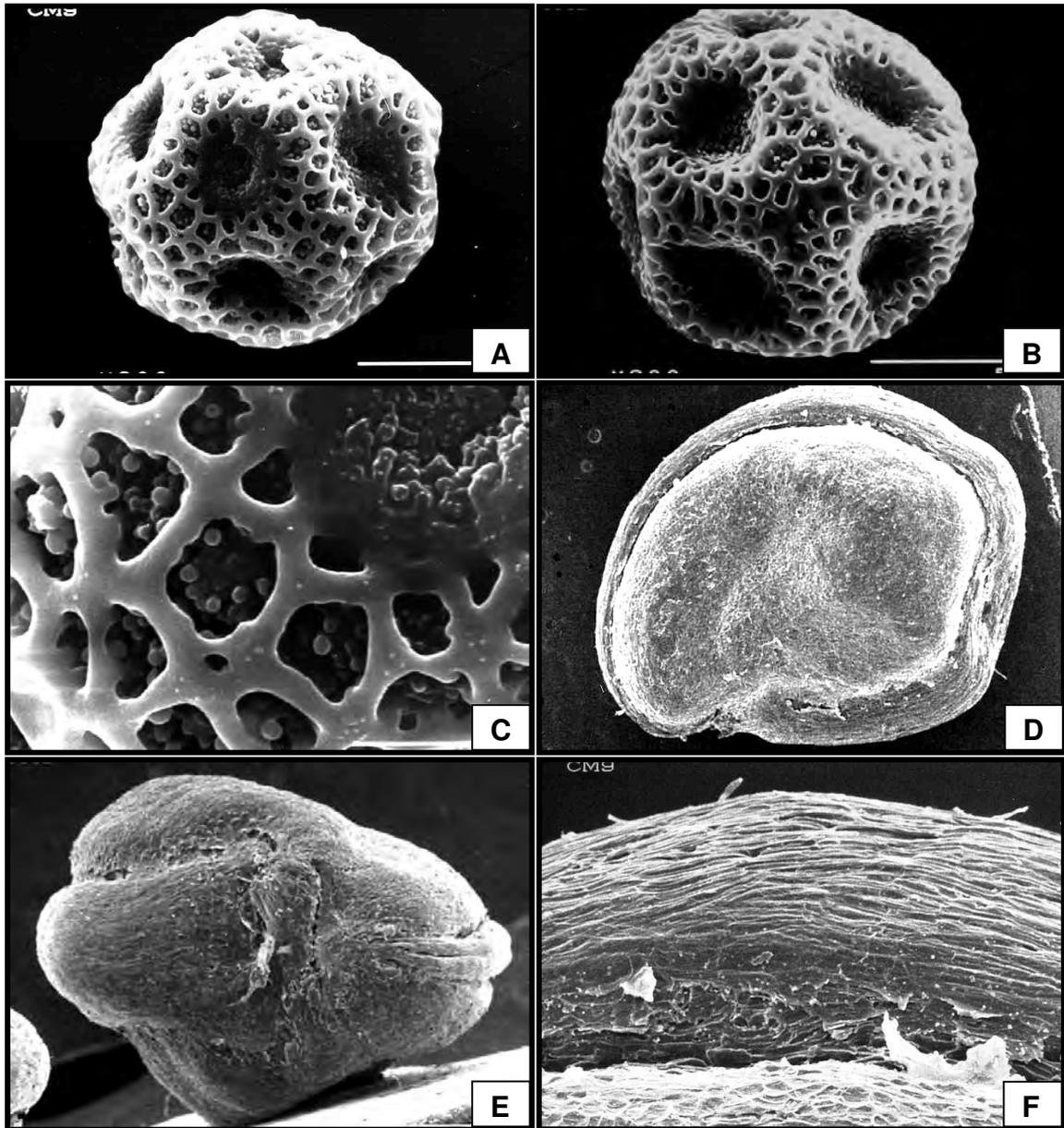
**Figura 41.** –**A.** Hábito arbustivo, 1.20 metro de altura. Loc. Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, planta nativa de este lugar. –**B.** Cladodios obovados, espinas presentes en todas las aréolas. –**C.** Cladodio juvenil, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, ligeramente rosados, hojas subuladas, erectas, color rojizo con el ápice uncinado. Ejemplar de referencia: C. Martínez 9 (MEXU).



**Figura 42.** –**A y B.** Botón floral agudo, segmentos del perianto amarillos, ápice acuminado color rojizo, pericarpelos elípticos a obovados, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos, rosados y glóquidas amarillas, algunas aréolas con cerdas amarillas. –**C.** Flor en antesis, vista superior, segmentos interiores amarillos, obovados con el ápice mucronado. –**D.** Flor en estado de oxidación, corte longitudinal, filamentos amarillentos y anteras blancas, estilo rosa, lóbulos del estigma verdes. –**E.** Frutos de forma obovados a globosos, rosados con manchones rojizos, 4-6 series de aréolas, espinas ausentes, glóquidas amarillas. –**F.** Corte longitudinal del fruto, 6 cm de largo, paredes anchas, rosadas y ácidas, funículos rosa-rojizos, semisecos e insípidos. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 9* (MEXU).



**Figura 43.** –**A.** Aréola. Tricomas cortos en la parte central, glóquidas en la parte superior, base de una espina central y cuatro espinas radiales, (x20). –**B.** Parte apical de una espina, con células epidérmicas largas y angostas, (x80). –**C.** Parte media de una espina, células paralelas entre sí, epidermis continua, careciendo de ornamentaciones, (x130). –**D.** Glóquidas, (x100). –**E.** Glóquidas con mayor aumento, células epidérmicas cortas, retrobarbadas, ápices ligeramente elevados, (x150). –**F.** Epidermis pubescente, tricomas cónicos, encorvados y unicelulares, (x250).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 9* (MEXU).



**Figura 44.** –**A.** Grano de pólen, octagonal, con 16-18 poros, (x800). –**B.** Grano de polen visto de otro ángulo, (x800). –**C.** Acercamiento de un grano de polen, observando retículo, forámenes y la parte de un poro, muros anchos con algunas verrugas, (x3500). –**D.** Semilla irregularmente lenticular, (x20). –**E.** Vista basal de la semilla, arilo lateral irregular, región hilo-micropilar lateral, micrópilo y funículo inclusos, (x30). –**F.** Células del arilo lateral, (x150).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 9* (MEXU).

**Proyecto:**

Promoción para la conservación y el aprovechamiento del Xoconostle. Proyecto FRU-NOP-03-b, SAGARPA-SINAREFI x Laboratorio de Cactología del Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM.

Fotografías: César Martínez.

Microscopía electrónica de barrido: Berenit Mendoza Garfias IB-UNAM.

**Distribución Geográfica:** Estado de Hidalgo, Municipio Villa de Tezontepec.

**Ambiente:**

**Hábitat:** Suelo sedimentario, matorral xerófilo (Rzedowski, 1978).

**Fenología:** Florece en marzo-abril, la fructificación es de julio-septiembre, estos persisten durante más de 12 meses en los cladodios, hasta ser cosechados.

**Relevancia de la especie:** Especie endémica de México. Descrita por Scheinvar (1981), en esta zona de estudio se encontró esta especie con epidermis pubescente.

**Estatus de Conservación:**

**CITES:** Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, el cual permite la colecta de material en el campo, siempre y cuando se tenga un permiso de colector científico emitido por SEMARNAT.

**NOM-059-ECOL-2001 (2002):** No está incluida.

**IUCN:** No está incluida.



## Análisis Bromatológicos

### Análisis Químico Inmediato \*:

\* Método AOAC Químico Proximal (1990)

RESULTADOS				
Determinación en el análisis proximal	Cladodio		Fruto	
	B.H.	BASE 100	B.H.	BASE 100
Materia seca		6.72%		7.70%
Humedad		93.28%		92.3%
Proteína Cruda (Nitrógeno* 6.25)	0.41%		0.41%	
Extracto Etéreo	0.41%		0.68%	
Cenizas	1.82%		0.89%	
Fibra Cruda	0.78%		2.20%	
Extracto Libre de Nitrógeno	3.30%		3.52%	
Total de Nutrimientos Digestibles	3.31%		4.21%	
Energía Digestible. Kcal/Kg (Aproximadamente)	145.93		185.61	
Energía Metabolizada. Kcal/Kg (Aproximadamente)	119.65		152.19	

### Análisis de Fracciones de la fibra (Van Soest):

RESULTADOS		
	Cladodio	Fruto
Fibra Neutro Detergente	29.21%	33.57%
Contenido Celular	70.79%	60.43%
Fibra Acido Detergente	21.86%	31.11%
Hemicelulosa	7.35%	2.46%
Celulosa	17.67%	28.51%
Lignina	3.81%	2.48%

### Determinación de Minerales\*

<sup>1</sup> Método de AOAC 927.02 (1990)

<sup>2</sup> Método AOAC 965.17 (1990)

RESULTADOS		
Mineral	Cladodio	Fruto
CALCIO <sup>1</sup>	8.97%	2.17%
FÓSFORO <sup>2</sup>	0.42%	0.19%



