

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas



VOLUMEN 59 No. 3

JULIO - SEPTIEMBRE 2013

ISSN 0526-717X

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 59 No. 3
Julio-septiembre 2013

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

Horticultura
Dr. Candelario Mondragón Jacobo, INIFAP
Dr. Elhadi Yahia
Universidad Autónoma de Querétaro

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
Dr. John Rebman
Museo de Historia Natural, San Diego

Editores
Dr. Jordan Golubov
UAM-Xochimilco
Dra. María C. Mandujano Sánchez
Instituto de Ecología, UNAM
Dr. Humberto Suzán Azpiri
Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, campus Juriquilla

Asistente editorial
M. en C. Mariana Rojas Aréchiga
Instituto de Ecología, UNAM
Dra. Guadalupe Malda Barrera
Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, campus Juriquilla

Diseño editorial y versión electrónica
Palabra en Vuelo, SA. de CV

Impresión
Impresora Múltiple SA de CV
Se imprimieron 1000 ejemplares, junio de 2013

SOCIEDAD MEXICANA DE CACTOLOGÍA, AC

Presidenta Fundadora
Dra. Helia Bravo-Hollis †

Presidente
Christian Brachet Ize

Vicepresidente
Alberto Pulido Aranda

Tesorera
Roxana Mondragón Larios

Vocal
Araceli Gutiérrez de la Rosa

Fotografía de portada:
Mammillaria pectinifera
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, AC Aptdo. Postal 19-090, San José Insurgentes, 03901, México, D.F.

socmexact@yahoo.com

www.somecacto.com

Consulta de normas editoriales y revistas en texto completo:

www.ecologia.unam.mx/laboratorios/dinamica_de_poblaciones/cac-sucmex/cacsucmex_main.html

La Sociedad Mexicana de Cactología, AC agradece la coedición y el financiamiento de esta publicación a los fondos aportados por la Universidad Autónoma de Querétaro.



CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 59 No. 3 julio-septiembre 2013



Contenido

- Dinámica poblacional de *Mammillaria pectinifera*, en el municipio de Santa Clara Huitziltepec, Puebla, México**
Deméneghi Calatayud AP, Navarro Carbajal MC & Saldivar Sánchez S....68
- Comportamiento germinativo de semillas de *Yucca filifera* Chabaud con diferentes periodos de almacenamiento**
Cambrón-Sandoval VH, Malda-Barrera G, Suzán-Azpiri H & Díaz-Salim JF 82
- Praxis médica vegetal**
Desarrollo de una prótesis para *Neobuxbaumia polylopha* (DC.) Backeb. (Cactaceae) afectada por secuelas de la necrosis producida por *Pseudomonas corrugata* Roberts & Scarlett
Sánchez Martínez E, Ruiz Campos G, Martínez Romero R, Hernández Martínez MM & Maruri Aguilar B 89
- Mammillaria crucigera* Mart.**
Salomé Díaz AJ 96

Contents

- Population dynamics of *Mammillaria pectinifera* in the municipality of Santa Clara Huitziltepec, Puebla, Mexico**
Deméneghi Calatayud AP, Navarro Carbajal MC & Saldivar Sánchez S.... 68
- Germination of seeds of *Yucca filifera* Chabaud with different storage periods**
Cambrón-Sandoval VH, Malda-Barrera G, Suzán-Azpiri H & Díaz-Salim JF 82
- Medical plant praxis**
Development of a prosthesis for *Neobuxbaumia polylopha* (DC.) Backeb. (Cactaceae) affected by the necrosis caused by *Pseudomonas corrugata* Roberts & Scarlett
Sánchez Martínez E, Ruiz Campos G, Martínez Romero R, Hernández Martínez MM & Maruri Aguilar B 89
- Mammillaria crucigera* Mart.**
Salomé Díaz AJ 96

Dinámica poblacional de *Mammillaria pectinifera*, en el municipio de Santa Clara Huitziltepec, Puebla, México

Deméneghi Calatayud Ana Paulina¹; Navarro Carbajal María del Carmen^{1*} & Saldivar Sánchez Sandra¹

Resumen

Mammillaria pectinifera es una cactácea endémica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán; catalogada como amenazada en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010). En este estudio se evaluaron los parámetros demográficos de una población de esta especie en Santa Clara Huitziltepec, Puebla. La densidad resultó igual a 0.223 individuos/m²; los juveniles constituyeron la mayor proporción y las plántulas II la menor. El 69.14% de los individuos permanecieron durante el período de estudio. La época reproductiva ocurrió de noviembre a abril, los frutos fueron escasos y en promedio producen 18.27 ± 0.53 semillas. La permanencia de los individuos es el factor que más contribuye a la tasa de crecimiento poblacional ($\lambda=0.82 \pm 0.02$), este valor sugiere que la población tiende a disminuir.

