

CACTÁCEAS

y suculentas mexicanas



VOLUMEN 35 No. 2

JULIO-SEPTIEMBRE 2010

ISSN 0526-717X

Volumen 55 No. 3
Julio-septiembre 2010

Editor Fundador
Jorge Meyrán

Consejo Editorial
Anatomía y Morfología
Dra. Teresa Terrazas
Instituto de Biología, UNAM

Ecología
Dr. Arturo Flores-Martínez
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN
Dr. Pablo Ortega-Baés
Universidad de Salta Argentina

Etnobotánica
Dr. Javier Caballero Nieto
Jardín Botánico IB-UNAM

Evolución y Genética
Dr. Luis Eguiarte
Instituto de Ecología, UNAM

Fisiología
Dr. Oscar Briones
Instituto de Ecología A. C.

Florística
Dra. Raquel Galván
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

Química y Biotecnología
Dr. Francisco Roberto Quiroz Figueroa
Instituto de Biotecnología, UNAM

Sistemas Reproductivos
Dr. Francisco Molina F.
Instituto de Ecología Campus Hermosillo, UNAM
Dr. Jafet Nassar
Instituto Venezolano de
Investigaciones Científicas

Taxonomía y Sistemática
Dr. Fernando Chiang
Instituto de Biología, UNAM
Dr. Roberto Kiesling
CRICYT, Argentina

Editores
Dr. Jordan Golubov
UAM-Xochimilco
Dra. María C. Mandujano Sánchez
Instituto de Ecología, UNAM

Asistentes editoriales
Biol. Gisela Aguilar Morales
M. en C. Mariana Rojas Aréchiga
Instituto de Ecología, UNAM

Diseño editorial y versión electrónica
Palabra en Vuelo, S.A. de C.V.

Impresión
Impresora Múltiple SA de CV
Se imprimieron 1 000 ejemplares, julio de 2010
SOCIEDAD MEXICANA DE CACTOLOGÍA, A.C.

Presidenta Fundadora
Dra. Helia Bravo-Hollis †

Presidente
Omar González Zorzano

Vicepresidente
Alberto Pulido Aranda

Bibliotecario
Raymundo García A.

Fotografía de portada:
Mammillaria polyedra
Foto: Salvador Arias



Cactáceas y Suculentas Mexicanas es una revista trimestral de circulación internacional y arbitrada, publicada por la Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. desde 1955, su finalidad es promover el estudio científico y despertar el interés en esta rama de la botánica.

El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores. Se autoriza su reproducción total o parcial siempre y cuando se cite la fuente.

La revista *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* se encuentra registrada en los siguientes índices: CAB Abstracts, Periodica y Latindex.

The journal *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* is a publication of the Mexican Society of Cactology, published since 1955.

Complete or partial copying of articles is permitted only if the original reference is cited.

The journal *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* is registered in the following indices: CAB Abstracts, Periodica and Latindex.

Dirección editorial (editor's address): *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, Instituto de Ecología, UNAM, Aptdo. Postal 70-275, Cd. Universitaria, 04510, México, D.F.

Correo electrónico: cactus@miranda.ecologia.unam.mx

El costo de suscripción a la revista es de \$400.00 para México y 40 USD o 30 € para el extranjero. Pago de suscripciones a la cuenta no. 148-6353704 de Banamex.

Subscription rates: 40.00 USD or 30.00 €. Payment in cash, bank transfer or International Postal Money Order (only from the USA). Los comprobantes bancarios, la documentación pertinente y cualquier correspondencia deberán ser enviados a (Payments and correspondence to): Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. Aptdo. Postal 19-090, San José Insurgentes, 03901, México, D.F.

socmexcact@yahoo.com

www.somecacto.com

www.ecologia.unam.mx/laboratorios/dinamica_de_poblaciones/cacsucmex/cacsucmex_main.html

La Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. agradece el financiamiento para esta publicación a los suscriptores de la sociedad.

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 55 No. 3 julio-septiembre 2010



Contenido

Cactáceas del Distrito de Nochixtlán, Oaxaca, México Aquino García DA & Arias S	68
Características poblacionales de <i>Pachycereus weberi</i> y su relación con polinizadores en la comunidad de Dominguillo en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca Martínez-Peralta C, Mancilla R, Altamirano-Vázquez HG & Aguilar-Morales G	85
<i>Sedum oxypetalum</i> Kunth Martínez Villegas JA	96

Contents

Cacti from Nochixtlan municipality in Oaxaca, Mexico Aquino García DA & Arias S	68
Population characteristics of <i>Pachycereus weberi</i> and its relationship with pollinators at Dominguillo in the Tehuacan-Cuicatlan Valley, Puebla-Oaxaca Martínez-Peralta C, Mancilla R, Altamirano-Vázquez HG & Aguilar-Morales G	85
<i>Sedum oxypetalum</i> Kunth Martínez Villegas JA	96

Cactáceas del Distrito de Nochixtlán, Oaxaca, México

Aquino García David A¹ & Arias Salvador^{1*}

Resumen

Se elaboró el listado de las cactáceas del distrito de Nochixtlán, Oaxaca, México, con los tipos y asociaciones vegetales donde se distribuyen. Se encontraron 33 especies silvestres, más cinco cultivadas. El bosque tropical caducifolio es el tipo de vegetación que más taxa albergó (26 spp.), seguido del matorral xerófilo (14 spp.) y el pastizal secundario (13 spp.). Los agentes que favorecen la riqueza de especies son principalmente la diferencia de clima y altitud, además de la transición entre provincias florísticas, las condiciones microambientales presentes en el hábitat, así como el eventual disturbio tanto por acción natural como por factores antropogénicos. Se considera que estos últimos tienen tanto efectos adversos como favorables para el establecimiento de las cactáceas. Se describen las afinidades biogeográficas, encontrando que las cactáceas de Nochixtlán tienen mayor afinidad con la provincia del Valle de Tehuacán-Cuicatlán que con la Mixteca Alta, ya que comparten cinco especies endémicas.

Palabras clave: Afinidad biogeográfica, cactáceas, Nochixtlán, provincias florísticas, tipos de vegetación.

Abstracts

A checklist of cactus from Nochixtlán District, Oaxaca, Mexico, including vegetation type and floristic associations which are distributed were developed. Thirty three native and five cultivated species are reported. Most taxa are located in tropical deciduous forest (26 spp.), followed by arid scrub (14 spp.) and secondary grasslands (13 spp.). Agents that promote species richness are differences in climate and altitude, as well as the transition between floristic provinces, microenvironmental conditions present in the habitat, and any disturbance action by both natural and anthropogenic factors. Instead, natural and anthropogenic disturbance have adverse or favorable effects on the establishment of cacti. Biogeographic affinities were described, finding that Nochixtlán cacti have a higher affinity to the Tehuacán-Cuicatlán Valley province than the Mixteca Alta, since they share five endemic species.

Key words: Biogeographical affinity, cacti, Nochixtlán, provinces floral, types of vegetation.

Introducción

Oaxaca es un estado con amplia riqueza florística, la cual se estima entre 9000

(Rzedowski 1991) y 8431 taxa aproximadamente (García-Mendoza 2004), lo que representa cerca el 40% de la flora vascular de México. La riqueza de especies para la

¹ Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF. CP 04510

* Autor de correspondencia: sarias@ibiologia.unam.mx

David A. Aquino García.



FOTO 1. Bosque tropical caducifolio. Municipio Santiago Huaucuililla.

David A. Aquino García.



FOTO 2. Pastizal halófilo. Municipio Santa María Chachoapan.

de acuerdo con García-Mendoza *et al.* (1994), Conzatti exploró los municipios de Asunción Nochixtlán y Santiago Huaucuililla en el periodo comprendido entre 1907-1921, pero desafortunadamente sólo existe un ejemplar de cactácea colectado por dicho naturalista en la región (*Pilosocereus chrysacanthus*, MEXU). Por su parte, Bravo-Hollis (1954) reporta para el municipio de Nochixtlán tres especies de *Opuntia*. Mientras tanto, Campos *et al.* (1992) enumeran para el distrito tres especies correspondientes a los géneros *Coryphantha*, *Mammillaria* y *Stenocereus*. Como parte de un estudio florístico para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Arias *et al.* (1997) reportaron para la porción norte del distrito de Nochixtlán cuatro géneros (*Coryphantha*, *Mammillaria*, *Opuntia* y *Stenocereus*) con nueve especies silvestres, más dos especies cultivadas de *Opuntia*. Hernández *et al.* (2004), reportaron para el distrito los cuatro géneros antes citados y 11 especies silvestres, más tres especies introducidas pertenecientes a *Acanthocereus* y *Opuntia*. Finalmente Hernández-Baltazar (2006), reportó para el municipio de Santiago Apoala tres especies para los géneros *Mammillaria*, *Nyctocereus* y *Opuntia*. El presente trabajo tiene como propósito conocer y documentar la riqueza cactoflorística del distrito de Nochixtlán, así como establecer la distribución ecológica y discutir sobre la afinidad florística con otras regiones del país.