## Información taxonómica

**Reino:** PLANTAE

**División:** MAGNOLIOPHYTA

**Clase:** MAGNOLIOPSIDA

**Orden:** CARYOPHYLLALES

**Familia:** CACTACEAE

**Nombre científico:** *Opuntia sptreptacantha* Lem. x *Opuntia matudae* Scheinvar.

**Nombre Común:** Xoconostle cuaresmeño de pulpa blanca.

## Descripción de la especie:

**Hábito** arbustivo, 1.20 m de altura (Fig. 45A). **Tronco** no definido (inconspicuo, poco aparente), 23 cm de diametro. **Epidermis** papilosa, estomas paracíticos (Fig. 47F). **Cladodios** obovados, con la base estrecha, de 28 x 14 cm y ca. 2.1 cm de espesor, color verde pálido (Fig. 45B). **Aréolas** dispuestas en 9-11 series, 3 cm de separación entre series, 3.4 cm de separación entre aréolas, elípticas, de 0.3-0.4 x 0.2 cm, tricomas cortos, negruzcos. **Glóquidas** amarillas, cortas (0.2cm), dispuestas en la parte superior de la aréola. **Espinas** 0-6, amarillas, ápice translúcido amarillento, setosas y porrectas, ausentes en la parte inferior de los cladodios, desiguales, de 0.5–2.5 cm de largo. **Cladodios juveniles** con tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, rosados, hojas subuladas, erectas, color rojizo con el ápice uncinado (Fig. 45C). **Botones florales** agudos, segmentos del perianto rojizos, ápice acuminado, pericarpelos obovados, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos y glóquidas amarillas, aréolas superiores con cerdas amarillas (Fig. 46A y 46B). **Flores** amarillas (Fig. 46C), 7.7 cm de largo, pericarpelo obovado, de ca. 5.8 x 2.9 cm, aréolas dispuestas en 6 series, distantes 0.5 cm entre sí, con escama basal crasa, segmentos exteriores del perianto deltoides, ápice mucronado y bordes dentados, amarillos, segmentos interiores amarillos, obovados, ápice mucronado, bordes superiores rectos y dentados, estambres 1/3 del largo del perianto, filamentos amarillentos, anteras amarillo-blancuzcas, estilo cuneiforme, ca. 1.9 cm de largo, rosado, lóbulos del estigma generalmente 8, papilosos, de ca. 0.4 cm de largo, verdes con estría mediana rosada. **Granos de polen**, poligonales papilosos (Fig. 48A). **Frutos** subglobosos a obovados (Fig. 46E), 7.3 cm de largo, verdes claros, cicatriz floral ligeramente hundida (0.5 cm), estriada, aréolas chicas, elípticas, dispuestas en 5-6 series, distantes 0.9 cm entre sí, espinas ausentes, glóquidas amarillas, paredes anchas, verde-blancuzcas y ácidas, funículos rosados, secos e insípidos (Fig. 46E). **Semillas** lenticulares a reniformes, de color crema, de ca. 0.31 cm de diámetro, arilo lateral irregular, región hilo-micropilar lateral y funículo inclusos (Fig. 48C).



## Material de Herbario

**Estado de Hidalgo:** Municipio de Villa de Tezontepec, Villa de Tezontepec, 2335 m, C. Martínez 10 (Ejemplares por distribuirse).

**Cuadro 7. Comparación entre *Opuntia matudae* Scheinvar, *Opuntia streptacantha* y este taxón, con número de colecta CM10.**

	<i>Opuntia matudae</i> Scheinvar (Descripción original)	<i>Opuntia streptacantha</i>	CM10
<b>Forma del cladodio</b>	Angostamente obovado	Angostamente obovado	Obovado con la base estrecha.
<b>Dimensiones del cladodio</b>	De 20 - 25 cm x 10 a 15.5 cm	De 20-30x12-23 cm.	De 24-28 cm. x 14-17 cm.
<b>Color del cladodio</b>	Verde azulado algo grisáceo	Verde oscuro grisáceo	Verde pálido
<b>Epidermis</b>	Glabra	Glabra	Papilosa
<b>Número de series de aréolas</b>	13-14	11	11
<b>Forma de aréolas</b>	Subcirculares a elípticas	Obovadas a elípticas	Elípticas
<b>Color de las glóquidas</b>	Castaño rosado	Castaño amarillento algo rojizo	Amarillas
<b>Espinas (setosas o subuladas)</b>	Setosas	Subuladas	Setosas
<b>Dimensiones de la flor</b>	De 5 - 7 cm de largo	De 5-6 cm.de largo.	De 9.7 x 2.9 cm.
<b>Grano de polen</b>	Poliedricos	Periporado	Poligonal papiloso.
<b>Número de poros del polen</b>	12-13	12	8-10
<b>Color del estilo</b>		Blanco	Rosa
<b>Fruto</b>	Elipsoide a piriforme.	Elipsoide	Subglobosos.
<b>Color del fruto</b>	Verde purpúreo.	Carmesí	Verde con tonalidades purpúreas.
<b>Dimensiones del fruto</b>	De 4 x 2.5 cm.	De 6 x 4 cm.	De 5.3 x 3.3-3.7 cm.
<b>Color de las glóquidas</b>	Castaño rosadas.	Rojizas.	Amarillas
<b>Semillas</b>	Discoideas.	Discoideas a triangulares	Reniformes.
<b>Nombre común</b>	Xoconostle cuaresmero	Nopal cardón	Xoconostle cuaresmeño de pulpa blanca.

### Discusión.

El presente taxón se considero un posible híbrido, morfológicamente tiene características mayoritarias a *Opuntia matudae*, como es la forma de los cladodios, aréolas, espinas y frutos, lo que resalta es el grano de polen observado bajo el MEB, un grano de polen nunca antes documentado para una planta productora de xoconostle, Scheinvar en su tesis doctoral documenta que *Opuntia streptacantha* tiene un grano de polen con muros papilosos, especie productora de tunas. Posiblemente al haber esta posible hibridación y por lo tanto una recombinación genética, la planta resultante obtuvo características morfológicas de ambos progenitores y distintas, ya que los posibles progenitores tienen epidermis glabra, y este taxón tiene epidermis papilosa.

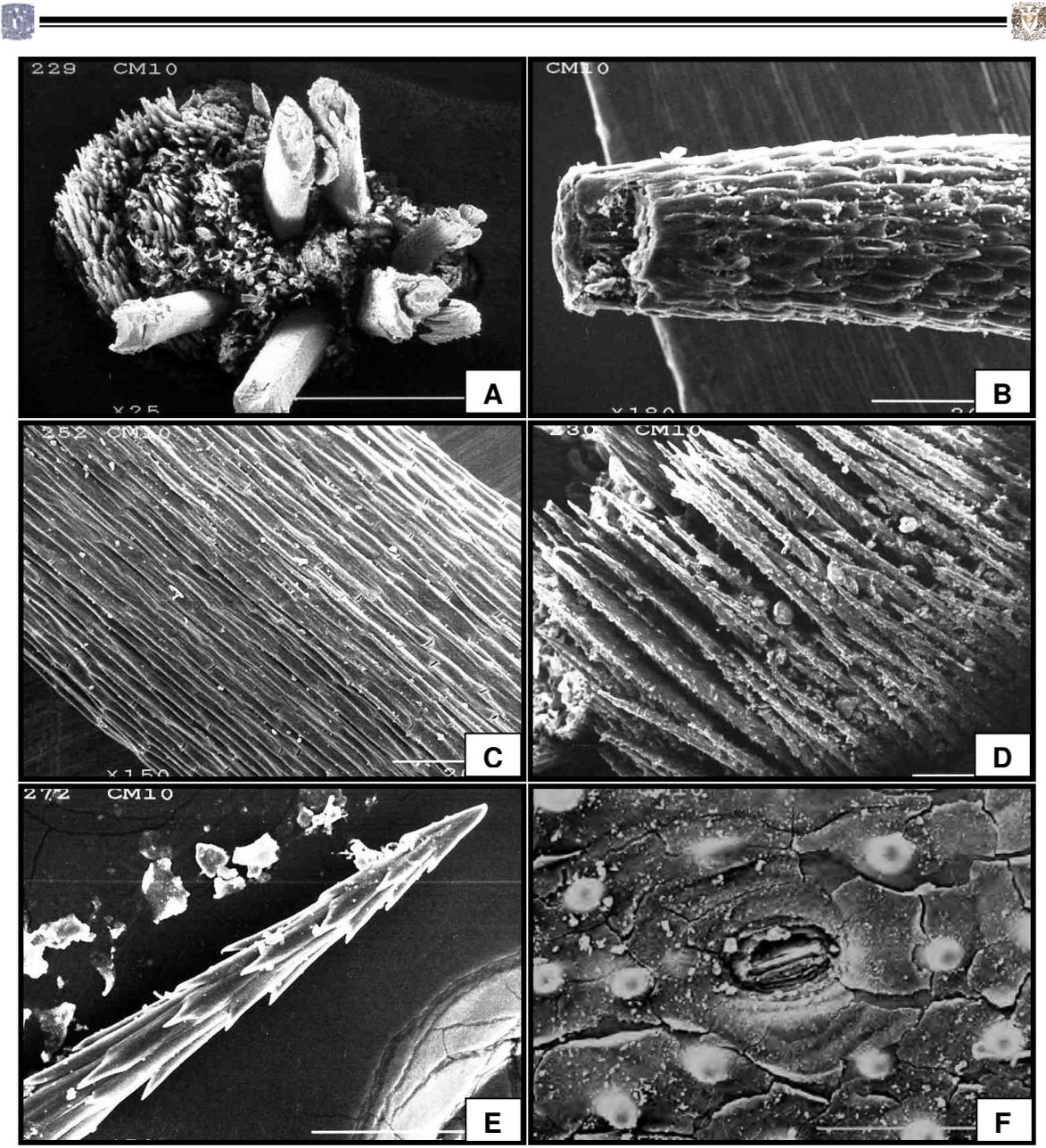
*Opuntia sptreptacantha* Lem. x *Opuntia matudae* Scheinvar