Palabras clave: Cactaceae, elasticidad, germinación.

Abstract

Mammillaria pectinifera is an endemic cactus of Tehuacán-Cuicatlán Valley; catalogued as threatened in the Oficial Mexican Norm (NOM-059-SEMARNAT-2010). In this study, the demographic parameters of a population of this species in Santa Clara Huitziltepec, Puebla, were evaluated. The density resulted equal to 0.223 individuals/m²; the juveniles constituted the major proportion and the seedlings II the minor and 69.14% of the individuals remain during the period of study. The reproductive season occurred from November to April, the fruits were scarce and they produce in average 18.27 ± 0.53 seeds. The individuals survival is the factor that contributes the most to the growth population rate ($\lambda=0.82 \pm 0.02$), this value suggests that the population tends to decrease.

Key words: Cactaceae, elasticity.

Introducción

Los estudios ecológicos que involucran aspectos demográficos proporcionan un panorama general del estado actual de

conservación de las poblaciones y se han realizado principalmente en especies registradas en la categoría de amenazadas, entre ellas varias del género *Mammillaria* (López-Villavicencio 1999; Quijas 1999; Contreras 2000; Valverde *et al.* 2004; Valverde *et al.*

Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio. Edificio 112-A, Ciudad Universitaria. Colonia Jardines de San Manuel. Puebla, Pue. México. C. P. 72570

*Autor de correspondencia: maria.navarro@correo.buap.mx

2006; Avendaño 2007; Ramos 2007; Rojas-Aréchiga & Arias 2007; Peters 2008; Ferrer *et al.* 2011). Ante la creciente pérdida de calidad de hábitats y fragmentación de los paisajes naturales, el estudio de los parámetros demográficos ha sido una herramienta eficaz para comprender cómo la pérdida o mal funcionamiento de procesos de los ecosistemas modifican la estructura de las poblaciones y las consecuencias de estos cambios a lo largo del tiempo (Martorell & Peters 2009).

En Puebla se localizan algunas regiones con alta diversidad de cactáceas, donde el Valle de Tehuacán-Cuicatlán es sobresaliente (Arias-Montes 1993). *Mammillaria pectinifera* es endémica de ésta región (Arias *et al.* 1997) y se distribuye en unas cuantas localidades en la zona Este del estado (Zavala-Hurtado & Valverde 2003), en los municipios de Tecamachalco, San Antonio Texcala, Nicolás Bravo y Tepeaca (Vázquez 2005); está catalogada en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) como amenazada (DOF 2010), a pesar de que en los últimos años se ha generado una propuesta para su protección y conservación donde se recomienda que *M. pectinifera* debe ser considerada como especie en peligro de extinción (Valverde *et al.* 2009).

M. pectinifera ha sido objeto de estudios ecológicos, que se han llevado a cabo en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán; se ha realizado una evaluación del estado ecológico (Valverde & Zavala-Hurtado 2006), del riesgo de extinción de la especie (Valverde *et al.* 2009), así como del efecto del disturbio en sus poblaciones (Martorell & Peters 2005) la información ha revelado que sus poblaciones presentan serios riesgos de extinción, debido principalmente a la colecta intensiva con fines comerciales, a que ocupa un hábitat

muy restringido y a la degradación del hábitat donde se desarrolla (Zavala-Hurtado 1997; Rodríguez & Ezcurra 2000; Peters & Martorell 2001; Zavala-Hurtado & Valverde 2003; Martorell & Peters 2005; Valverde & Zavala-Hurtado 2006; Valverde *et al.* 2009). Igual que otras cactáceas, presenta limitada capacidad de dispersión, bajo reclutamiento, tasa de crecimiento poblacional negativa y lento crecimiento de los individuos; lo que ha generado un decremento de sus poblaciones, por lo que se considera como una especie con alta vulnerabilidad biológica (Valverde *et al.* 2009).

Se ha sugerido que debido a la especificidad de hábitat *M. pectinifera* se distribuye en 11 localidades (Azumbilla, Coapan, El Riego, Frontera, Nicolás Bravo, Nopala, Tecamachalco, Teontepec, Teteletitlán, Texcala, Zapotitlán) del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Peters & Martorell 2001; Valverde *et al.* 2009). En virtud de que no se tenía conocimiento de la existencia de la población de la especie en un área que no pertenece al Valle de Tehuacán-Cuicatlán; se realizó el presente estudio con el propósito de describir los parámetros demográficos de *M. pectinifera* y estimar la tasa de crecimiento poblacional por medio de la matriz de transición de Lefkovitch en Santa Clara Huitziltepec, Puebla.