Material y métodos

Descripción del área de estudio

El distrito de Nochixtlán se ubica en región geopolítica Mixteca Alta, en el polígono 17°

42' N, 97° 09' O norte; 17° 35' N, 97° 23' O este; 17° 25' N, 97° 01' O oeste; 17° 03' N, 97° 18' O, sur. Limita al norte con el distrito de Teotitlán; al oeste con Teposcolula y Coixtlahuaca; al oeste y suroeste con Tlaxiaco, al sur con Sola de Vega, al sureste con Zaachila; al sureste y este con ETLA y al noreste y norte con Cuicatlán (Fig. 1). Nochixtlán incluye 32 municipios y su extensión territorial es de 3 083.18 Km². La altitud varía de 1300 msnm en San Mateo Sindihui y Santiago Huaucuililla hasta 2500 msnm en San Juan Diuxi (INEGI 2008). Florísticamente pertenece a la provincia Serranías Meridionales y en la subprovincia Mixteca Alta (Rzedowski, 2006). Torres-Colín (2004) reporta como tipos de vegetación dominante al bosque de *Quercus*, bosque de *Pinus*, matorral xerófilo, palmar y pastizal. Predomina el clima templado (C) a seco (B) de la clasificación de climas de Köppen, modificado por García (1964), con una temperatura media anual de 17 °C. El distrito forma parte de dos cuencas hidrográficas. Al norte, se encuentra la cuenca del Río Papaloapan que es parte de la región hidrológica del mismo nombre y corresponde a la Vertiente del Atlántico; mientras que al sur se ubican las cuencas del Río Atoyac, La Arena, Ometepec o Grande y otros de menor importancia y en conjunto integran la Vertiente del Pacífico (Martínez-Ramírez *et al.* 2004).

Se hizo la revisión de literatura especializada y en las colecciones de los herbarios CHAPA, ENCB, FCME, FEZA, MEXU y OAX (Holmgren *et al.* 1990). Se registró para cada ejemplar, nombre de la especie, localidad, estado fenológico, fecha de colecta, colector. Con base en la presencia de vegetación natural apoyado con mapas topográficos de INEGI, escala 1:50000, se establecieron recorridos dentro del distrito, en un periodo comprendido entre octubre de 2006 y julio de 2007.

David A. Aquino García.



FOTO 3. *Hylocereus purpusii*, planta trepadora habitante del bosque tropical caducifolio. Municipio Santiago Huaucuililla.

David A. Aquino García.



FOTO 4. *Ferocactus macrodiscus*, ejemplar en floración. Municipio Asunción Nochixtlán.

David A. Aquino García.



FOTO 5. *Stenocactus crispatus*, creciendo en pastizal secundario. Municipio Asunción Nochixtlán.

David A. Aquino García.



FOTO 6. *Polaskia chende*, individuo juvenil. Municipio Santiago Huaucuililla.

En campo se inspeccionaron 500 m² aproximadamente con el fin de encontrar cactáceas por cada localidad, y a su vez se caracterizó la vegetación presente mediante criterios fisiológicos y de composición (García & López 2004). Cuando se localizaron cactáceas se registraron las posiciones geográficas mediante un geoposicionador, se tomaron fotografías, se recolectaron uno o dos ejemplares por localidad y se registraron eventos fenológicos. Los ejemplares colectados se herborizaron; se identificaron y actualizaron con base en la propuesta de Guzmán *et al.* (2003) y fueron depositados en MEXU y los duplicados en FEZA y CHAPA. Se registraron los tipos de vegetación presentes y las especies por unidad de hábitat.

CUADRO 1. Listado de cactáceas del distrito de Nochixtlán, distribución en un gradiente de altitud y distribución por ambiente. Claves: Bosque tropical caducifolio **BTC**; Bosque de *Quercus* **BQ**; Bosque de *Pinus* **BP**; Bosque de *Quercus-Juniperus* **BQJ**; bosque de galería **BG**; matorral xerófilo **MX**; matorral de *Juniperus* **MJ**; palmar **P**; pastizal secundario **PS** y pastizal halófilo **PH**. *Para las especies marcadas estas se colectaron una vez, por lo que su distribución por altitud es mínima.

	Especies silvestres	Gradiente altitudinal (msnm)	Tipo de vegetación o asociación
1	<i>Coryphantha calipensis</i> Bravo ex S. Arias, U. Guzmán & S. Gama*	1700	BTC
2	<i>Coryphantha pallida</i> Britton & Rose	2000-2400	MX, BQ, PS, BQJ, MJ, PH
3	<i>Coryphantha reusa</i> (Pfeiff.) Britton & Rose*	2100	BQ
4	<i>Ferocactus macrodiscus</i> (Mart.) Britton & Rose	1900-2500	MX, BQ, PS, BQJ, PH, BP, BG
5	<i>Ferocactus recurvus</i> (Mill.) Y. Ito ex G. E. Linds	1600-2300	BTC, MX, BQ, PS
6	<i>Hylocereus purpusii</i> (Weing.) Britton & Rose *	1300	BTC
7	<i>Mammillaria carnea</i> Zucc. ex Pfeiff.	1300-1700	BTC
8	<i>Mammillaria dixanthocentron</i> Backeb. ex Mottram	1300-1700	BTC, BQ
9	<i>Mammillaria haageana</i> Pfeiff.	1500-2400	BTC, MX, BQ, P, PS, BQJ, MJ, PH, BP
10	<i>Mammillaria karwinskiana</i> Mart.	1700-2200	MX, PS, BG
11	<i>Mammillaria kraehenbuehlii</i> (Krainz) Krainz	1500-2100	BTC, MX, P
12	<i>Mammillaria polyedra</i> Mart.	1700-2100	BTC, BQ
13	<i>Mammillaria zephyranthoides</i> Scheidw. *	2200	MX
14	<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console	1300-1700	BTC, MX
15	<i>Myrtillocactus schenckii</i> (J. A. Purpus) Britton & Rose	1300-1900	BTC, BP
16	<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i> (Bravo) Backeb. *	1900	BTC
17	<i>Opuntia decumbens</i> Salm-Dyck *	1300	BTC
18	<i>Opuntia depressa</i> Rose	1300-1500	BTC, P
19	<i>Opuntia huajuapensis</i> Bravo	1800-2400	MX, BQ, PS, BQJ, PH, BP, BG
20	<i>Opuntia lasiacantha</i> Pfeiff.	1300-2300	BTC, MX, BQ, P, PS, BQJ, MJ, BG
21	<i>Opuntia parviclada</i> S. Arias & S. Gama	1300-1700	BTC
22	<i>Opuntia pilifera</i> F. A. C. Weber	1300-1700	BTC, BP
23	<i>Opuntia pubescens</i> H. L. Wendl. ex Pfeiff.	1300-2100	BTC, MX, BQ, PS, BG
24	<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	1700-2300	BTC, MX, BQJ, MJ, PH

	Especies silvestres	Gradiente altitudinal (msnm)	Tipo de vegetación o asociación
25	<i>Opuntia tehuacana</i> S. Arias & U. Guzmán	1300-1700	BTC
26	<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	1600-2200	BTC, MX, BQ, PS, BQJ, MJ
27	<i>Opuntia velutina</i> F. A. C. Weber*	1300	BTC
28	<i>Pilosocereus chrysacanthus</i> (F. A. C. Weber ex K. Schum.) Byles & G. D. Rowley	1300-1900	BTC
29	<i>Polaskia chende</i> (Gosselin) A. C. Gibson & H. E. Horak	1300-2000	BTC, PS
30	<i>Stenocactus crispatus</i> (DC.) A. Berger ex A. W. Hill. *	2300	PS
31	<i>Stenocereus dumortieri</i> (Scheidw.) Buxb.	1300-1700	BTC
32	<i>Stenocereus pruinosus</i> (Otto ex Pfeiff.) Buxb.	1300-1700	BTC, PS
33	<i>Stenocereus stellatus</i> (Pfeiff.) Riccob.	1300-1900	BTC, MX, PS
Especies cultivadas			
34	<i>Acanthocereus subinermis</i> Britton & Rose		
35	<i>Lophocereus marginatus</i> (DC.) S. Arias & Terrazas		
36	<i>Opuntia auberi</i> Pfeiff.		
37	<i>Opuntia cochenillifera</i> (L.) Mill.		
38	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.		

CUADRO 2. Riqueza comparativa entre los diez distritos de Oaxaca con mayor número de especies reportadas (basado en Hernández *et al.* 2004).