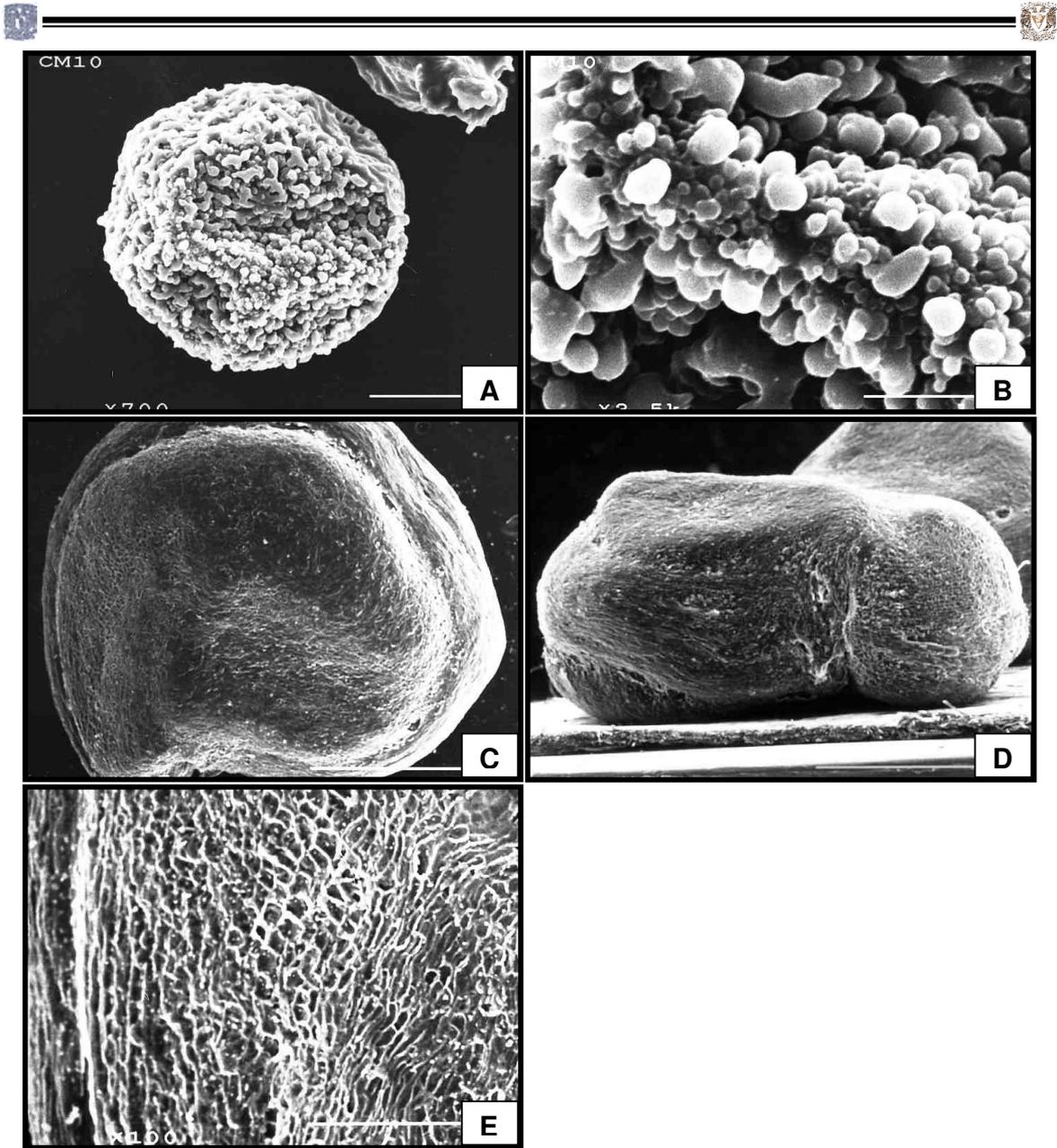
**Figura 45.** –A. Hábito arbustivo, 1.20 metros de altura. Loc. Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, planta nativa de este lugar. –B. Cladodios obovados, espinas ausentes en las aréolas inferiores. –C. Cladodio juvenil, tubérculos prominentes, aréolas con tricomas cortos, rosados, hojas subuladas, erectas, color rojizo con el ápice uncinado. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 10* (MEXU).



**Figura 46.** –A y B. Botón floral agudo, segmentos del perianto rojizos, ápice acuminado, pericarpelo obovado, tubérculos elevados, aréolas con tricomas cortos y glóquidas amarillas, aréolas superiores con cerdas amarillas. –C. Flor en anthesis, vista superior, segmentos interiores amarillos, obovados con el ápice mucronado, filamentos amarillos, anteras amarillo-blancuzcas, estilo rosado, lóbulos del estigma verdes. –D. Vista lateral de la flor, 6 series de aréolas –E. Frutos de forma subglobosos a obovados, verde claro, 5-6 series de aréolas, espinas ausentes, glóquidas amarillas. –F. Corte longitudinal del fruto, 6.5 cm de largo, paredes anchas, verde-blancuzcas, ácidas, funículos rosados, semisecos e insípidos. Ejemplar de referencia: *C. Martínez 10* (MEXU).



**Figura 47.** –A. Aréola. Tricomas cortos en la parte central, glóquidas en la parte superior, base de una espina central y cinco radiales, (x25). –B. Parte apical de una espina, células epidérmicas cortas y angostas, (x180). –C. Parte media de una espina, células paralelas entre sí, epidermis continua, careciendo de ornamentaciones, (x150). –D. Glóquidas, (x60). –E. Glóquidas con mayor aumento, células epidérmicas largas, angostas, retrobarbadas y ápices ligeramente elevados, (x450). –F. Epidermis papilosa, con gran cantidad de cera y estomas parásitos, (x500).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 10* (MEXU).



**Figura 48.** –A. Grano de polen, poligonal, papiloso, (x700). –B. Acercamiento de un grano de polen, observando papilas en las paredes, (x3500). –C. Semilla lenticular a reniforme, arilo lateral irregular, (x25). –D. Vista basal de la semilla, región hilo-micropilar lateral, micrópilo y funículo inclusos (x25). –E. Células del arilo lateral, (x1000).  
Ejemplar de referencia: *C. Martínez 10* (MEXU).



**Proyecto:**

Promoción para la conservación y el aprovechamiento del Xoconostle. Proyecto FRU-NOP-03-b, SAGARPA-SINAREFI x Laboratorio de Cactología del Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM.

Fotografías: César Martínez.

Microscopía electrónica de barrido: Berenit Mendoza Garfias IB-UNAM.

**Distribución Geográfica:** Estado de Hidalgo, Municipio De Villa de Tezontepec.

**Ambiente:**

**Hábitat:** Suelo sedimentario, matorral xerófilo (Rzedowski, 1978).

**Fenología:** Florece en marzo-abril, la fructificación es de julio-septiembre, estos persisten durante más de 12 meses en los cladodios, hasta ser cosechados.

**Estatus de Conservación:**

**CITES:** Todas las especies del género *Opuntia* se encuentra dentro del Apéndice 2 del CITES, el cual permite la colecta de material en el campo, siempre y cuando se tenga un permiso de colector científico emitido por SEMARNAT.

**NOM-059-ECOL-2001 (2002):** No está incluida.

**IUCN:** No está incluida



## Análisis Bromatológicos

### Análisis Químico Inmediato \*:

\* Método AOAC Químico Proximal (1990)

RESULTADOS				
Determinación en el análisis proximal	Cladodio		Fruto	
	B.H.	BASE 100	B.H.	BASE 100
Materia seca		10.31%		10.61%
Humedad		89.69%		89.39%
Proteína Cruda (Nitrógeno* 6.25)	0.50%		0.51%	
Extracto Etéreo	0.24%		0.54%	
Cenizas	2.67%		1.30%	
Fibra Cruda	1.27%		3.07%	
Extracto Libre de Nitrógeno	5.63%		5.19%	
Total de Nutrimientos Digestibles	5.16%		5.74%	
Energía Digestible. Kcal/Kg (Aproximadamente)	227.50		253.07	
Energía Metabolizada. Kcal/Kg (Aproximadamente)	186.53		207.50	

### Análisis de Fracciones de la fibra (Van Soest):

RESULTADOS		
	Cladodio	Fruto
Fibra Neutro Detergente	52.51%	51.08%
Contenido Celular	47.49%	48.92%
Fibra Acido Detergente	16.74%	NA
Hemicelulosa	35.62%	NA
Celulosa	12.99%	NA
Lignina	3.74%	NA

### Determinación de Minerales\*

<sup>1</sup> Método de AOAC 927.02 (1990)

<sup>2</sup> Método AOAC 965.17 (1990)

NA= No analizado

RESULTADOS		
Mineral	Cladodio	Fruto
CALCIO <sup>1</sup>	1.40%	1.60%
FÓSFORO <sup>2</sup>	0.21%	0.14%



### 6.3. Información de la composición bromatológica

Los análisis químicos incluyeron una serie de determinaciones para conocer la composición de los materiales destinados a la alimentación, mostrando resultados notables (Los análisis bromatológicos completos están incluidos al final de cada ficha taxonómica). Como elemento de comparación entre cladodios se incluyó *Opuntia ficus-indica* (que no es un xocostle), por su valor nutritivo, ya que en México los nopales se consumen en gran cantidad y también sirven como forraje.