Material y métodos

Especie de estudio. *Mammillaria pectinifera* F.A.C. Weber. Es una cactácea globosa, de aproximadamente 3 cm de diámetro, presenta tubérculos cónicos y lateralmente comprimidos se encuentran ordenados en 8 y 13 series espiraladas, en cada aréola hay de 20 a 40 espinas radiales, de color blanco, cortas y pectinadas, las cuales ocultan el tallo de la planta (Foto 1). Las flores son campanuladas,

miden alrededor de 1 cm de diámetro y casi siempre son de color rosa pálido. El fruto es oblongo, de 4 a 6 mm de longitud, de color blanco, madura de 3 a 4 meses después de que las flores son polinizadas, la parte apical del fruto se seca y cae en una o dos semanas, mientras que la parte basal, en la cual se contiene la mayor parte de las semillas, permanece escondida en una cavidad relativamente profunda entre los tubérculos (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991).

Sitio de estudio. El trabajo se realizó de diciembre de 2007 a abril de 2009 en el cerro "Ahuayo" en el municipio de Santa Clara Huitziltepec, localizado entre 18° 45' 06" y 18° 51' 06" Norte y 97° 55' 00" Oeste, en la parte central del estado de Puebla. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano y temperatura media anual entre 12 y 18 °C, predomina el matorral crasicaule asociado a subierme y presenta vegetación secundaria arbustiva (INEGI 2000).

Trabajo en campo. En la parte sureste del cerro se delimitó un polígono que contenía a los individuos de la población con un área aproximada de 420 m² donde se marcaron todas las plantas del sitio con etiquetas de aluminio para estimar la densidad; se les midió el diámetro con un vernier digital (precisión 0.1 mm) y fueron incluidas en seis categorías (Cuadro 1). No fue necesario realizar una búsqueda exhaustiva de los individuos pequeños (< 0.7 cm) dado que generalmente se encontraban cercanos a las plantas de mayor tamaño.

El crecimiento se determinó por medio de la producción de nuevas aréolas y la medición del diámetro de los individuos. La supervivencia fue evaluada mediante el número de individuos de cada categoría que permanecieron en el sitio de estudio durante el período de observación (diciembre de 2007 a diciembre de 2008). Ambas variables se registraron trimestralmente.

Debido a la inexistencia de semillas de la especie en la localidad durante diciembre de

2007 a diciembre de 2008, no fue posible realizar una evaluación de la germinación, ni del posible establecimiento de las plántulas en el hábitat ni en invernadero.

Para describir la fenología, durante la época reproductiva se contabilizaron semanalmente el número de botones, flores y frutos, clasificándolos en seis etapas fenológicas (Fig. 1). En abril de 2009; de los individuos reproductivos fueron colectados aleatoriamente 30 frutos, a los que posteriormente en el laboratorio se les extrajeron las semillas para estimar la producción promedio por fruto.

Los tamaños de las plantas observadas en el sitio de estudio estaban fuera del rango de 0.01 a mayores de 20 mm propuesto por Valverde & Zavala-Hurtado (2006); las categorías fueron establecidas de manera arbitraria, por la observación del tamaño (cm) y estado (fenología), el análisis demográfico se realizó con los datos de supervivencia, fecundidad, crecimiento y retrogresión de los individuos de la población y se construyó una matriz de transición de Lefkovitch. Mediante el modelo $N(t + 1) = A n(t)$; donde A constituye una matriz cuadrada y n es el vector que representa el número de individuos en cada categoría del tiempo t al tiempo $t + 1$.

Los datos se dispusieron en una matriz de $m \times m$, donde m (= 6) es el número de filas y columnas considerados. Cada valor a_{ij} de la matriz A es la probabilidad de transición de una clase a otra i en un año. Los valores de la primera fila representan la contribución de cada clase j a la fecundidad estimada como el promedio de semillas producidas por individuo para cada categoría de tamaño. Los elementos de la diagonal principal (a_{ij} , con $i=j$) indican la probabilidad de permanencia de los individuos en la misma clase (estasis). Los valores de la diagonal inferior (a_{ij} , con $i - 1=j$) son las probabilidades de transición, en un año, a partir de una clase a la siguiente (crecimiento), mientras que los del extremo superior diagonal (a_{ij} , con $i + 1=j$) son las probabilidades de que un

CUADRO 1. Categorías de diámetro de los individuos de *Mammillaria pectinifera* en Santa Clara Huitziltepec, Puebla.

Categoría de tamaño		Diámetro (cm)
I	Plántula II	0.3-0.7
II	Juvenil I	0.7- 1.2
III	Juvenil II	1.2-1.7
IV	Juvenil III	1.7-2.5
V	Adulto I	2.5-3.5
VI	Adulto II	3.5-4.6

organismo pase de una clase a otra más pequeña (retrogresión; Caswell 2001).