Spp	Distrito
44	Tehuantepec
40	Cuicatlán
35	Teotitlán
33	Nochixtlán
29	Huajuapán
29	Juchitan
29	Teposcolula
27	Tlacolula
26	Coixtlahuaca
25	Centro

Resultados

Riqueza de especies

Se registraron 33 especies agrupadas en 11 géneros, de los cuales los más representativos fueron *Opuntia* con 11 especies y *Mammillaria* con siete; seguidos en importancia por *Stenocereus* y *Coryphantha* con tres especies; *Ferocactus* y *Myrtillocactus* con dos e *Hylocereus*, *Neobuxbaumia*, *Pilosocereus*, *Polaskia* y *Stenocactus* con una especie más cinco especies cultivadas (Cuadro 1). El número de especies aquí señalado representa un incremento significativo, considerando los reportes previos (Bravo-Hollis 1954; Arias *et al.* 1997; Hernández *et al.* 2004). Una comparación sobre el número de especies encontrado en el presente estudio con respecto a lo señalado para otros distritos,

David A. Aquino García.



FOTO 7. *Mammillaria dixanthocentron*, especie endémica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

David A. Aquino García.



FOTO 8. *Mammillaria kraehenbuehlii*, especie endémica de la Mixteca Alta. Municipio Santiago Tilantongo.

revela que Nochixtlán ocupa el cuarto lugar a nivel estatal (Cuadro 2).

Distribución por gradientes altitudinales

Se registró el intervalo altitudinal para cada especie (Cuadro 1), en el cual se encontró que entre los 1300-2200 msnm existe el mayor número de especies. Ocho especies tienen una distribución altitudinal mínima y se recolectaron una sola vez, de éstas, cinco se distribuyen por debajo de los 2000 msnm (*Coryphantha calipensis*, *Hylocereus purpusii*, *Neobuxbaumia mezcalaensis*, *Opuntia decumbens* y *O. velutina*) y tres por arriba de los 2000 msnm (*Coryphantha retusa*, *Mammillaria zephyranthoides* y *Stenocactus crispatus*). Por otra parte seis especies tienen un amplio espectro de distribución, siendo *Coryphantha pallida*, *Ferocactus recurvus*, *Mammillaria haageana*, *Opuntia lasiacantha* y *O. pubescens* las que no tienen restricción respecto a este factor. Sin embargo, *Polaskia chende* pese a mostrar una amplia distribución solo se encontró en los extremos del intervalo (una localidad a 1300 msnm y otra a 2200 msnm).

Distribución por tipo y/o asociación vegetal

Siguiendo el sistema de clasificación de Rzedowski (2006), se identificaron cuatro tipos de vegetación: bosque de *Quercus*, tropical caducifolio, matorral xerófilo y palmar. De estos el bosque tropical caducifolio no estaba reportado para el distrito (Foto 1). Seis asociaciones vegetales se registraron: bosque de *Pinus*, pastizal secundario, *Quercus-Juniperus*, de galería, pastizal halófilo (Foto 2) y matorral de *Juniperus*, de los cuales los cuatro últimos no estaban reportados.

El bosque tropical caducifolio alberga la mayor cantidad de especies con 26, seguido



FOTO 9. *Neobuxbaumia mezcalaensis* creciendo en bosque tropical caducifolio rodeado por bosque de *Quercus* en el municipio de Santiago Tilantongo.

del matorral xerófilo con 14 y el pastizal secundario con 13. El bosque de *Quercus* presentó diez especies y el bosque de *Quercus-Juniperus* siete. El pastizal halófilo, el bosque de galería, de *Pinus* y el matorral de *Juniperus* presentaron cinco especies, mientras que el palmar presentó cuatro. Hay que mencionar que una especie puede existir en más de un tipo de vegetación (Cuadro 1).

De los diez tipos y asociaciones de vegetación encontrados, el bosque tropical caducifolio alberga el mayor número de taxa de distribución restringida (*Coryphantha calipensis*, *Mammillaria carnea*, *Neobuxbaumia mezcalaensis*, *Opuntia decumbens*, *O. parviclada*, *O. tehuacana*, *O. velutina*, *Pilosocereus chrysacanthus* y *Stenocereus dumortieri*). El matorral xerófilo cuenta con una especie de distribución restringida (*Mammillaria zephyranthoides*), al igual que el pastizal secundario (*Stenocactus crispatus*) y el bosque de *Quercus* (*Coryphantha retusa*). Los restantes tipos de vegetación no presentan taxa de distribución restringida.

Discusión

Este es el primer estudio florístico sobre la familia Cactaceae para un distrito en la Mixteca Alta, en el que se reconocen 33 especies silvestres. La distribución de estas especies puede entenderse bajo un conjunto de factores que se explican a continuación.

Factores macroambientales

Los tipos de vegetación con mayor número de cactáceas para el distrito de Nochixtlán son el bosque tropical caducifolio (26 spp.) y el matorral xerófilo (14 spp.). Esto concuerda con lo reportado para Tehuan-

tepec, donde el bosque tropical caducifolio presenta mayor número de especies (17 spp.), seguido del matorral xerófilo (9 spp.) (Tovar 2005). Sin embargo a una latitud mayor esta secuencia de preferencia se invierte; así por ejemplo Bárcenas (1999) expone que en Guanajuato la mayor riqueza de especies se encuentra en el matorral xerófilo (72 spp.), mientras que el bosque tropical caducifolio tiene menor importancia (22 spp.). La temperatura es un factor limitante para varias especies de las tribus Pachycereeae (*Neobuxbaumia*, *Myrtillocactus*, *Polaskia* y *Stenocereus*) y Cereeae (*Pilosocereus chrysacanthus*), que se distribuyen en Nochixtlán, ya que son sensibles a las heladas y tras una exposición prolongada a temperaturas bajas los tejidos internos sufren necrosis (Nobel 2002). Es probable que suceda el mismo fenómeno en algunos miembros de la tribu Hylocereeae (p.e. *Hylocereus purpusii*, Foto 3), ya que no crecen en climas fríos. Un caso especial y que requiere una revisión mayor es *Myrtillocactus schenckii*, ya que se trata de la única especie de Pachycereeae que puede formar parte del bosque de *Pinus*, siempre y cuando no rebase los 2000 m de altitud.

El área de estudio corresponde a una franja de transición entre las Serranías Meridionales y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, en la cual existe una diferencia en la riqueza de especies bajo un gradiente de altitud. En este gradiente, el intervalo con mayor riqueza de especies se encuentra entre los 1300 y los 2200 msnm. Por arriba de este límite la riqueza disminuye paulatinamente, llegando al lindero de los 2500 m donde sólo habita *Ferocactus macrodiscus* (Foto 4). Estos resultados son congruentes con otros estudios,

por ejemplo Sánchez-Mejorada (1979) reporta que la riqueza de especies de cactáceas disminuye en transectos de altitud sobre la Sierra Madre Occidental. Por su parte, Hoffmann (2006) reporta para un gradiente de altitud en el desierto Chihuahuense que la mayor riqueza existe entre los 1200 y los 2000 m de altitud y por arriba de este intervalo la riqueza disminuye. Recientemente, Brailovski (2008) también lo confirma en un estudio sobre cactáceas de Mazapíl, Zacatecas, al señalar que conforme aumenta la altitud y con ello el cambio de un clima cálido a frío, la riqueza de especies decrece paulatinamente.

Selección de microhábitat

Se encontró que algunas especies tienen amplia capacidad para colonizar ambientes como el bosque de galería y el bosque de *Pinus*, como sucede con *Mammillaria karwinskiana*, *M. haageana*, *Opuntia huaajuapensis*, entre otras. En estas asociaciones las especies señaladas ocupan los espacios más expuestos y menos húmedos, lo cual concuerda con lo reportado por Bravo-Hollis (1978) y Peters *et al.* (2008). Por otra parte, un grupo de especies (*Mammillaria dixanthocentron*, *M. haageana*, *M. kraehenbuehlii*) se asocian a rocas y en menor grado a arbustos, dado que las primeras producen una menor obstrucción de la radiación solar que reduce la superficie fotosintéticamente activa, mientras que proporcionan un ambiente húmedo y fresco (Peters *et al.* 2008). El disturbio observado en el pastizal secundario y en claros del bosque de *Quercus*, probablemente favorece el establecimiento de algunas cactáceas, como *Coryphantha* spp., *Ferocactus macro-*

discus, *Opuntia* spp. y *Stenocactus crispatus*, entre otras, ya que aparentemente se ven favorecidas por alteraciones en su hábitat. De las especies señaladas, dos casos que requieren estudios particulares para determinar su asociación con la perturbación son *Ferocactus macrodiscus* y *Stenocactus crispatus* (Foto 5), ya que es posible observar numerosos individuos juveniles y adultos en suelos pedregosos, con alta o baja cantidad de materia orgánica. Estas observaciones corroboran lo reportado para otras cactáceas, como *Mammillaria pectinifera*, cuya densidad poblacional aumenta cuando la cobertura de los arbustos disminuye a causa de la acción de herbívoros y por extracción de leña (Martorell & Peters 2005). Hay que destacar que eventos de disturbio extremo (p. ej. incendios, pérdida total de la cubierta del suelo), pueden dar como resultado la desaparición de poblaciones (Martorell & Peters 2005).