Los análisis químicos proximales de cladodios y frutos, indican que las especies estudiadas poseen materia seca, humedad, proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, total de nutrimentos digestibles, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, hemicelulosa, celulosa, lignina así como minerales: calcio y fósforo en cantidades significativas y diferentes para cada análisis.

**Proteína cruda en base húmeda.** Esta calculada por el factor 6.25 y representa el nitrógeno total de la muestra, sin considerar al nitrógeno de origen, no proteico.

Los valores para los cladodios de proteína cruda, oscilan entre 10.31% para *O. matudae* Scheinvar f. *amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov. y un mínimo de 4.85% en *O. streptacantha* Lem. x *O. matudae* Scheinvar. (*Opuntia ficus-indica* contiene 8.31%).

Los valores para los frutos de proteína cruda, oscilan entre 7.52% para *O. matudae* Scheinvar f. *amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov. y un mínimo de 4.81% en *O. streptacantha* Lem. x *O. matudae* Scheinvar.

**Extracto etéreo.** Se refiere a los compuestos liposolubles en un disolvente no polar como el éter anhídrido.

Los valores para los cladodios de extracto etéreo, oscilan entre 6.10% para *O. matudae* Scheinvar f. *pubescente* Scheinvar & Martínez, f. nov. y un mínimo de 1.92% en *O. xmegacantha*, (*Opuntia ficus-indica* contiene 2.85%).

Los valores para los frutos de extracto etéreo, oscilan entre 10.60% para *O. joconostle* F.A.C Weber x *O. matudae* Scheinvar y un mínimo de 2.53% en *O. xmegacantha*.

**Cenizas.** Forman la parte mineral de un alimento, las cuales corresponden al residuo inorgánico que queda cuando la materia orgánica ha sido destruida.

Los valores para los cladodios de cenizas, oscilan entre 29% para *O. xmegacantha* y un mínimo de 22.37% en *O. joconostle* F.A.C Weber x *O. matudae* Scheinvar, (*Opuntia ficus-indica* contiene 30.74%).

Los valores para los frutos de cenizas, oscilan entre 15.23% para *O. joconostle* F.A.C. Weber x *O. oligacantha* Förster, y un mínimo de 7.95% en *O. joconostle* F.A.C. Weber f. *rubra* Gallegos & Scheinvar, f. nov.

**Fibra cruda.** Indica la cantidad de carbohidratos estructurales que intervienen en la composición de los nopales, o cualquier otro vegetal.

Los valores para los cladodios de fibra cruda, oscilan entre 22.28% para *O. oligacantha* y un mínimo de 8.89% en *O. joconostle* F.A.C Weber x *O. matudae* Scheinvar, (*Opuntia ficus-indica* contiene 8.43%).



Los valores para los frutos de fibra cruda, oscilan entre 39.83% para *O. oligacantha* y un mínimo de 8.20% en *O. joconostle* F.A.C Weber.

**Extracto libre de nitrógeno.** Se refiere a los carbohidratos solubles (como el almidón en los vegetales).

Los valores para los cladodios de extracto libre de nitrógeno, oscilan entre 57.95% para *O. joconostle* F.A.C Weber x *O. matudae* Scheinvar, y un mínimo de 40.27% en *O. oligacantha*, (*Opuntia ficus-indica* contiene 48.85%).

Los valores para los frutos de extracto libre de nitrógeno, oscilan entre 72.70% para *O. joconostle* y un mínimo de 37.81% en *O. oligacantha*.

**Total de nutrimentos digestibles.** Arroja un valor aproximado de energía que puede ser consumida por los animales.

Los valores para los cladodios del total de nutrimentos digestibles, oscilan entre 53.90% para *O. joconostle* F.A.C Weber x *O. matudae* Scheinvar y un mínimo de 45.37% en *O. oligacantha*, (*Opuntia ficus-indica* contiene 54.53%).

Los valores para los frutos del total de nutrimentos digestibles, oscilan entre 63.85% para *O. joconostle* y un mínimo de 51.5% en *O. oligacantha*.

**Fibra neutro detergente.** Es la porción de la muestra del alimento que es insoluble en un detergente neutro (método de los detergentes de Van Soest). Está básicamente compuesta por celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice, y se la denomina pared celular. La misma se correlaciona inversamente con el consumo de materia seca.

Los valores para los cladodios de Fibra neutro detergente, oscilan entre 63.39% para *O. joconostle* y un mínimo de 21.58% en *O. xmegacantha*.

Los valores para los frutos de Fibra neutro detergente, oscilan entre 70.66% para *O. joconostle* F.A.C. Weber x *O. oligacantha* Förster y un mínimo de 26.61% en *O. xmegacantha*.

**Fibra ácido detergente.** Es la porción de la muestra del alimento que es insoluble en un detergente ácido (método de los detergentes de Van Soest). Está básicamente compuesta por celulosa, lignina y sílice. La importancia de la misma radica en que está inversamente correlacionada con la digestibilidad del forraje.

Los valores para los cladodios de Fibra ácido detergente, oscilan entre 39.60% para *O. oligacantha* y un mínimo de 16.74% en *O. streptacantha* Lem. x *O. matudae* Scheinvar..

Los valores para los frutos de Fibra ácido detergente, oscilan entre 34.44% para *O. matudae* Scheinvar f. *amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov. y un mínimo de 13.98% en *O. joconostle* F.A.C. Weber f. *rubra* Gallegos & Scheinvar, f. nov.

**Hemicelulosa.** Con este nombre se agrupan a una serie de moléculas formadas por polímeros de hexosas y/o pentosas, las cuales se hallan íntimamente asociadas a la celulosa.

Los valores para los cladodios de hemicelulosa, oscilan entre 44.56% para *O. joconostle* y un mínimo de 1.31% en *O. matudae* Scheinvar f. *amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov.



Los valores para los frutos de hemicelulosa, oscilan entre 35.98% para *O. oligacantha* y un mínimo de 0.11% en *O. joconostle* F.A.C Weber x *O. matudae* Scheinvar.

**Celulosa.** Es un polisacárido formado por residuos de  $\beta$ -glucopiranosil unidos por enlaces  $\beta$ 1-4, es el componente más abundante de las paredes de las células vegetales, donde se encuentra asociado con la hemicelulosa y la pectina.

Los valores para los cladodios de celulosa, oscilan entre 19.16% para *O. oligacantha* y un mínimo de 12.99% en *O. streptacantha* Lem. x *O. matudae* Scheinvar.

Los valores para los frutos de celulosa, oscilan entre 30.23% para *O. joconostle* F.A.C Weber x *O. matudae* Scheinvar y un mínimo de 11.76% en *O. joconostle*.

**Lignina.** Es el principal componente no hidrato de carbono de la pared celular de las plantas. Es el polímero mas complejo en relación a su estructura y heterogeneidad, por esta razón no es posible describir una estructura definida de la lignina, no se absorbe ni se digiere y tampoco es atacada por la microflora del colon.

Los valores para los cladodios de lignina, oscilan entre 6.93% para *O. matudae* Scheinvar f. *amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov. y un mínimo de 1.80% en *O. oligacantha*.

Los valores para los frutos de lignina, oscilan entre 5.08% para *O. matudae* Scheinvar f. *amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov. y un mínimo de 2.23% en *O. joconostle* F. A. C. Weber x *O. oligacantha*.

**Calcio.** Sirve para la formación y cuidado de huesos y dientes, participa en la coagulación de la sangre, ayuda a las funciones musculares y es necesario para el sistema nervioso. Su falta provoca: Reblandecimiento y debilidad en los músculos, osteoporosis y favorece las caries y la debilidad de las uñas.

Los valores para los cladodios de calcio, oscilan entre 8.97% para *O. matudae* Scheinvar f. *pubescente* Scheinvar & Martínez, f. nov. y un mínimo de 1.40% en *O. streptacantha* Lem. x *O. matudae* Scheinvar.

Los valores para los frutos de calcio, oscilan entre 3.20% para *O. joconostle* F.A.C. Weber x *O. oligacantha* y un mínimo de 1.58% en *O. matudae* Scheinvar f. *amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov.

**Fósforo.** Sirve para la formación de huesos y dientes y produce energía para la formación de células. Su falta provoca: Debilidad.