Con la iteración de la matriz se evaluó la tasa de crecimiento poblacional (λ) y los vectores \mathbf{v} y \mathbf{w} , los cuáles proporcionan una estimación de la distribución estable y del valor reproductivo (Caswell 2001). Se realizó un análisis de sensibilidad para predecir la importancia relativa de las diferentes transiciones para la manutención de λ y uno de elasticidad para medir la contribución de cada uno de los elementos de la matriz (permanencia, crecimiento, fecundidad y retrogresión) al cambio proporcional de λ (Silvertown et al. 1993).

La tasa de crecimiento poblacional (λ), el valor reproductivo (\mathbf{w}) y la distribución estable (\mathbf{v}); así como el análisis de sensibilidad y elasticidad se evaluaron con el programa RAMAS Eco Lab ver. 2. La distribución estable de tamaño fue comparada con la distribución observada con una prueba de Bondad del Ajuste de Chi cuadrada (Zar 2010) y para estimar el intervalo de confianza de λ se usó el método analítico (Caswell 2001).

Resultados

En Santa Clara Huitziltepec se localizaron 94 individuos de *Mammillaria pectinifera* en la población, constituida en su totalidad por individuos solitarios. En el sitio de

estudio, la densidad estimada resultó igual a 0.223 individuos/m².

La distribución de los individuos por categorías de tamaño en la población, mostró que las plántulas II y los adultos II son escasos (5.32 y 2.13% respectivamente); mientras que, los más abundantes fueron los juveniles III (36.17%; Fig. 2).

Las plantas presentaron un incremento promedio de 2.29 ± 0.11 aréolas/año (\pm EE); en contraste el diámetro promedio para la población fue de 0.09 ± 0.03 cm/año, el mayor incremento ocurrió en junio (0.31 ± 0.1 cm).

Se registró una supervivencia del 69.14% del total de individuos de la población, debido a que 29 ya habían desaparecido en el último trimestre (septiembre-diciembre 2008) época en la que las plantas son muy llamativas debido al inicio de la floración (algunos ejemplares fueron utilizados para adornar el atrio de la iglesia de la comunidad); además se observó la presencia de ganado caprino que generaba la muerte de los individuos al ser pisoteados o ramoneados. Al concluir el año de muestreo, los valores más altos se presentaron en los juveniles (73.53 - 81.25%); a diferencia de los adulto I y II de los cuales sólo permanecieron 45 y 50% respectivamente (Fig. 3).

La etapa reproductiva en *M. pectinifera* sucedió de noviembre de 2008 a abril de 2009. El número de botones aumentó en

FOTO 1. Ejemplar de *Mammillaria pectinifera*, en su hábitat natural.

diciembre y el de las flores en enero. Se observó que los frutos maduraron después de tres meses y el máximo número de ellos se presentó en abril. Las plantas pertenecientes a la categoría juvenil III generaron el mayor porcentaje de botones (52.13), flores (57.89), frutos (45.45) y semillas (47.01).

El diagrama de flujo numérico para los eventos fenológicos mostró que la proba-

bilidad de transición de botones a flores es alta (0.97), no obstante son pocas las flores que se desarrollan a fruto; sin embargo una vez formados logran madurar en su totalidad (Fig.4); cada fruto produce en promedio 18.27 ± 0.53 semillas.

El modelo del ciclo de vida mostró que a excepción de los adultos II, todas las categorías presentaron transiciones a la catego-

CUADRO 2. Valores estimados en la matriz de transición para la población de *Mammillaria pectinifera* en Santa Clara Huitziltepec, Puebla. $A = \{a_{ij}\}$, fecundidad (primera fila), permanencia (diagonal principal) y crecimiento (subdiagonal). w : estructura estable de tamaños; v : valor reproductivo. PII: Plántula II, JI: Juvenil I, JII: Juvenil II, JIII: Juvenil III, AI: Adulto I, AII: Adulto II.

Categorías en n_{t+1}	Categoría en n_t						w	v
	PII	JII	JIII	AI	AII			
PII	0	0	0.11	0.08	0.06	0	0.090	1
JII	0.4	0.53	0	0	0	0	0.122	1.27
JIII	0.2	0.24	0.690	0.03	0	0	0.416	1.57
JIII	0	0	0.13	0.65	0.05	0	0.321	0.81
AI	0	0	0	0.06	0.45	0	0.051	0.26
AII	0	0	0	0	0	0.5	0	0



Sandra Saldivar.