Afinidades biogeográficas

Con base en estudios florísticos previos se encontró que las especies presentes en el área de estudio tienen mayor afinidad con el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Arias *et al.* 1997; Méndez-Larios *et al.* 2004), después con la Mixteca Alta (García-Mendoza *et al.* 1994), la Depresión del Balsas (Endañú-Huerta & López 1997) y el Altiplano Central (Bárceñas 1999).

Valle de Tehuacán-Cuicatlán: Ambos sitios comparten el mayor número de especies (12 en total), que representa aproximadamente el 36% del total de las especies encontradas en Nochixtlán. Incluye el mayor número de especies endémicas compartidas: *Coryphantha pallida*, *C. calipensis*, *Mammillaria dixantho-*



FOTO 10. *Mammillaria zephyranthoides*, especie con hábito semigeófito, creciendo entre pequeñas herbáceas. Municipio Asunción Nochixtlán.

centron, *Opuntia tehuacana*, *O. parviclada* y *Polaskia chende* (Fotos. 6 y 7). Por otra parte las especies no endémicas pero que comparten Nochixtlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán son: *Ferocactus recurvus*, *Hylocereus purpusii*, *Mammillaria carnea*, *M. karwinskiana*, *Opuntia pilifera* y *Stenocereus stellatus*. Aunque Nochixtlán se encuentra mayoritariamente dentro de la Mixteca Alta (90% aproximadamente), y el porcentaje complementario del territorio pertenece a la provincia del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, la actual evidencia muestra que la mayor relación cactoflorística se establece con esta última provincia. Las causas de esta relación pueden tener su origen en que se trata de regiones contiguas que en sus cañadas

permiten una continuidad de especies, además de la afinidad por la aridez que tienen las cactáceas.

Serranías meridionales: El 12% (4 spp.) de las especies encontradas son afines entre Nochixtlán y la subprovincia florística Mixteca Alta, la cual forma parte de las Serranías Meridionales (Ortiz-Pérez *et al.* 2004). La única especie endémica compartida es *Mammillaria kraehenbuehlii* (Foto 8), quien de acuerdo con nuestras observaciones tiene preferencia por ambientes más frescos y a mayor altitud (1700-2100 msnm). Otras especies no endémicas pero que comparten la zona de estudio con las provincias Serranías meridionales y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán son *Coryphantha retusa*, *Mam-*

millaria haageana y *Opuntia huajuapensis*. Estas especies son menos restrictivas en sus requerimientos ecológicos ya que habitan en un rango de altitud mayor (Cuadro 1).

Depresión del Balsas: El 15% (5 spp.) de las especies presentes en Nochixtlán son afines a la provincia de la Depresión del Balsas. Sin embargo no existen especies endémicas compartidas entre Nochixtlán y la Depresión del Balsas. No obstante las especies compartidas (*Neobuxbaumia mezcalaensis* (Foto 9), *Mammillaria polyedra*, *Opuntia depressa*, *O. velutina* y *Pilosocereus chrysacanthus*) son a su vez comunes entre el Balsas y Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Esta afinidad puede explicarse parcial-

mente por la historia geológica de estos sitios, puesto que eran continuos al principio del Cuaternario. (Valiente-Banuet *et al.* 2000).

Altiplano Central: El 18% (7 spp.) de las especies que se distribuyen en el distrito de Nochixtlán también se encuentran en el Altiplano, por lo tanto son referidas aquí como especies disyuntas. De ellas *Ferocactus macrodiscus*, *Mammillaria zephyranthoides* (Foto 10), *Opuntia streptacantha* y *Stenocactus crispatus* se comparten entre las Serranías Meridionales y el Altiplano. Por otra parte, solo *Opuntia lasiacantha* se comparte entre las Serranías Meridionales, el Valle de Tehuacán-Cuicatlán y el Altiplano, mientras que



David A. Aquino García.

FOTO 11. *Opuntia pubescens*, especie de distribución compartida con Centroamérica. Municipio Santiago Huaucuililla.

Myrtillocactus geometrizans y *Stenocereus dumortieri* se comparten entre el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, la Depresión del Balsas y el Altiplano. La condición disyunta de estas especies puede explicarse ya sea por eventos de dispersión a larga distancia, o bien por procesos históricos geológicos, como el abordado para *Lophocereus schottii*, cuyas poblaciones en el continente y en la península de Baja California quedaron separadas primero por el Mar de Cortés y después por la formación de islas que rodean a Baja California, creando aislamiento reproductivo entre las diferentes poblaciones (Nason *et al.* 2002). No tenemos evidencias de estos procesos para las especies señaladas, por lo que consideramos que es necesario abordar este aspecto.

Amplia distribución en el continente americano: Este conjunto de especies representa el 15% del total presente en el distrito (5 spp). Este grupo, conformado por *Stenocereus pruinosus*, *Myrtillocactus schenckii*, *Opuntia decumbens*, *O. pubescens* (Foto 11) y *O. tomentosa*, si bien pueden asociarse al Altiplano Central o con el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, también han sido reportados en otras provincias, inclusive en Centroamérica. Tal es el caso de *M. schenckii* que se distribuye en Oaxaca y Puebla (Arias *et al.* 1997) y extiende su distribución a Guatemala (Véliz 2008).

Este trabajo es una aportación inicial al conocimiento de la flora de la región mixteca, que contiene una amplia riqueza florística, sobre la que ha incidido un impacto negativo a causa de las actividades humanas. Por otro lado se aportaron nuevos datos sobre las cactáceas de Oaxaca, que pese a su riqueza está pobremente documentada. Por lo tanto se requieren

estudios florísticos y biogeográficos, para los distritos restantes y alcanzar un conocimiento real sobre la flora del estado, así como determinar sitios con elevados niveles de endemismos para que, en conjunto con otros datos de flora y fauna, se establezcan sitios con prioridad de conservación. Otro punto interesante que es necesario explorar es la relación biogeográfica de las cactáceas de Oaxaca con otras regiones del país y Centroamérica.

Agradecimientos

Se agradece al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica PAPIIT (IN220608), por el apoyo financiero para la realización de la tesis de licenciatura y del cual forma parte este artículo. A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), al Biol. Jorge Saldívar por el apoyo técnico en la preparación de las imágenes y a la M. en C. Balbina Vázquez por la revisión del manuscrito así como apoyo para la identificación de las especies del género *Coryphantha*.

Literatura citada

- Arias S. 1993. Cactáceas: conservación y diversidad en México. *Revista de la Soc Méx Hist Nat* **44**:109-115.
- Arias S, Gama S & Guzmán U. 1997. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, fascículo 14. Cactaceae A. L. Juss.* Instituto de Biología, UNAM. D.F. México.
- Bárceñas R. 1999. Patrones de distribución de cactáceas en el estado de Guanajuato. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. D.F. México.
- Brailovski SD. 2008. Diversidad, distribución geográfica y conservación de cactáceas en el desierto chihuahuense, región de Maza-

- pil, Zacatecas y áreas adyacentes. Tesis de maestría en ciencias, Instituto de Biología, UNAM. D.F. México.
- Bravo-Hollis H. 1954. Iconografía de las cactáceas mexicanas (tercera serie). Cactáceas de las Mixtecas Altas. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional de México* **25**:473-552.
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las cactáceas de México* Vol. I. UNAM. D.F. México.
- Campos VA, Cortes A, Dávila P, García-Mendoza A.J, Reyes J, Toriz A, Torres C & Torres CR. 1992. *Plantas y flores de Oaxaca. Serie de cuadernos número 18*. Instituto de Biología, UNAM, D.F. México.
- Endañú-Huerta E & López C. 1997. Flora cactológica del Río Balsas en el estado de Guerrero. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM. Los Reyes Iztacala, Estado de México. México.
- García E. 1964. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones climáticas de la república mexicana)*. UNAM. D.F. México.
- García E & López S. 2004. Distribución geográfica y diversidad de la familia Cactaceae en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. D.F. México.
- García-Mendoza AJ, Tenorio P & Reyes J. 1994. El endemismo en la flora fanerogámica de la Mixteca Alta, Oaxaca-Puebla, México. *Acta Bot Mex* **27**:53-73.
- García-Mendoza AJ. 2004. Integración del conocimiento florístico del estado, páginas 303-325. En García-Mendoza AJ, Ordóñez MJ & Briones-Salas M (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Found. México.
- Gold DE. 1969. Las cactáceas del estado de Oaxaca. *Cact Suc Mex* **15**:19-20.
- Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2003. *Catálogo de cactáceas mexicanas*. UNAM y Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. D.F. México.
- Hernández-Baltazar IA. 2006. Efecto de la heterogeneidad microtopográfica sobre la diversidad de plantas vasculares en la cara de un acantilado en Apoala, Oaxaca. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. D.F. México.
- Hernández HM, Gómez-Hinostroza C & Goettsch B. 2004. Cactáceas, páginas 199-207. En García-Mendoza AJ, Ordóñez MJ & Briones-Salas M (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Found. México.
- Hoffmann BG. 2006. Análisis de la distribución de las especies endémicas de cactáceas de la región submeridional del Desierto Chihuahuense. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. D.F. México.
- INEGI. 2008 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <http://www.inegi.gob.mx>
- Holmgren PK, Holmgren NH & Barnett LC. 1990. *Index herbariorum. Part I: The herbaria of the world*. New York Botanical Garden. New York, United States.
- Martínez-Ramírez E, Doadrio-Villarejo I & de Sostoa-Fernández A. 2004. Peces continentales, páginas 357-373. En García-Mendoza AJ, Ordóñez MJ & Briones-Salas M (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Found. México.
- Martorell C & Peters EM. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects