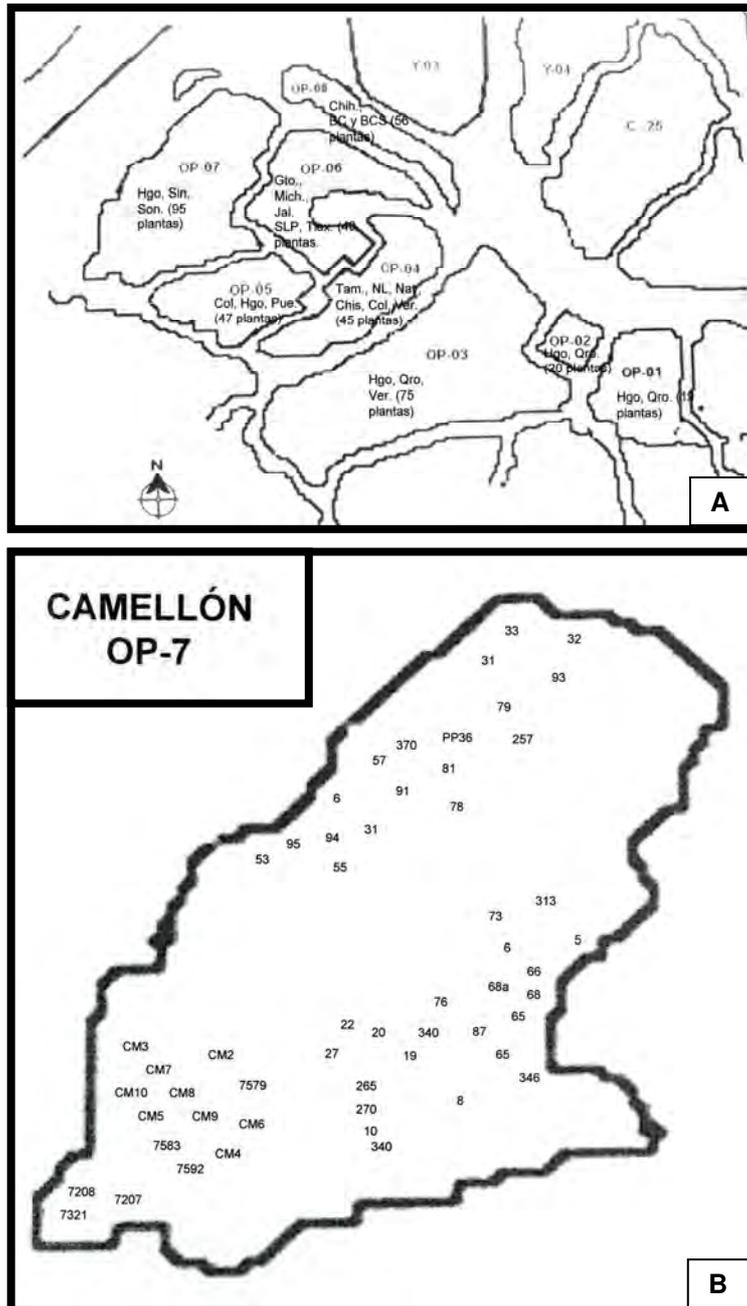
Los valores para los cladodios de fósforo, oscilan entre 0.81% para *O. matudae* Scheinvar f. *amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov. y un mínimo de 0.14% en *O. joconostle* F.A.C. Weber f. *rubra* Gallegos & Scheinvar, f. nov.

Los valores para los frutos de fósforo, oscilan entre 0.77% para *O. joconostle* F.A.C. Weber x *O. oligacantha* y un mínimo de 0.14% en *O. streptacantha* Lem. x *O. matudae* Scheinvar.



#### 6.4. Conservación *ex situ* en el Jardín Botánico del IB-UNAM.

Como parte de los programas de conservación *ex situ* del Jardín Botánico del IB-UNAM, se cultivaron en el camellón con clave OP-7 de dicho jardín, correspondiente a los estados de Hidalgo, Sinaloa y Sonora, un total de 10 taxa, permaneciendo en buen estado, debidamente marcados y se les continúa dando mantenimiento.



**Figura 43.** –A. Colección Nacional de Nopales Silvestres Mexicanos, *Opuntia* y *Nopalea*, Jardín Botánico del IB-UNAM. –B. Representación del camellón OP-7, aquí se encuentran cultivadas las especies de xoconostles descritas en este trabajo (Mapas hechos por el Biólogo Gabriel Olalde, Biólogo Daniel Olvera y Miriam Mena).



## 7. DISCUSIÓN

### \*Taxonomía

De acuerdo con Bravo-Hollis (1978), las especies Mexicanas de *Opuntia* están ubicadas en 17 series. Esta autora sólo reconoce dos especies productoras de xoconostle, y las ubica en distintas series: *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber en la serie *Streptacanthae* Britton et Rose y *Opuntia leucotricha* DC. en la serie monotípica *Leucotrichae* Britton et Rose.

La misma autora (1978) tiene como sinonimia las tres siguientes especies: *Opuntia spinulifera* Salm-Dick, 1834, *Opuntia oligacantha* Förster, 1846 y *Opuntia heliabravoana* Scheinvar, 1975.

Estudios detenidos de estas plantas en el campo indican que se tratan de tres especies distintas, y algunas de sus características distintivas se indican en el cuadro 8. Actualmente se reconocen 14 especies productoras de xoconostle, número que puede variar ya que realmente es grande la diversidad de xoconostles.

**Cuadro 8. Características distintivas para tres especies productoras de xoconostles.**

<b>Características</b>	<b><i>Opuntia spinulifera</i></b>	<b><i>Opuntia oligacantha</i></b>	<b><i>Opuntia heliabravoana</i></b>
<b>Hábito</b>	Arbórea, aprox. 1.20 m.	Arbórea, aprox. 1.20 m.	Rastrera, aprox. 60 cm.
<b>Tronco</b>	Presente	Presente	Ausente
<b>Corteza del tronco adulto.</b>	Con haces de cerdas blancas, hasta 25 cm de largo.	Sin cerdas.	No hay tronco.
<b>Forma de los cladodios.</b>	Obovados, piriformes o casi circulares con el ápice redondeado, 17-50 x 14-17 x 2.7-3.5 cm.	Piriforme, con el ápice redondeado, 20-30 x 16-17 x 1-2 (3-) cm.	Anchamente obovados, con el ápice redondeado o emarginado, a veces con concavidad navicular con la base estrechada, 21-50 x 15-40 x 2.3-2.7 cm.
<b>Color de los cladodios.</b>	Verde-claro-grisáceo.	Verde-pálido amarillento-grisáceo.	Verde-limón-amarillento.
<b>Epidermis</b>	Pubescente	Pubescente	Glabra
<b>Aréolas</b>	18-19 series hundidas.	16 series, hundidas.	13 series, hundidas.
<b>Espinas</b>	1-4, no diferenciadas en radiales y centrales, a veces torcidas, divergentes, blancas con la base amarillenta.	2-3, setosas de 5-10 mm de largo, blancas con ápice amarillento, aplanadas en la base, reflejas con 2-3 pelos setosos, sinuosos.	1-2, ausentes en algunos cladodios en otros ausentes en la parte interior, adpresas al cladodio divergentes, amarillas, hasta 4 mm de largo.
<b>Planta juvenil</b>	Recubierta de cerdas blancas.	No cubierta de cerdas blancas.	Sin cerdas.
<b>Pericarpelo de la flor</b>	Sub globoso 6.5 cm. 4-5 espinas una ascendente y las demás divergentes, y numerosos pelos setosos, ondulados de 2 cm de largo, blanquecinos o amarillentos.	Obovado con pequeñas espinas 0.4-8 mm, espinas de hasta 1 cm de largo, pubescente.	Globoso sin espinas, ni pelos, glabro.
<b>Fruto</b>	Sub globoso, verde grisáceo, 2.8 x 3 cm. Paredes anchas, xoconostle.	Largamente obovoide, verde claro amarillento grisáceo, de 4.5 x 3.5-4 cm., con 7 series de aréolas. Paredes anchas, xoconostle.	Globoso, aprox. 3.5 cm de diámetro, amarillo verdoso, en la madures con manchas purpúreas, sin espinas, ni pelos. Paredes anchas, xoconostle.



Con relación a la inclusión de las especies estudiadas en las series aceptadas por Bravo-Hollis (1978), si las especies mexicanas productoras de xoconostle fueran monofiléticas, deberían ser incluidas en una misma Serie, la descripción tendría que abarcar las características de las especies consideradas, pero esto no está confirmado por estudios filogenéticos, aunque secuencias analizadas de ADN de cloroplastos sostienen que la subfamilia Opuntioideae es monofilética (Griffith y Portert, 2009). Pero realmente se requieren estudios cuidadosos y detallados, ya que es complicado relacionar la subfamilia Opuntioideae, particularmente en el centro y sur América por la gran diversidad morfológica y por lo tanto genética encontrada (Griffith y Portert, 2009). Análisis filogenéticos moleculares permiten aclarar la evolución, clasificaciones basadas únicamente en análisis moleculares está limitada, teniendo inestabilidad en la clasificación, particularmente en esta subfamilia (Wallace, 1993; Rowley, 1997; Gorelick, 2002). Consideramos que deben realizarse estudios basados en análisis moleculares, morfológicos y micro-morfológicos para especies productoras de xoconostle, así poder agrupar en Series las distintas especies, ya que esto no ocurre actualmente, por ejemplo: la Serie *Leucotrichae* Britton & Rose (1919), que incluye solamente a *Opuntia leucotricha* DC., fue descrita con epidermis tomentosa, productora de frutos ácidos (xoconostles), espinas como pelos o cerdas largas, flexibles, en muchos de sus cladodios, especialmente del tallo y cladodios muy viejos. El fruto es muy diferente de las series relacionadas, con pulpa fragante y cuando madura, la cáscara no se desprende de los funículos. Scheinvar (1974:85), al describir *Opuntia heliabravoana*, como rastrera, glabra y productora de frutos ácidos (xoconostles), crea una nueva serie *Heliabravoanae* Scheinvar, con las siguientes características: “plantas cespitosas, extendidas, generalmente hasta 1.30 m de altura. Artículos de 21-50 cm de largo, de color verde-limón algo amarillentos, cubiertos de una capa de cera, glabros, con abundantes glóquidas amarillas. Flores amarillo-verdosas. Frutos carnosos, amarillo-verdosos con manchas color salmón cuando están maduros; Comestibles, agrios. Semillas hasta 3 mm de diámetro, casi globosas, anguladas, de color gris “.