FIGURA 1. Esquema de la clasificación de las etapas fenológicas de los individuos de *Mammillaria pectinifera*. B₁: Botón dentro de los tubérculos, B₂: Botón fuera de los tubérculos, F₁: Flor en anthesis, F₂: Flor seca, Fr₁: Fruto inmaduro y Fr₂: Fruto maduro.

ría inmediata con probabilidades inferiores a 0.25. Las mayores corresponden con la permanencia (0.4-0.69). El valor más alto de fecundidad (0.07) lo presentaron los individuos de la categoría juvenil II. (Fig. 5; Cuadro 2). La regresión ocurrió en los juvenil III y adultos I en baja proporción (0.03 y 0.05 respectivamente).

La tasa de crecimiento poblacional estimada para *M. pectinifera* fue menor a la unidad ($\lambda = 0.82 \pm 0.02$). La estructura estable (w) predice un mayor porcentaje de juveniles II (41.6%) y plántulas (9%) lo cual difiere con la estructura encontrada en el sitio de estudio ($\chi^2 = 70.719$, $g.l. = 5$, $P < 0.05$), donde éstas categorías están menos representadas y existe un mayor porcentaje de juveniles III y adulto I (Fig. 6).

La permanencia mostró valores de sensibilidad mayores a los del crecimiento y la fecundidad. El valor más alto (0.55) co-

responde a los juveniles II (Cuadro 3). De manera similar, al considerar la elasticidad por proceso demográfico la permanencia es el parámetro que tiene una mayor contribución a la tasa de crecimiento poblacional (77.84%), seguido del crecimiento (12.72%) y la fecundidad (7.67%); en la matriz, los valores más altos se presentaron en las entradas de permanencia (0.006-0.46). Los de fecundidad varían entre 0.003-0.04, mientras que los más bajos se observaron en la retrogresión (Cuadro 4).

Discusión

Se ha sugerido que las densidades encontradas en algunas poblaciones de cactáceas dependen de factores específicos (tipo de hábitat, vegetación de la zona, sequedad del medio, depredación, actividades antropogénicas) donde se han establecido

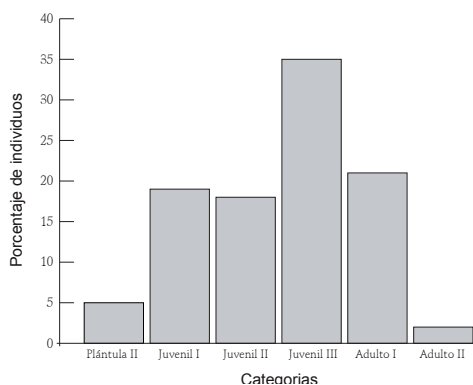


FIGURA 2. Porcentaje de individuos presentes en cada categoría de tamaño de la población de *Mammillaria pectinifera* observada en Santa Clara Huitziltepec, Puebla. N = 94.

dichas poblaciones (Nobel *et al.* 1992); para *Mammillaria pectinifera* se registró una densidad baja (0.223 ind/m^2) comparada con los observados (0.44 ind/m^2) en cuatro localidades de la Región de Tehuacán-Cuicatlán (Valverde *et al.* 2009). Más aún si se considera la densidad en las poblaciones estudiadas por Zavala-Hurtado (1997) en Zapotitlán Salinas, donde los resultados oscilaron desde 3.42 hasta 49.5 ind/m^2 .

Probablemente las variaciones encontradas en las diferentes zonas de establecimiento de la especie, nos permiten inferir

que la baja densidad en la población de *M. pectinifera* en Santa Clara Huitziltepec se deba en mayor medida a la extracción de individuos, principalmente de las categorías de mayor tamaño, aunado con el pisoteo y ramoneo generado por el ganado caprino; ambos factores tal vez influyen negativamente en el establecimiento de plántulas en la población. Se ha sugerido que la distribución en esta especie es restringida y se relaciona con una alta especificidad de hábitat (Zavala-Hurtado & Valverde 2003). Además, de que se ha encontrado que las densidades más grandes ocurren en sitios con mayor dificultad de acceso (Zavala-Hurtado 1997). Desafortunadamente la población de *M. pectinifera* en el sitio de estudio se encuentra muy accesible y las plantas pueden ser localizadas fácilmente por los lugareños.

El patrón observado para la estructura de tamaños de *M. pectinifera* en Santa Clara Huitziltepec, sugiere una población estable debido a que los individuos juveniles están presentes en una mayor proporción; mientras que, las plántulas y los adultos se encuentran en cifras menores (Odum & Barret 2006); este patrón es similar al encontrado en otras poblaciones estudiadas

CUADRO 3. Valores obtenidos en la matriz de sensibilidad para la población de *Mammillaria pectinifera* en Santa Clara Huitziltepec, Puebla para el periodo 2007-2008. PII: Plántula II, JI: Juvenil I, JII: Juvenil II, JIII; Juvenil III, AI: Adulto I, AII: Adulto II.