- on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biol Conserv* **124**:199-207.
- Méndez-Larios I, Ortiz O & Villaseñor JL. 2004. Las Magnoliophyta endémicas de la porción xerofítica de la provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional de México, Serie Botánica* **75**:87-104.
- Nason JD, Hamrick JL & Fleming TH. 2002. Historical vicariance and postglacial colonization effects on the evolution of genetic structure in *Lophocereus*, a Sonoran Desert columnar cactus. *Evolution* **56**:2214-2226.
- Nobel PS. 2002. Physiological ecology of columnar cacti, páginas 189-204. En Fleming TH & Valiente-Banuet A (eds.). Columnar cacti and their mutualists. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. United States.
- Ortiz-Pérez MA, Hernández-Santana JR & Figueroa Mah-Eng J. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico, páginas 43-54. En García-Mendoza AJ, Ordóñez MJ & Briones-Salas M (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Found. México.
- Peters EM, Martorell C & Ezcurra E. 2008. Nurse rocks are more important than nurse plants in determining the distribution and establishment of globose cacti (*Mammillaria*) in the Tehuacán Valley, Mexico. *J Arid Environ* **72**:593-601
- Reyes J. 1993. Estudio florístico y fitogeográfico en el municipio de San Juan Mixtepec, distrito de Juxtaluaca, Oaxaca, Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, Los Reyes Iztacala, Estado de México. México.
- Reyes J, Brachet C, Pérez J & Gutiérrez A. 2004. *Cactáceas y otras plantas nativas de la Cañada, Cuicatlán, Oaxaca*. Sociedad Mexicana de Cactología, Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Biología, UNAM. D.F. México.
- Rzedowski J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Act Bot Mex* **14**:3-21
- Rzedowski J. 2006. *Vegetación de México*. Primera edición digital. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. D.F. México.
- Sánchez-Mejorada H. 1979. Observaciones sobre la distribución altitudinal de algunas cactáceas de la Sierra Madre Occidental. *Cact Suc Mex* **24**:31-34.
- Torres-Colín R. 2004. Tipos de vegetación, páginas 105-112. En García-Mendoza AJ, Ordóñez MJ & Briones-Salas M (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Found. México.
- Tovar RH. 2005. Morfología y distribución de las cactáceas en el paisaje complejo de Nizanda (Oaxaca), México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. D.F. México.
- Valiente-Banuet A, Casas A, Alcántara A, Dávila P, Flores-Hernández N, Arizmendi M, Villaseñor JL & Ortega-Ramírez J. 2000. La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Bol Soc Bot Méx* **67**:24-74.
- Véliz M. 2008. *Las cactáceas de Guatemala*. FONACON, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Recibido: abril 2010; aceptado: julio 2010.
Received: April 2010; Accepted: July 2010.

Características poblacionales de *Pachycereus weberi* y su relación con polinizadores en la comunidad de Dominguillo en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca.

Martínez-Peralta Concepción^{1*}, Mancilla Rosa¹, Altamirano-Vázquez Hugo G² & Aguilar-Morales Gisela¹

Resumen

En este estudio analizamos algunos aspectos poblacionales y reproductivos de *Pachycereus weberi* en el Valle de Tehuacán. Registramos la densidad de individuos, la vegetación acompañante, la morfología y fenología floral y la identidad de los polinizadores. La principal especie acompañante fue *Mimosa* sp. y la densidad promedio de *P. weberi* fue de 322 ind/ha. El 46% de los individuos presentaron estructuras reproductivas, principalmente los individuos de mayor tamaño. La antesis fue nocturna y diurna, y los máximos de cantidad y concentración del néctar coinciden con los de apertura floral; el polinizador principal fue el murciélago *Leptonycteris curasoae*. Los aspectos poblacionales y reproductivos son similares a los reportados para otros cactus columnares. La semejanza en los aspectos florales refuerza la asociación mutualista de las especies columnares con los murciélagos nectarívoros; sin embargo, la conducta floral sugiere que visitantes diurnos pueden ser también polinizadores.

Palabras clave: cobertura, densidad, *Leptonycteris curasoae*, *Pachycereus weberi*, polinización, Puebla.

Abstract

We analyzed several population and reproductive aspects of *Pachycereus weberi* in the Tehuacán Valley. We registered population density, associate vegetation, floral morphology, floral phenology and pollinators' identity. The main associated plant was *Mimosa* sp. and the mean density of *P. weberi* was 322 ind/ha. 46% of the individuals showed reproductive structures, in particular those from the highest size categories. Anthesis was mainly nocturnal, but flowers open also several hours in the morning. Both highest nectar production and sugar concentration corresponded to the widest perianth aperture; the main pollinator was the lesser long-nosed bat, *Leptonycteris curasoae*. The population and reproductive aspects found are similar to those found in other columnar cacti. This similarity in the floral aspects supports the mutualism between columnar cacti and nectarivorous bats; however, floral anthesis suggests the possible participation of diurnal pollinators at a lower degree.

Key words: cover, density, *Leptonycteris curasoae*, *Pachycereus weberi*, pollination, Puebla.

¹ Laboratorio de Genética y Ecología, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 México, D.F.

² Lab. Ecología y Taxonomía Vegetal, CBS, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calz. del Hueso 1100, 04960 México, D.F.

* Autor de correspondencia: cmartinez@ecologia.unam.mx

Introducción

México cuenta con una riqueza florística y faunística enorme, que ha sido posible debido a factores geográficos, climáticos y topográficos, favoreciendo el establecimiento de diferentes tipos de animales y plantas (Rodríguez 1990). Ejemplo de lo anterior es la familia Cactaceae, para la cual México ostenta un porcentaje de endemismo a nivel de especie del 78% (Hernández & Godínez 1994). Una de las zonas más importantes de diversidad y endemismo de cactáceas, en el país, es el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Dávila-Aranda *et al.* 2000). Debido al aislamiento en que se desarrolla la vegetación en esta zona y a la variedad climática, de 2703 especies de flora el 30% son endémicas, entre ellas los cactus *Polaskia chende* Roland-Gosselin, *Mammillaria zephyranthoides* Scheidweiler y *Ferocactus flavovirens* Scheidweiler, por mencionar algunos (Rzedowski 1978; Dávila *et al.* 1993). En los bosques de cactáceas columnares de Zapotitlán, incluido dentro del Valle, se han llegado a contar hasta 1650 individuos por hectárea, siendo la densidad conocida, para cactus columnares, más alta del país (Valiente-Banuet *et al.* 1997).

Uno de los componentes del éxito reproductivo de las plantas es la interacción con sus polinizadores, pues de éstos depende la transferencia de polen entre flores e individuos (Richards 1986). Las características florales pueden indicar que existe una fuerte asociación entre la morfología y fenología florales y los polinizadores, esta asociación es conocida tradicionalmente como síndrome de polinización (Richards 1986); no obstante, otros visitantes florales pueden formar parte del sistema y ser polinizadores a su vez (Johnson & Steiner 2000). Otro

de los componentes del éxito reproductivo de una población de plantas es también su propia estructura y densidad. La cantidad de flores y el éxito en la producción de frutos y semillas depende en distinta medida, dependiendo de la especie y su sistema de cruce (Neal & Anderson 2005; Silvertown & Dodd 1997), de la forma espacial y temporal de la floración, *i.e.* si hay muchos individuos y de qué tamaño, si el tamaño tiene relación con la cantidad de flores que se producen por individuo y/o la sincronía con la cual se producen, si el espaciamiento entre individuos es el óptimo para el forrajeo de los polinizadores y maximiza la tasa de visitas o si está por debajo o por encima de dicha densidad (Silvertown & Lovett-Doust 1993; Barret *et al.* 1997).