Se observó una gran variación morfológica en los taxa estudiados. El taxón con el número de colecta CM2, tiene características morfológicas de *Opuntia megacantha* Salm Dick, 1834, pero el fruto analizado, tiene características de xoconostle, paredes anchas, suculentas, ácidas y funículos insípidos, por lo que proponemos un híbrido de esta especie. El taxón con número de colecta CM3, por las características que presenta se identificó como especie nueva, en publicación, *Opuntia tezontepecana* Gallegos & Scheinvar. El taxón con número de colecta CM4, se identificó como *Opuntia matudae* Scheinvar 1981, pero es una nueva forma, ya que el fruto es muy diferente, por lo cual se refiere una nueva forma, *Opuntia matudae* Scheinvar f. *amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov. El taxón con número de colecta CM5, se concluyó ser un posible híbrido entre *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber x *O. oligacantha* Förster, ya que tiene características de estas dos especies, fenómeno referido para el género *Opuntia* por Britton y Rose, 1919. El taxón con número de colecta CM6, se identificó como la especie *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber, 1928, el fruto de esta especie en la literatura es reportado con diferencias morfológicas variables, por lo cual la diferencia del fruto en esta planta estudiada, probablemente puede deberse a las variaciones climáticas y por lo



tanto a las adaptaciones que pueden presentar las plantas. El taxón con número de colecta CM7, se identificó por sus características ser la especie *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber, 1928, esta especie presenta frutos de color verde y rosados (Scheinvar *et al.*, 2010), el taxón procedente de Villa de Tezontepec difiere principalmente en características del fruto, características distintas que posiblemente pueden ser debido a variaciones de una misma especie o ser una forma nueva, por lo cual se nombra una forma nueva para esta especie, llamada *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber *f. rubra* Gallegos & Scheinvar, *f. nov.* El taxón con número de colecta CM8, se concluyó probablemente ser un posible híbrido entre *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber x *Opuntia matudae* Scheinvar. Cabe destacar que este taxón tiene un tamaño grande, por lo cual puede ser recomendado su cultivo. Con relación al taxón con número de colecta CM9, se concluyó que es un probable híbrido pubescente de *Opuntia matudae* Scheinvar, por los tricomas que presenta la epidermis, llamada *Opuntia matudae* Scheinvar *f. pubescente* Scheinvar & Martínez, *f. nov.* El taxón con número de colecta CM10, se consideró ser un posible híbrido entre las especies *Opuntia spretacantha* Lem. x *Opuntia matudae* Scheinvar, porque el grano de polen observado en el microscopio electrónico de barrido es diferente a las especies productoras de xoconostle conocidas actualmente, este grano de polen es papiloso, *Opuntia spretacantha* tiene papilas en los muros de sus granos de polen.

La identificación de las especies fue un reto para la realización de esta tesis, debido a los distintos criterios taxonómicos existentes en el género *Opuntia*.

#### **\*Trabajo de campo**

El trabajo de campo permitió encontrar y documentar posibles híbridos de especies productoras de xoconostle, al estar plantas del mismo género en distancias muy cortas, en cultivo *ex situ*, favorece la posible hibridación, ya que no hay barreras ambientales que impidan este proceso (Muñoz-Urias *et al.*, 2008), dando como resultado una mayor diversidad, ya que la hibridación es un proceso de especiación. La mayoría de los híbridos son fértiles y la mayor parte de los actuales nopales son poliploides, consistiendo en una multiplicación del número de cromosomas; cuando se duplica produce tetraploides, es decir, cuatro veces el número haploide de cromosomas; cuando se triplica produce hexaploides o más; son pocos los ancestros diploides, y también hay introgresiones genéticas y retrocruzamientos (Sarukhán, 2002). Todo esto influye en la diversidad genética de estas plantas dificultando la identificación de las especies.

#### **\*Micro-morfología observada bajo el Microscopio Electrónico de Barrido**

Las fotografías tomadas bajo el Microscopio Electrónico de Barrido, muestran que los taxa estudiados no solo tienen variación en la morfología de las espinas, glóquidas, epidermis, granos de polen y semillas, sino también en su micro-morfología.

Los taxa estudiados tuvieron variación en tamaño, número, forma y textura en la superficie de las espinas, todas presentando micro-morfología diferente la parte apical de la parte media, pudiendo presentar estrías



longitudinales o ser lisa, con proyecciones bajas, cónicas o bien con células epidérmicas cortas o largas, siendo continuas, separadas en sus células o transversalmente fisuradas, faltando hacer repeticiones para ver si estas micro-características se mantienen en cada taxón estudiado, lo que posiblemente pueda ser un carácter que ayude a la identificación taxonómica de especies productoras de xoconostle, ya que las espinas son una de las características más distintivas de las cactáceas, incluso la taxonomía de algunos géneros se basa principalmente en las espinas, siendo el caso del género *Turbinicarpus* (Mosco, 2009).

La superficie de las glóquidas varió en las diferentes especies, presentando micro-morfología diferente para cada taxón, en las glóquidas se observó que se mantiene la textura, siendo igual la parte apical como la parte media, solo variando el tamaño de las células epidérmicas, realmente es necesario hacer repeticiones para esta micro-característica, ya que las glóquidas es una homología de la subfamilia Opuntioideae, así saber si las características de las glóquidas se mantienen y la variación que pueda presentar cada taxón.

Se observaron epidermis glabras y pubescentes, esta última podemos separarla en epidermis con tricomas y papilosa, diferenciándolas en tamaño y forma principalmente. Encontrando diferencias en textura, ondulaciones y tamaño de las células epidérmicas en los taxa estudiados. Faltando repeticiones que realmente comprueben la estabilidad de estas micro-características, para documentar a detalle diferencias que tengan las células epidérmicas del género *Opuntia*, ya que diferencias en papilas de la epidermis son considerados rasgos diagnósticos con valor taxonómico (Theobald *et al.*, 1988). En cactáceas, la presencia de papilas es usada para clasificar grupos, por ejemplo, para reconocer la Serie Tomentosae en *Platyopuntias* (Gibson y Nobel, 1986). En *Peniocereus* es característica diagnóstica para identificar a nivel de especies (Herrera-Cárdenas *et al.*, 2000), esa característica también sostiene la inclusión de cinco especies en el subgénero *Peniocereus*.

Los estomas que se pudieron observar son paracíticos, el género *Opuntia* presenta dos tipos de estomas, paracíticos y tetracíticos (Scheinvar *et al.*, 2010).

Los granos de polen en cada taxón estudiado se observó que mantienen un patrón homogéneo en forma, variando el número de poros y pequeñas verrugas localizadas en los muros, especies de *Opuntia* de argentina presentan dos tipos de granos de polen, diferenciándose en número de poros y pequeñas verrugas localizadas en los muros (Garralla, 2007). Es contrastante la gran diferencia que tiene un taxón en su grano de polen, el cual es papiloso, Scheinvar, 1982b, en su tesis doctoral documenta para *Opuntia spretreptacantha* un grano de polen con los muros papilosos, teniendo bien diferenciados los poros, lo cual el grano de polen para el taxón con número de colecta CM10, es completamente papiloso, siendo atípico por lo tanto novedoso hasta el momento en plantas productoras de xoconostle, lo cual nos muestra la falta de estudios en características palinológicas para el género *Opuntia* Mill., siendo muy diverso en nuestro país.



## \*Bromatología

Con relación a los estudios bromatológicos realizados, los cladodios y frutos, presentaron buena cantidad de distintos nutrientes. El cladodio y fruto que tuvieron mayor porcentaje de proteína cruda en base húmeda fue, *Opuntia matudae* Scheinvar f. *amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov. con 10.31% para cladodios y 7.52% para frutos, *Opuntia ficus-indica* contiene 8.31%. El cladodio y fruto con mayor porcentaje de fibra cruda fue, *Opuntia oligacantha* con 22.28% para el cladodio, 39.83% para el fruto, *Opuntia ficus-indica* contiene 8.43%. El cladodio con el porcentaje mayor de calcio fue *Opuntia matudae* Scheinvar f. *pubescente* Scheinvar & Martínez, f. nov, con 8.97%, 3.20% para el fruto de *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber x *Opuntia oligacantha* con mayor porcentaje. El porcentaje mayor de fósforo en cladodio lo obtuvo *Opuntia matudae* Scheinvar f. *amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov., con 0.81%, 0.77% para el fruto de *Opuntia joconostle* F.A.C. Weber x *Opuntia oligacantha*, es resaltante ver que tanto cladodios y xoconostles son ricos en distintos componentes, algunos valores se compararon con *Opuntia ficus-indica*, ya que el nopal se consume mucho en nuestro país, la mayoría de los porcentajes químicos fueron más altos para cladodios y frutos de xoconostle. Esto permite comparar composiciones químicas de distintos alimentos, como el salvado de trigo con 16% de proteína cruda (Muck, 2008), mientras *Opuntia matudae* Scheinvar f. *amarilla* Scheinvar & Martínez, f. nov., tiene 10.31%, siendo alto y aceptable el porcentaje, la soya tiene 1.8% de calcio, la alfalfa 1.6% de calcio (Muck, 2008), mientras *Opuntia matudae* Scheinvar f. *pubescente* Scheinvar & Martínez, f. nov. tiene 8.97% en cladodios y 2.10% en frutos, siendo realmente mucho mayor y significativos los porcentajes, el sorgo tiene 0.39% de fósforo (Muck, 2008), *Opuntia tezontepicana* 0.60% de fósforo en cladodios y 0.50% de fósforo en frutos, estando muy por en alto de los valores del sorgo, siendo estas algunas comparaciones de las diferentes que podemos hacer para comparar los porcentajes de los distintos nutrientes que presentan los cladodios y frutos analizados, por lo cual se indica que pueden ser utilizados para alimentación humana, animal o para la extracción de sustancias para la elaboración de posibles medicamentos.