Categorías en n_{t+1}	Categoría en n_{t+1}					
	PII	JI	JII	JIII	AI	AII
PII	0.0767	0.1033	0.3537	0.2727	0.0434	0
JI	0.0979	0.132	0.4518	0.3483	0.0555	0
JII	0.121	0.1631	0.5583	0.4305	0.0685	0
JIII	0.0622	0.0839	0.2872	0.2215	0.0353	0
AI	0.0205	0.0276	0.0945	0.0729	0.0116	0
AII	0	0	0	0	0	0

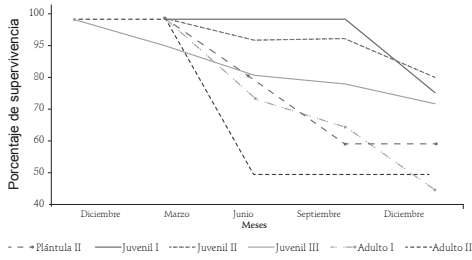


FIGURA 3. Porcentaje de supervivencia de los individuos de *Mammillaria pectinifera* en las diferentes categorías de tamaño, en Santa Clara Huitziltepec, Puebla durante el periodo de diciembre de 2007 a diciembre de 2008.

para la misma especie (Zavala-Hurtado 1997; Peters 2008). Al compararla con *M. dixanthocentron*, *M. crucigera* y *M. super-texta* se observa un patrón diferente, en éstas poblaciones los adultos constituyen más del 50% (Contreras 2000; Avendaño 2007; Ramos 2007); las variaciones en la estructura de tamaño de éstas poblaciones pueden estar determinadas por: la producción de semillas; la tasa de germinación; los bancos de semillas en el suelo; la propagación vegetativa; los herbívoros; los patrones climáticos y por parches de calidad ambiental, los cuales son aprovechados por diversas cactáceas serótinas como

estrategia de establecimiento (Silvertown 1987; Peters *et al.* 2009).

El incremento en diámetro registrado para *M. pectinifera* resultó igual a 0.09 cm/año, este valor es bajo comparado con otras especies del mismo género (Quijas 1999; Contreras 2000; Cortés 2003; Castillo 2004). Se observó un incremento en junio (0.31 ± 0.1 cm), período en el que ocurren las lluvias, de igual manera sucede con *M. zephyranthoides* y *M. hamata* (Cortés 2003; Castillo 2004), lo anterior sugiere que las plantas de éstas especies son capaces de aprovechar al máximo el agua durante la temporada de lluvias (verano) y alcanzan en ésta época los diámetros mayores debido a la hidratación de sus tejidos (Bravo-Hollis & Scheinvar 1995). *M. pectinifera* produce 2.29 ± 0.11 aréolas por año, valor inferior al encontrado en *M. zephyranthoides* (Cortés 2003); y mayor al de *M. mystax* (Saldivar 2011). Posiblemente el lento crecimiento de *M. pectinifera* da una idea de los desafíos que afrontan los individuos en su ambiente natural (Valverde & Zavala-Hurtado 2006).

La supervivencia de los individuos en la población de *M. pectinifera* resultó

CUADRO 4. Valores obtenidos en la matriz de elasticidad para la población de *Mammillaria pectinifera* en Santa Clara Huitziltepec, Puebla para el periodo 2007-2008. PII: Plántula II, JI: Juvenil I, JII: Juvenil II, JIII: Juvenil III, AI: Adulto I, AII: Adulto II.

Categorías en n_{t+1}	Categoría en n_t					
	PII	JII	JIII	AI	AII	
PII	0	0	0.0471	0.0264	0.0032	0
JII	0.0474	0.0846	0	0	0	0
JIII	0.0293	0.0474	0.466	0.0156	0	0
AI	0	0	0.0452	0.1741	0.0021	0
AII	0	0	0	0.0053	0.0063	0
	0	0	0	0	0	0

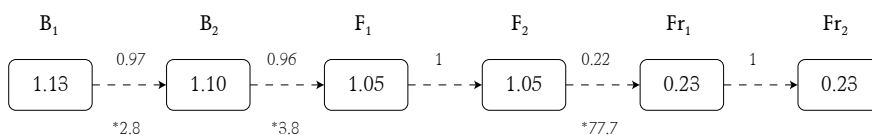


FIGURA 4. Diagrama de flujo numérico a partir del número de botones florales hasta su desarrollo a frutos para *Mammillaria pectinifera* en Santa Clara Huitziltepec, Puebla. Los valores dentro del cuadro indican el número promedio de B_1 : Botón dentro de los tubérculos, B_2 : Botón fuera de los tubérculos, F_1 : Flor en antesis, F_2 : Flor seca, Fr_1 : Fruto inmaduro, Fr_2 : Fruto maduro; en la línea punteada se representa la probabilidad de desarrollo entre estadios. El porcentaje de abortos se indica con asterisco.