Dentro de las cactáceas, la tribu *Pachycereeae* presenta flores cuyo síndrome de polinización sugiere una asociación mutualista con murciélagos nectarívoros: color blanco amarillento o verde pálido, pétalos resistentes, gran cantidad de anteras y de polen y antesis nocturna. Una de las especies en la tribu es *Pachycereus weberi* (Coulter) Backeberg, planta candelabroforme, con ramas masivas, cuyos tallos presentan de 8 a 10 costillas. Las flores, de color blanco amarillento, se presentan en las areolas laterales de los tallos y tienen antesis diurna y nocturna. Se distribuye en Puebla, Oaxaca y Guerrero; donde recibe los nombres comunes de candelabro, cardón o chico (Anderson 2001; Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1978). Esta especie fructifica de manera secuencial a lo largo del año y produce la mayor parte de la fruta disponible en el Valle de Tehuacán (Rojas-Martínez *et al.* 1999) (Fotos 1 y 2).

El objetivo del presente trabajo fue conocer la estructura de la población de *P.*

weberi en Dominguillo, Puebla, dentro de la Reserva del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, estimar la densidad de individuos, así como la vegetación asociada a este cacto. También se determinaron aspectos reproductivos como la marcha floral, la producción y concentración de néctar, algunos caracteres morfológicos de la flor, así como la identidad de los visitantes florales.

Material y métodos

Sitio de estudio. El presente trabajo fue realizado en febrero de 2003, en la comunidad de Dominguillo (7°40'59" N y 96° 54'21" S) ubicada en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, en el estado de Puebla. La reserva se localiza en el extremo sureste del estado de Puebla y al noreste de Oaxaca entre 17°39' - 18°53" N y 96° 55' - 97°44". La superficie que cubre es de 490 186 ha y su altitud varía de los 600 a los 2950 msnm (Diario Oficial de la Federación 1998). La temperatura media anual en el Valle de Tehuacán varía entre los 18 a 22 °C aumentando a 24.5 °C en Cuicatlán (INEGI 1981).

Estructura de la población. Para conocer la densidad de la población se registraron todos los individuos de *Pachycereus weberi* en dos cuadrantes (50x50m y 50x10m). La categorización de individuos se realizó a partir de la altura: 30cm-1m plántulas, 1-6m juveniles, 6-8m maduros, y 8-15m adultos. De todos los individuos se registró la presencia de estructuras florales, para así conocer el tamaño reproductivo de *P. weberi*.

Vegetación asociada. Para conocer la abundancia y tipo de la vegetación se midió la cobertura de todas las plantas perennes dentro de los cuadrantes y se calculó la cobertura relativa por cada una de las morfoespecies identificadas (Dávila *et al.* 1993).

Morfología floral, néctar y visitantes florales. Para obtener la morfología floral, se colectaron 5 flores de 35 individuos cada 2 horas en un lapso de 24 horas. De estas flores se midieron los siguientes

parámetros: diámetro de la corola, diámetro del estigma, volumen de néctar, concentración de néctar, número de óvulos, número de granos de polen y viabilidad de polen (Foto 3). Los diámetros de la corola y el estigma se midieron con vernier. El volumen de néctar se midió con una micropipeta de 50 ml y la concentración se midió con un refractómetro, el cual indica el porcentaje de glucosa. El número de óvulos y de estambres se obtuvo por flor, y tales cantidades se correlacionaron con el diámetro del estigma. Se midió la proporción de polen viable, tiñendo los granos contenidos en una antera con azul de anilina en lactofenol, de manera que se clasificaron como no viables los granos de polen teñidos de azul claro y como aquéllos viables, los teñidos de azul intenso. Para obtener el número de granos de polen por flor se multiplicaron los granos de polen de una antera por el número total de estambres de la flor. Los visitantes florales fueron estudiados mediante observaciones directas sobre las flores. La determinación del mínimo nivel taxonómico, de los visitantes florales, fue posible utilizando las claves de identificación (Medellín *et al.* 1997; Reid 1997).

Resultados

Como vegetación asociada a *P. weberi* se identificaron 8 morfoespecies, de las cuales las más abundantes fueron *Mimosa* sp., 25% de cobertura y *Fouquieria formosa* 23%, *P. weberi* registró el 11% de la cobertura, y el registro más bajo fue para *Stenocereus stellatus* con un 3% (Fig. 1). El total de individuos registrados de *P. weberi* en ambos cuadrantes fue de 644; en promedio 322 por cuadrante (Fig. 2).

La estructura de tamaños refleja que los individuos de las categorías juvenil, maduros y adultos constituyen el 88.69% del total de la población y sólo un 11.11% son plántulas (Fig. 3).

Salvador Arias



FOTO 1. Vista del Valle de Tehuacán-Cuicatlán donde se aprecia la alta densidad de *Pachycereus weberi*.

Fernando Vite



FOTO 2. Individuo adulto de *Pachycereus weberi* mostrando las estructuras reproductivas.

Salvador Arias



FOTO 3. Flores de *Pachycereus weberi* colectadas para mediciones morfométricas.

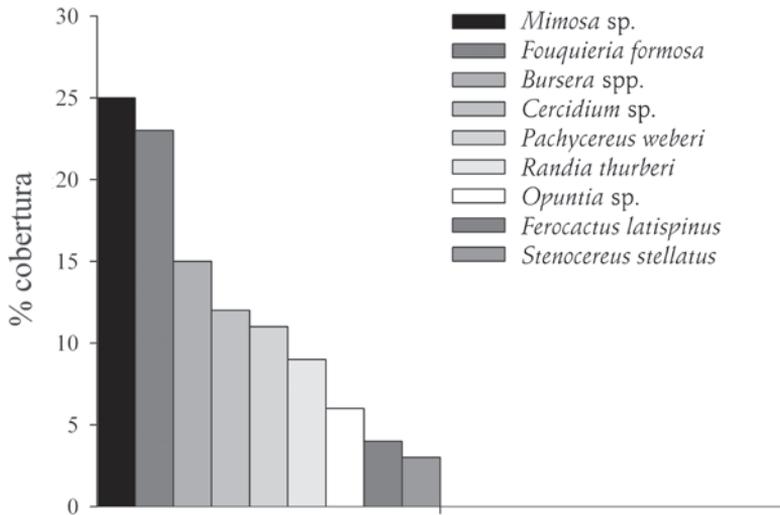


Figura 1. Cobertura relativa de la vegetación acompañante de *Pachycereus weberi* en la comunidad de Dominguillo, Puebla.

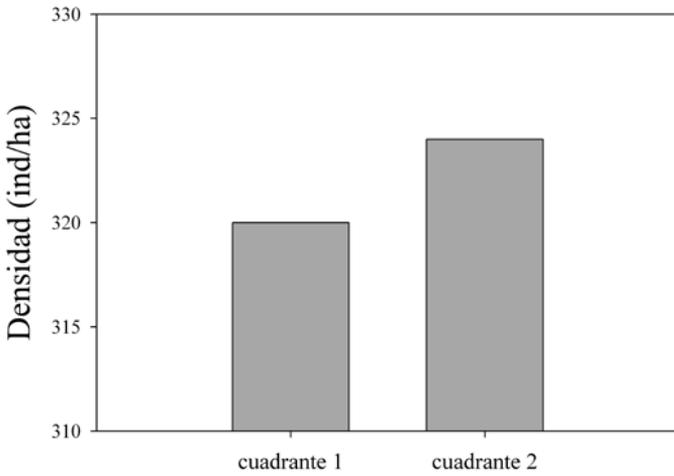


FIGURA 2. Densidad por hectárea de *Pachycereus weberi* en dos cuadrantes en la comunidad de Dominguillo, Puebla.

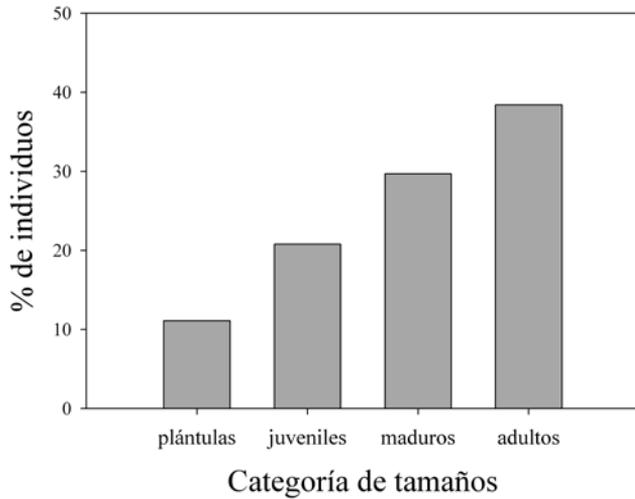


FIGURA 3. Estructura de la población según categorías de tamaño.