Sin olvidar que la composición bromatológica de los alimentos es el punto de partida para evaluar su valor nutritivo. Pero esta composición en nutrientes de las plantas y frutos, pueden variar de acuerdo con el método de cultivo utilizado, características de las semillas, condiciones edafoclimáticas, edad, época de corte y en función del cultivar utilizado, por lo cual la composición química de los cladodios y frutos, en cantidad y calidad, se halla estrechamente correlacionada con el grado de desarrollo de los procesos ontogénicos (mismos que descansan sobre bases metabólicas) tanto a nivel de órgano como de individuo.

## \*Conservación

Las especies de nopales en México tienen una amplia distribución, debido a su gran éxito, pero es necesario poner atención en las especies micro-endémicas por su restringida distribución. Al igual que los posibles híbridos, ya que realmente no se sabe la distribución real de ellos, siendo importante su conservación ya que la hibridación es un proceso de especiación, teniendo



algunos de ellos características morfológicas buenas para ser usados como recursos fitogenéticos.

Es importante conservar el germoplasma de estas especies ya que la familia Cacteaceae, está entre las familias botánicas más diversas y es la de mayor porcentaje de endemismo con 82.6% (Villaseñor, 2003), nuestro país tiene casi el 60% de territorio de zonas áridas y semiáridas (Bravo-Hollis y Scheinvar, 1999), teniendo estos porcentajes hay gran diversidad de especies en la Familia Cactaceae.

Recientemente se creó la “Estrategia de los Jardines Botánicos para la Conservación”, la cual establece como objetivos principales que un Jardín Botánico debe tener: 1.- Permanencia; 2.- Organizar Colecciones de plantas con criterio científico; 3.- Documentar las colecciones, incluyendo su origen silvestre; 4.- Realizar seguimiento de las plantas cultivadas; 5.- Etiquetar adecuadamente las plantas cultivadas y/o colectadas; 6.- Desarrollar investigación científica o técnica de las plantas de las colecciones y 7.- Mantener programas de investigación taxonómica vegetal en herbarios asociados, colaborando en programas de conservación de la flora (Wyse-Jackson y Sutherland, 2000). Con estos objetivos se creó la “Colección Nacional *exsitu* de nopales nativos de México”, del Jardín Botánico del IB-UNAM, siendo una alternativa real, ya que si bien la mejor estrategia para la conservación y protección de la vida silvestre siempre será dentro de su propio hábitat (Primack *et al.* 2006), para muchas especies esto ya no es viable, tal es el caso de varias plantas que tienen muy reducidas sus poblaciones en su hábitat (Arredondo y Sánchez 2007). La creación de colecciones científicas sirve de apoyo a la investigación y como bancos de germoplasma en caso de extinción de las especies. Con esta intención se organizó y creó esta colección, en ocho camellones del Jardín Botánico del IB-UNAM, que en la actualidad representa más de 60% de las especies existentes en el país.



## 8. CONCLUSIÓN

Se colectaron 10 taxa con distintos números de colecta, de las cuales siete especies no tenían registro de su variación morfológica, dos especies ya han sido reportadas como productoras de xoconostle por distintos autores, tal es el caso de *Opuntia joconostle* F.A.C Weber ex Diguët, 1928 y *Opuntia oligacantha* Förster, 1846, y una especie que ya fue reportada para el estado de Hidalgo llamada *Opuntia tezontepecana* Gallegos & Scheinvar la cual se encuentre en publicación.

Hay hibridaciones frecuentes en lugares donde las distancias entre plantas son pequeñas, la hibridación será menor en lugares donde haya poblaciones de especies con distancias grandes, de cualquier forma esto hace que la diversidad sea mayor

La diferencia en micro-morfología vario en los taxa estudiados, faltando hacer repeticiones y estudios concretos para ver si estas micro-características se mantienen en cada taxa estudiado, lo que posiblemente puedan ser caracteres que ayuden a la identificación taxonómica de especies productoras de xoconostle.

Las especies del género *Opuntia* constituyen uno de los grupos de cultivos frutales mejor adaptados a las condiciones de clima semiárido de la República Mexicana, cuya importancia económica data desde la época prehispánica y el origen de su aprovechamiento se pierde en la historia.

En la actualidad, el manejo y aprovechamiento del nopal, tanto silvestre como cultivado, sigue siendo un recurso natural muy importante económica y culturalmente, pues su gran variedad de usos, siguen siendo una fuente importante de autoconsumo y de ingresos para los habitantes de las zonas semiáridas de México.

La importancia de estas plantas se refleja también en su abundancia en los huertos familiares.

México es el principal centro de diversificación del género *Opuntia*; la taxonomía de este género es complicada debido a que florecen todas las especies al mismo tiempo, favoreciendo la hibridación, ya que en la naturaleza no hay barreras que la impidan.

En el género *Opuntia*, hay muchos sinónimos para algunas especies, por lo cual existe un alto grado de desacuerdo entre autores. Todo esto explica la complejidad en la identificación taxonómica de sus especies de este género.



## 9. LITERATURA CITADA

- Anderson, E. F. (2001) *The Cactus Family*. Timber Press. Portland, Oregon. USA 776 p.
- APG, (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Groups classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.
- Griffith y Portert, (2009). Phylogeny of Opuntioideae (Cactaceae). *J. Plant Sci.* 170:107-116.
- 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
- Bautista C., R. (1982). Los agrosistemas nopaleros del Valle de México. Tesis Profesional. UACH, Chapingo, México. 92 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.
- Barthlot, W. y D. R. Hunt (1993) "Cactaceae" en K. Kubitzki, *The families and genera of vascular plants*, vol. 2, Springer-Verlag, Berlín, pp.161-197.
- Bessey, E. C. (1915). La taxonomía filogenética de las fanerógamas» *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Vol. 2. pp. 109–164.
- Benson, L (1969) *The Cacti of Arizona*, University of Arizona Press, 218 p.
- \_\_\_\_\_ (1979). *Plant classification*, 2a. ed. D. C. Heath and Co. Massachusetts, Toronto. 688 p.
- \_\_\_\_\_ (1978) *Las cactáceas de México*. Vol 1 UNAM, México pp. 235 – 351.
- \_\_\_\_\_ y H. Sánchez-Mejorada (1991), *Las cactáceas de México*, 2ª ed., vols. 2 y 3, UNAM, México.
- \_\_\_\_\_ (1997). Introducción, en: *Suculentas mexicanas, Cactáceas*. CONABIO, México. 143 pp.
- \_\_\_\_\_ y L. Scheinvar (1999) *El interesante mundo de las cactáceas* FCE, México 233 p.
- Britton, N. L. y J. N. Rose (1919) *The Cactaceae*. Carnegie Institution, Washington, D.C. v. 1



- Callen, E. (1967). Analysis of the Tehuacan coprolites. In: D. S. Byers (Ed.). The prehistory of the Tehuacan Valley. I. Environment and subsistence. University of Texas. Austin, Texas. USA. Pp. 261-289.
- 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](http://www.cites.org) Consultado en Noviembre de 2009.
- Colunga G. M., P. (1984). Variación morfológica, manejo agrícola y grados de domesticación de *Opuntia* spp. en el Bajío guanajuatense. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. México. 203 p.
- Colunga G. M., P.; E. Hernández X.; A. Castillo M. (1986). Variación morfológica, manejo agrícola tradicional y grado de domesticación de *Opuntia* spp. en el Bajío guanajuatense. *Agrociencia*. 65:7-49.
- Crespo O, A. M. (1976). Villa de Reyes, S.L.P., un núcleo agrícola en la frontera norte de Mesoamérica. Departamento de Monumentos prehispánicos. INAH, México.
- Crook, R. y R. Mottram (1995) *Opuntia* Index. Part 1: Introduction and A-B. *Bradleya* 13: 89-118.
- \_\_\_\_\_, (1996) *Opuntia* Index. Part 2: Nomenclatural note and C-E. *Bradleya* 14:99-144.
- \_\_\_\_\_, (1997) *Opuntia* Index. Part 3: Nomenclatural note and F. *Bradleya* 15: 98-112.
- \_\_\_\_\_, (1998) *Opuntia* Index. Part 4: G-H. *Bradleya* 16: 119-136.
- \_\_\_\_\_, (1999) *Opuntia* Index. Part 5: G-H. *Bradleya* 17: 109-131.
- \_\_\_\_\_, (2000) *Opuntia* Index. Part 6: M-O. *Bradleya* 18: 113-140.
- \_\_\_\_\_, (2001) *Opuntia* Index. Part 7: P-Q. *Bradleya* 19: 91-116.
- \_\_\_\_\_, (2002) *Opuntia* Index. Part 8: R. *Bradleya* 20: 51-66.
- \_\_\_\_\_, (2003) *Opuntia* Index. Part 9: S. *Bradleya* 21: 63-86.
- Cronquist, A. (1981) *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press, Nueva York.



Escamilla, H. (1977). Proyecto para la industrialización de la tuna. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias Químicas, UNAM, México.

ESNM (no publicado). Base de datos Especies Silvestres de Nopales Mexicanos. Laboratorio de Cactología, Jardín Botánico IB-UNAM.

Flannery, K. V. (1969). Origins and ecological effects of early domestication in Iran and near east. In: P. J. Ucko y G. W. Dimbley (eds.). The domestication and exploitation of plants and animals. G. Duc Knorth & Co., London, England. 581 p.