igual a 69.14% y en todas las categorías se presentó mortalidad. Difiere a lo observado en *M. mystax* donde la permanencia fue superior a 90% (Saldivar 2011). Los adultos presentaron los valores más bajos (45–50 %); este patrón coincide con el observado en *M. hamata* (Navarro & Castillo 2007). Lo anterior posiblemente se puede atribuir a la mortalidad causada por ramoneo y pisoteo de ganado caprino que dejaba expuestos los tejidos sin posibilidad alguna de regenerarse, como se ha visto en la mayoría de las localidades donde se distribuye *M. pectinifera* (Zavala-Hurtado & Valverde 2003; Valverde *et al.* 2009); así como también ocurre en otras especies del mismo género (Contreras & Valverde 2002; Navarro & Juárez 2006; Saldivar 2011) debido posiblemente a que en su hábitat los tallos de estas plantas constituyen la única fuente de fibra y agua para los herbívoros (Nobel 1988).

Otro factor que puede contribuir a la escasa supervivencia es la extracción de las

plantas en floración, con fines ornamentales para las festividades locales. De igual manera, Zavala-Hurtado (1997) observó que la supervivencia de *M. pectinifera* en Zapotitlán Salinas, disminuye en la época de floración ya que las plantas son atractivas y son extraídas de su hábitat; lo cual también ocurre con los individuos de *M. hamata* (Navarro & Castillo 2007).

En mamilarias se ha encontrado que sus períodos reproductivos inician a principio de invierno y duran más de cinco meses (Godínez-Álvarez *et al.* 2003; Contreras & Valverde 2002; Navarro & Castillo 2007; Saldivar 2011). La época reproductiva de *M. pectinifera* inicia a finales de noviembre y culmina en abril; mientras que en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Zavala-Hurtado (1997) y Valverde *et al.* (2009) encontraron que la producción de estructuras reproductivas de esta especie ocurre de diciembre a mayo; posiblemente esta diferencia pueda atribuirse a las condiciones de su hábitat, pues se ha sugerido que las especies mo-

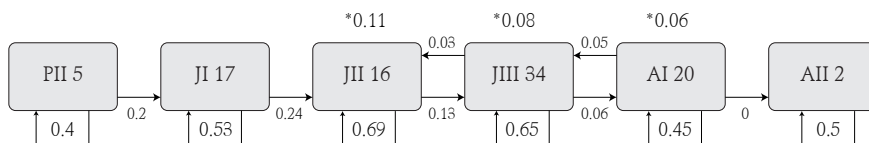


FIGURA 5. Modelo del ciclo de vida para la población de *Mammillaria pectinifera* en Santa Clara Huitziltepec, Puebla. Las flechas indican las transiciones que llevan a cabo los organismos dadas en términos de probabilidad de permanencia, transición y retrogresión. Los asteriscos indican la fecundidad. PII: Plántula II, JI: Juvenil I, JII: Juvenil II, JIII: Juvenil III, AI: Adulto I, AII: Adulto II.

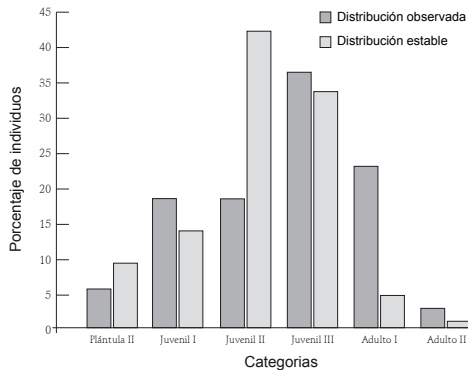


FIGURA 6. Estructura poblacional inicial de *Mammillaria pectinifera* en Santa Clara Huitziltepec, Puebla y estructura estable de tamaños.

difican sus períodos de floración debido a factores tales como la precipitación y la temperatura (Mandujano *et al.* 2010).

La producción de estructuras reproductivas desde botones a frutos en la población de *M. pectinifera* denota un patrón similar al observado en *M. mystax* (Saldivar 2011). La transición más crítica ocurre de flor a fruto, lo que puede atribuirse a la competencia por asignación de recursos entre estructuras reproductivas, baja tasa de polinización y/o fertilización, depredación de flores o bien, a la escasez de polinizadores (Del Castillo 1988; León de la Luz & Domínguez 1991; Lomeli-Mijes & Pimienta-Barrios 1993; Contreras 2000).