La categoría con mayor porcentaje de estructuras florales es la adulta con 26% de individuos con botones y 10% de individuos con flores. La única categoría que no presenta estructuras florales es la de plántulas; esto indica que la fase reproductiva de *P. weberi* inicia a partir de la fase juvenil y es notablemente mayor en la etapa de adultos (Fig. 4).

Las mediciones de la marcha floral indican que la antesis de *P. weberi* es diurna y nocturna, ya que la apertura de la corola inicia a las 19:00 h y el pico más alto de apertura se presenta a las 23:20 h. Este primer pico en la apertura de la corola descendió, subiendo nuevamente entre 6:00 y 9:00 h; finalmente, las flores cierran alrededor de las 15:00 h.

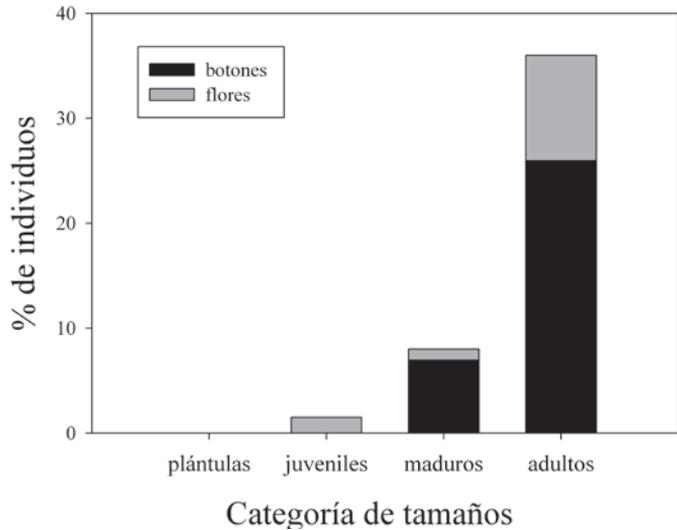


FIGURA 4. Producción de estructuras reproductivas por categoría de tamaño.

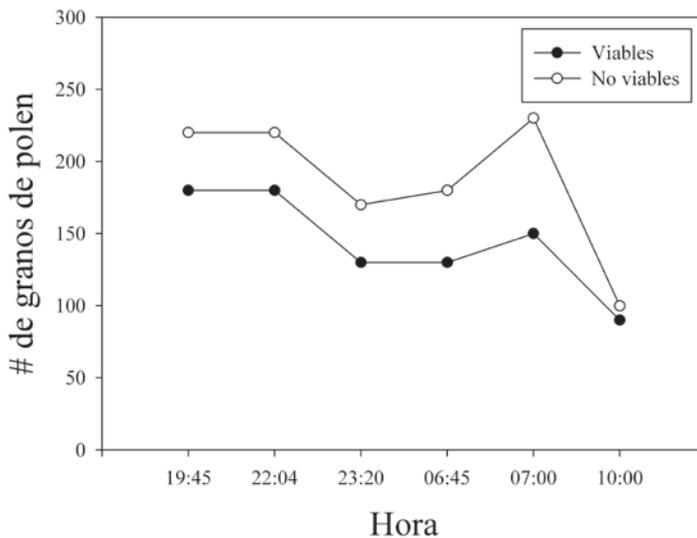


FIGURA 5. Viabilidad de polen por hora en *Pachycereus weberi*.

El número promedio de óvulos por flor es de 933.49, y el número promedio de estambres por flor es de 1772. La cantidad de polen viable y no viable es paralela durante todo el día excepto entre 7:00 y 9:00 h donde hubo una alta cantidad de polen no viable (Fig. 5). Tanto la cantidad

de estambres como la cantidad de óvulos se correlacionaron positivamente con el diámetro del estigma ($r = 0.47$ y $r = 0.996$, respectivamente).

La producción de néctar presenta dos máximos que ocurren cercanos a los dos picos de la antesis; el primero sucede a las



FOTO 4. El murciélago *Leptonycteris curasoae* es el principal polinizador de las flores de *Pachycereus weberi*.

22:04 h, una hora antes del primer pico en la apertura de la antesis, y el otro a las 6:45 h, coincidente con el segundo pico de apertura (Fig. 6a). La máxima concentración de glucosa en el néctar se presenta en el primer pico de antesis, a las 22:04 h, y disminuye gradualmente, hasta llegar a su punto más bajo a las 15:00 h (Fig. 6b). La concentración de glucosa encontrada en el néctar se encuentra en el rango de otros cactus columnares para la parte Sur-Centro de México (Valiente-Banuet *et al.* 1997).

Discusión

La categoría con menor número de individuos es la de plántulas; las categorías mayores son más numerosas. Este patrón en la estructura de tamaños también se observa en otras especies de cactáceas (Godínez-Álvarez & Valiente-Banuet 2004; Clark-

Tapia *et al.* 2005), indicando probablemente altas mortalidades en las categorías más pequeñas y bajo reclutamiento vía semilla, al menos en escala temporal corta (Mandujano *et al.* 2001; Méndez *et al.* 2006). Similar a lo que sucede con otras cactáceas columnares, la fecundidad se incrementa con el tamaño (Esparza-Olguín *et al.* 2005), pues las estructuras reproductivas se desarrollan principalmente en la categoría de adultos; no obstante la producción de estructuras florales puede iniciar en individuos de categorías menores pero en proporción mínima.

De la vegetación acompañante, la especie con mayor cobertura es *Mimosa* sp., la cual podría funcionar como nodriza en las etapas tempranas del establecimiento de *P. weberi*, como se ha demostrado para otros cactus columnares (Valiente-Banuet *et al.* 1991). Además es notable que aunque *P. weberi* es el elemento arboreo más conspicuo

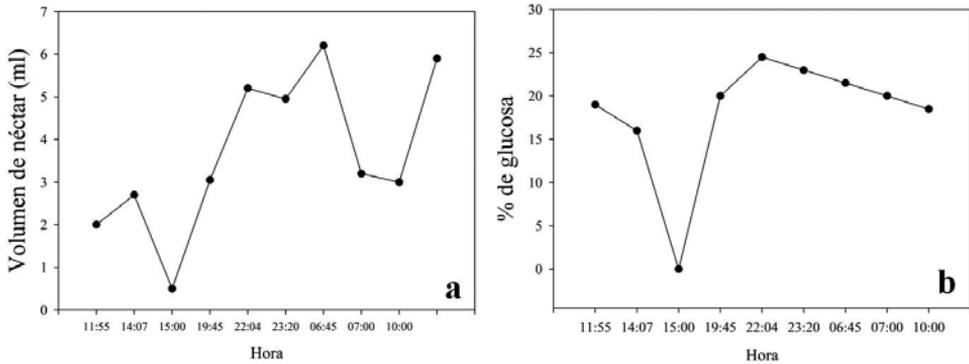


FIGURA 6. Volumen (a) y concentración de néctar (b, % de glucosa) a lo largo de la marcha floral.

por su talla, cuando medido en relación al resto de especies, no es de las de mayor cobertura. Haciendo notar nuevamente que deben existir procesos complejos en el reclutamiento y establecimiento de esta especie.

La cantidad de óvulos y de granos de polen por flor es alta, similar a otras especies de cactus columnares (Nassar *et al.* 1997). Es notable la alta cantidad de granos de polen no viables, lo cual puede presentarse también en otras especies de columnares, sin disminuir notablemente el éxito reproductivo (Mandujano com. pers.). Se presentó una relación de alometría positiva en las flores, entre el número de óvulos y de estambres con el diámetro del estigma, lo cual es indicador de que el sistema hermafrodita morfológico se mantiene funcional, pues en las flores con sistemas dioicos o trioicos (el hermafroditismo no es funcional en todos o algunos de los individuos), la relación alométrica entre tamaño de estigma y número de óvulos y/o estambres se pierde (p. ej. estigmas consistentemente más pequeños en flores masculinas; Márquez-Guzmán com. pers.).

La flor inicia la antesis al anocher y permanece abierta unas horas de la mañana. Esta característica de extender la antesis por la mañana, sugiere que otros visitantes diurnos, como aves y abejas, podrían participar en la polinización (Sahley 1996; Molina-Freaner *et al.* 2004). El polinizador observado fue el murciélago *Leptonycteris curasoae* (Foto 4), especie que también poliniza otros cactus columnares en el mismo valle (Valiente-Banuet *et al.* 1997). Sin embargo, en algunas especies como *Pachycereus pringlei* y *Carnegiea gigantea* en el sur de Estados Unidos, también participan polinizadores diurnos como las abejas y aves (Fleming *et al.* 1998; McGregor *et al.* 1962).