Fleming T. H. & A. Valiente-Banuet. (2002). Columnar Cacti and Their Mutualists. Evolution, Ecology and Conservation. The University of Arizona Press. Tucson, USA. 371 pp.

Figuroa H., F. (1984). Estudio de las nopaleras cultivadas y silvestres sujetas a recolección para el mercado en altiplano potosino-zacatecano. Tesis profesional. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P. México. 171 p.

García P. L. (2004). Fruto deshidratado y pulverizado de cuatro especies de xoconostle (*Opuntia duranguensis*, *O. xoconostle*, *O. leucotricha* y *O. matudae*) como condimento y aperitivo. Tesis profesional. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí. México. 56 p.

\_\_\_\_\_ & Nobel, (1986). The cactus primer. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, USA.

Guzmán, U. L., S. Arias y P. Dávila (2003) *Catálogo de cactáceas mexicanas*. México. Universidad Nacional Autónoma de México, 315 p.

Hernández, F. (1959). Historia Natural de la Nueva España. Vol. I. UNAM. México.

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.

\_\_\_\_\_ y H. Godínez (1994) Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. Acta Botánica Mexicana. 26:33-52.

\_\_\_\_\_ & R. T. Bárcenas, (1995). Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: I. Distribution Patterns. Conservation Biol. 9 (5): 1176-1188.

\_\_\_\_\_ & C. Gómez-Hinostrosa, (2002). An integrated approach to the conservation of Cacti in México. In: Plant Conservation in the Tropics. Perspectives and Practice. Royal Botanic Gardens, Kew. UK.



- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ & B. Goetisch, (2004). Checklist of Chihuahuan Desert Cactaceae. *Harvard Papers in Botany* 9 (1): 51-68.
- Hershkovitz M. A. & E. A. Zimmer, (1997). On the evolutionary origins of the cacti. *Taxon* 46 (2): 217-232.
- Hutchinson, G. E. (1959). Homage to Santa Rosalía; or Why Are There So Many Kinds of Animals or Plants? *The American Naturalist* 93:145-159.
- Hunt, D. R. (1991) Stabilization of names in succulent plants. In: D. L. Hawksworth (ed.) *Improving the stability of names: needs and options*. *Regnum Vegetabile* 123.
- \_\_\_\_\_ (1999). CITES Cactaceae checklist. Royal Botanic Gardens Kew/ International Organization for Succulent Plant Study, England.
- \_\_\_\_\_, (2006) *The New Cactus Lexicon*. Text. Milbourne Port, Inglaterra. 373 p.
- INE (2000) Instituto Nacional de Ecología. Mapa Tipos de Vegetación y Uso de Suelo. [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx) Consultado en Octubre de 2009.
- INEGI (2009) [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx) Carta Fisiográfica Hidalgo.
- IUCN 2007. (2007) IUCN Red List of Threatened Species. [www.iucnreslist.org](http://www.iucnreslist.org) Consultado en Octubre de 2009.
- Kiesling, R. y O. E. Ferrari (2005) *100 Cactus Argentinos*. Albatros, Instituto de Botánica Darwinioi, San Isidro, Argentina. Pp 19-20.
- Martínez Y., (2008). Determinación de macronutrientes, inulina e inhibidores de tripsina en 12 especies diferentes de hongos comestibles. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 70 p.
- Muñoz-Urias, A., G. Palomino-Hasbach, T. Terrazas, A. Gracia-Velázquez y E. Pimienta-Barrios (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.
- Nobel P. S., (Ed.), (2002). *Cacti. Biology and uses*. University of California Press, Los Angeles, CA., USA.
- Parfitt, B. D. y D. J. Pinkava (1988) Nomenclatural systematic reassessment of *Opuntia engelmannii* and *Opuntia lindheimeri* (Cactaceae). *Madroño* 35: 342-349.
- \_\_\_\_\_ & A. C. Gibson (2003) Cactaceae. In: *Flora of North America. North of Mexico*. Vol. 4. Part 1, Oxford University Press. pp. 92- 152.



- Pimienta B., E., Méndez, L., Ramírez, B., Domínguez, R. M., Montoya, E., García, J. (1994). Effect of the ingestión of xoconostle fruit (*Opuntia joconostle* Weber) on glicemia and serum lipids. P. Felker and J. R. Moss (Eds.). Proceedings Fifth Annual Texas Pickly Pear Council. Kingsville, Tx, USA. P. 51-60.
- Pinkava, D.J. (1996). Nomenclatural changes in *Opuntia* (Cactaceae). *Haseltonia* 4:103-104 en Paredes, R., T. Van Devender y R. Felger (2000) *Cactáceas de Sonora, México: su Diversidad, Uso y Conservación* Arizona-Sonora Desert Museum Press, Tucson, Arizona 143 p.
- Pinkava, D. J. (2002). On the evolution of the continental North American Opuntioideae. En Hunt, D. & N. Taylor (2002) *Studies in the Opuntioideae (Cactaceae)*. Succulent Plant Research. Vol 6. Inglaterra.
- 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
- Sánchez G., (1987). ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE DISTRIBUCION Y VARAIBILIDAD DE *Opuntia joconostle* Weber, EN EL ESTADO DE ZACATECAS. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, México. 126p.
- \_\_\_\_\_, (1990a). CARACTERIZACION FENOLOGICA Y QUIMICA DE *Opuntia joconostle* Weber, EN SAN MARTIN DE LAS PIRAMIDES, ESTADO DE MEXICO. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 122 p.
- \_\_\_\_\_, (1990b). Germinación, viabilidad y características distintivas de la semilla de *Opuntia joconostle* Weber forma Cuaresmero. Tesina de Diplomado. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 58 p.
- Sarukhán J. (2002). Las Musas de Darwin. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 315 p.
- Scheinvar, L. (1974). *Opuntia heliabravoana*, una especie nueva de Cactaceae. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, serie Botánica* 45 (1): 75-86.
- \_\_\_\_\_, (1981). Especies, variedades y combinaciones nuevas de Cactáceas del Valle de México. *Phytologia* 49 (4): 324-328.
- \_\_\_\_\_, (1982a). Redescubrimiento de la *Opuntia spinulifera* Salm-Dyck. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México., Serie Botánica*, 47-53: 1-20.



- \_\_\_\_\_, (1982b). La familia de las cactáceas en el Valle de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 726 p.
- \_\_\_\_\_, (1985). Cactaceae. *In*: J. Rzedowski y G. de Rzedowski, de (comp. y eds.). La flora del Valle de México, v. 2, Instituto de Ecología, A. C. y Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México, D.F., pp. 131.
- \_\_\_\_\_, (1987). Redescubrimiento de *Opuntia Oligacantha* Forster en el Valle de México y en la Altiplanicie Mexicana. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica. 57:109-122.
- \_\_\_\_\_, (1999b). Biosistemática de los xoconostles mexicanos y su potencial económico. *In*: "Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal". J.R. Aguirre R., J.A. Reyes A. (Eds.). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. P. 255.
- \_\_\_\_\_, Alagón A. & Olalde-Parra G. (2001). Resultados preliminares de electroforesis En proteínas como método auxiliar en la taxonomía de *Opuntia* spp. Acta Científica Potosina. 15 (1): 7-24.
- \_\_\_\_\_ (2002). *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. subsp. *esparzae*, una nueva subespecie de las dunas del río Concá, Arroyo Seco, Querétaro, México. 2002. Cact. Suc. Mex. 47 (4): 94-102.
- \_\_\_\_\_ & A. Rodríguez. (2003). *Opuntia streptacantha* subsp. *aguirrana*, una nueva subespecie de nopal para la altiplanicie mexicana (Cactaceae). Para Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México ser. Botánica 74 (2): 303-311.
- \_\_\_\_\_, (2004). Flora cactológica del estado de Querétaro. Diversidad y Riqueza. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 390 p.
- \_\_\_\_\_ & G. Olalde. (2008). Tipificación de algunas cactáceas del Estado de Guerrero. Cact. Suc. Mex. 53 (2): 36-50. ISSN 0526-717X.
- \_\_\_\_\_ y G. Manzanero. (2009). *Opuntia chiangiana*, una nueva especie de cactaceae de Oaxaca, México. Novon 19:222-228.
- \_\_\_\_\_, G. Olalde, S. Filardo y P. Beckler. (2010) Diez especies mexicanas productoras de xoconostles: *Opuntia* spp. y *Cylindropuntia imbricata* (Cactaceae). Universidad Nacional Autónoma de México/Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
- \_\_\_\_\_, G. Olalde. (en elaboración) Nopales Silvestres Mexicanos. Laboratorio de Cactología, Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Proyecto GE005. México, D.F.



SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2002) Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 6 de marzo de 2002, Primera sección, México, DF.

Smith, C. E. (1965). Agriculture, Thehuacan Valley. *Botany* 31: 49-100.

Takhtajan, A. (1969) *Flowering plants. Origin and dispersal*. Oliver and Boyd LTD. Gran Bretaña. Trad. C. Jeffrey. 310 p.

Universidad Autónoma de Guanajuato. (1980). Evaluación del proyecto para industrializar el nopal. UAG, Guanajuato, Guanajuato, México.

Villaseñor, J., (2003). Diversidad y distribución de las magnoliophyta de Mexico. INCI, vol.28, no.3, p.160-167.

Wallace R. S. (1993). Letter to the editor. *Cactus Succulent J* 65:204.

Rowley GD. (1997). DNA: damned nasty answers? must classification reflect phylogeny?. *Cact Consensus* 4:13-14.

Gorelick R. (2002). DNA sequences and cactus classification: a short review. *Bradleya*. 20:1-4.