En otras especies de cactáceas columnares, la longevidad de la flor es de un día; sin embargo, en esta especie se observó que la longevidad floral puede ser de hasta 3 días. Esto está ligado probablemente a la polinización, las flores que no han sido polinizadas viven más días que otras en las cuales ya sucedió la polinización (Stead 1992; van Doorn 1997).

Todo este panorama nos indica que el síndrome de polinización por quiroptero-

filia es funcional aunque probablemente la población también tenga un importante aporte en su inversión reproductiva de otro tipo de visitantes. Un trabajo más fino de observación de visitantes y seguimiento de frutos, nos podría permitir entender más claramente la dinámica de la polinización y su interacción con la estructura poblacional de tamaños que mantiene esta población.

Agradecimientos

Agradecemos a los alumnos Judith Amezcua, Fabiola Sandoval, Jazmín Rodríguez y Javier Zamora, así como al Prof. Jordan Golubov de la carrera de Biología de la UAM-X por su colaboración en la colecta de datos de campo. También agradecemos a la Sociedad Mexicana de Cactología a.c. por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

Literatura Citada

- Anderson EF. 2001. *The cactus family*. Timber Press Inc. Portland, Oregon, USA.
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las cactáceas de México*. UNAM. D.F. México.
- Barrett SCH, Harder LD & Worley AC. 1997. The comparative biology of pollination and mating in flowering plants, páginas 57-76. En Silvertown J, Franco M & Harper JL (eds.). *Plant Life Histories. Ecology, phylogeny and evolution*. Cambridge University Press. Reino Unido.
- Clark-Tapia R, Mandujano MC, Valverde T, Mendoza A, Molina-Freaner F. 2005. How important is clonal recruitment for population maintenance in rare plant species?: The case of the narrow endemic cactus, *Stenocereus eruca*, in Baja California, México. *Biol Conserv* **124**:123-132.
- Dávila-Aranda P, Arias-Montes S, Lira-Saade R, Villaseñor JL & Valiente-Banuet A. 1993. Phyteogeography of the columnar cacti (Tribe Pachycereeae) in Mexico: A cladistic approach. 25-41. En TH Fleming & Valiente-Banuet A (eds.). *Columnar cacti and their mutualists: Evolution, ecology, and conservation*. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona, USA.
- Dávila P, Villaseñor JL, Medina R, Ramírez A, Salinas A, Sánchez-Ken J & Tenorio P. 1993. *Listado Florístico del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Listados florísticos VIII. Instituto de Biología, UNAM. D.F. México.
- Diario Oficial de la Federación. 1998. Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biósfera, la región denominada Tehuacán-Cuicatlán ubicada en los estados de Oaxaca y Puebla. D.F., México.
- Esparza-Olguín L, Valverde T & Mandujano MC. 2005. Comparative demographic analysis of three *Neobuxbaumia* species (Cactaceae) with differing degree of rarity. *Pop Ecol* **47**:229-245.
- Fleming TH, Maurice S & Hamrick JL. 1998. Geographic variation in the breeding system and the evolutionary stability of trioecy in *Pachycereus pringlei* (Cactaceae). *Evol Ecol* **12**:279-289.
- Godínez-Alvarez H & Valiente-Banuet A. 2004. Demography of the columnar cactus *Neobuxbaumia macrocephala*: a comparative approach using population projection matrices. *Plant Ecol* **174**:109-118.
- Hernández H & Godínez H. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Bot Mex* **26**:33-52.
- INEGI. 1981. Carta topográfica, 1:250000. Oaxaca E14-9. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática (INEGI). México.

- Johnson SD & Steiner KE. 2000. Generalization versus specialization in plant pollinator systems. *TREE* **15**:140-143.
- Mandujano MC, Montaña C, Franco M, Golubov J & Flores-Martínez A. 2001. Integration of demographic annual variability in a clonal desert cactus. *Ecology* **82**:344-359.
- Martin-Lunas R. 1990. Estado actual de seis especies de cactáceas mexicanas sobrecolectadas y algunos planteamientos de alternativas para su conservación. Tesis Licenciatura. UNAM. D.F., México.
- Mcgregor SE, Alcorn SM & Olin G. 1962. Pollination and pollinating agents of the Saguaro. *Ecology* **43**:259-267.
- Medellín RA, Arita HT & Sánchez O. 1997. *Identificación de los murciélagos de México, clave de campo*. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. D.F., México.
- Méndez M, Dorantes A, Dzib G, Argáez J, Durán R. 2006. Germinación y establecimiento de plántulas de *Pterocereus gaumeri*, una cactácea columnar, rara y endémica de Yucatán, México. *Bol Soc Bot Méx* **79**:33-41.
- Molina-Freaner F, Rojas-Martínez A, Fleming TH & Valiente-Banuet A. 2004. Pollination biology of the columnar cactus *Pachycereus pectin-aboriginum* in north-western México. *J Arid Environ* **56**: 117-127.
- Nassar JM, Ramírez N & Linares O. 1997. Comparative pollination biology of Venezuelan columnar cacti and the role of nectar-feeding bats in their sexual reproduction. *Am J Bot* **84**:918-927.
- Neal PR & Anderson GJ. 2005. Are 'mating systems' 'breeding systems' of inconsistent and confusing terminology in plant reproductive biology? or is it the other way around? *Plant Syst Evol* **250**:173-185.
- Reid FA. 1997. *A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford University Press, New York.
- Richards AJ. 1986. *Plant breeding systems*. G. Allen. London, England.
- Rojas-Martínez AE, Valiente-Banuet A, Arizmendi MC, Alcántara-Eguren AT & Arita HT. 1999. Seasonal distribution of the long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in North America: does a generalized migration pattern really exist? *J Biogeog* **26**:1065-1077.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México.
- Sahley CT. 1996. Bat and hummingbird pollination of an autotetraploid columnar cactus, *Weberbauerocereus weberbaueri* (Cactaceae). *Amer J Bot* **83**:1329-1336.
- Silvertown J & Lovett-Doust J. 1993. *Introduction to plant population biology*. Blackwell scientific publications. Oxford.
- Silvertown J & Dodd M. 1997. Comparing plants and connecting traits, páginas 3-16. En Silvertown J, Franco M & Harper JL (eds.). *Plant Life Histories. Ecology, phylogeny and evolution*. Cambridge University Press. Reino Unido.
- Stead AD. 1992. Pollination-induced flower senescence: a review. *Plant Growth Reg* **11**:13-20.
- Valiente-Banuet A & Ezcurra E. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacán Valley, Mexico. *J Ecol* **79**:961-971.
- Valiente-Banuet A, Rojas-Martínez A, del Corral Arizmendi M & Dávila P. 1997. Pollination biology of two columnar cacti (*Neobuxbaumia mezcalaensis* and *Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley, Central Mexico. *Am J Bot* **84**:452-455.
- van Doorn WG. 1997. Effects of pollination on floral attraction and longevity. *J Exp Bot* **48**:1615-1622.

Sedum oxypetalum Kunth



Sedum oxypetalum (Crassulaceae) es un arbusto que habita en matorrales pedregosos del Eje Neovolcánico Transversal, donde es endémico. Como a la mayoría de las crasuláceas, comúnmente se le conoce como “siempreviva”. Esta especie mide entre 50 cm y 1 m de altura, su tronco principal es de porte erecto, succulento y exfoliante, que puede medir hasta 15 cm de diámetro. El tallo principal se ramifica en ramas delgadas y papilosas que se dividen dicotómicamente. Las hojas son papilosas, de oblanceoladas a obovadas con ápice redondeado, de 8–15 mm de largo por 5–10 mm de ancho, las cuales se pierden después de la época de floración; cuando esta especie pierde sus hojas, es fácil que se le confunda con *S. frutescens*, ya que la apariencia del tallo es similar en ambas especies. Las inflorescencias son en forma de cima terminal, y cuenta con flores pentámeras, sépalos desiguales, pétalos lanceolados de color rojizo, filamentos rosa y anteras rojas, nectarios amarillos y pistilos de verde-amarillentos a café-rojizos; a menudo las flores están ligeramente perfumadas. La floración en campo generalmente entre agosto y octubre. La polinización es realizada por abejas (melitofilia). El periodo de fructificación ocurre entre octubre y enero. El fruto es un folículo que posee numerosas semillas pequeñas y reticuladas, de 0.6×0.8 mm, las cuales son dispersadas por el viento. Como en muchas especies del género *Sedum*, esta especie tiene una gran capacidad de propagarse vegetativamente gracias a la producción de raíces adventicias a partir de sus ramas fragmentadas. Según el Códice Badiano, *S. oxypetalum* se utilizaba para la desinflamación de las mejillas y como loción en caso de quemaduras.

Martínez Villegas Jorge A.
Laboratorio de Ecología Fisiológica. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
jorge_aiolos@yahoo.com.mx