A pesar de la baja producción de frutos en la población de *M. pectinifera* se estimó un promedio de 18.27 ± 0.53 semillas/fruto, otros autores han encontrado para esta especie entre 11.8 a 18 semillas/fruto (Zavala-Hurtado 1997; Valverde *et al.* 2009). Además se observaron frutos pequeños, posiblemente debido a esto la producción de semillas es escasa dado que la variación en el número de semillas por fruto se ha relacionado con el tamaño del fruto (León de la Luz & Domínguez 1991)

y con el número y/o la eficiencia de los polinizadores (Quijas 1999). Otro factor que podría contribuir con la escasez de frutos es la serotinia estrategia donde las plantas de la especie los retienen por varios años (Peters *et al.* 2009), tal vez por esta razón no se observaron frutos ni se obtuvieron semillas de diciembre de 2007 a marzo de 2009 en la localidad de estudio.

Las probabilidades de transición estimadas para *M. pectinifera* son bajas (<0.24) y sugieren lento crecimiento (Godínez-Álvarez *et al.* 2003), similar a lo registrado para otras especies de mamilarias (Cortés 2003; Navarro & Castillo 2007; López & Navarro 2009; Saldivar 2011). Se ha encontrado que en la mayoría de estas especies la permanencia es el componente de la matriz que presenta las probabilidades más altas; como sucede para *M. pectinifera* en diferentes localidades de la Región Tehuacán-Cuicatlán (Zavala-Hurtado 1997; Valverde & Zavala-Hurtado 2006).

Los resultados de la tasa de crecimiento poblacional en especies del género *Mammillaria* muestran que el valor de λ varía, en algunas hay estabilidad (López-Villavicencio 1999; Contreras 2000; Contreras & Valverde 2002; Valverde *et al.* 2004; Avendaño 2007; Ferrer *et al.* 2011), otras presentan tendencia al crecimiento (Quijas 1999; Ramos 2007) y otras se encuentran en declive (Valverde 2001; Cortés 2003; Flores *et al.* 2010), como también sucede en dos de las poblaciones de *M. pectinifera* donde se ha estimado una λ menor a 1 (Zavala-Hurtado 1997; Valverde & Zavala-Hurtado 2006). Así mismo, la tasa de crecimiento poblacional para *M. pectinifera* en Santa Clara Huitziltepec ($\lambda=0.82 \pm 0.02$), sugiere un decremento de la población en esta localidad.

La estructura actual de *M. pectinifera* difiere de la estructura estable. Esta última se caracteriza por presentar un incremento en la proporción de individuos juvenil II y de plántulas II, que indicaría que en la población exista una capacidad de germinación relativamente alta y una vez establecidas las plantas, tengan un crecimiento acelerado el cual les permita transitar a las siguientes categorías. Sin embargo, contrario a lo que establece el modelo de “equilibrio”, el ambiente y los parámetros demográficos no se mantienen constantes y la heterogeneidad en ellos existe tanto en tiempo como en espacio (Caswell 2001); como en la mayoría de las poblaciones, *M. pectinifera* no se encuentra en equilibrio en lo que se refiere a su estructura poblacional (Contreras 2000; Valverde & Zavala-Hurtado 2006; Avendaño 2007; Ramos 2007; Flores *et al.* 2010; Ferrer *et al.* 2011; Saldivar 2011).

El valor más alto de sensibilidad en la matriz corresponde con la permanencia de los Juveniles II (0.55). Esta podría considerarse la etapa más importante para la manutención de la población debido a que en esta categoría se observó la menor mortalidad. También se registraron altos valores en el crecimiento y la fecundidad, como ocurre en otras especies (López-Villavicencio 1999; Saldivar 2011).

Al agrupar los valores de elasticidad por proceso demográfico se observó que la permanencia contribuye en mayor proporción a la tasa de crecimiento (77.84%). Lo anterior sugiere que en el hábitat resulta difícil obtener los recursos necesarios para el crecimiento y la reproducción. Este comportamiento es el esperado cuando se trata de especies de larga vida y coincide con el encontrado para otras cactáceas (Godínez-

Álvarez *et al.* 1999; López-Villavicencio 1999; Quijas 1999; Contreras 2000; Contreras & Valverde 2002; Mandujano *et al.* 2001; Esparza-Olguín *et al.* 2002; Flores & Manzanero 2005; Ferrer *et al.* 2011).

Para la elasticidad por categoría de tamaño, se encontró que la permanencia de los juveniles II y III contribuye de manera significativa al valor de lambda; como ocurre en otra población de la misma especie (Valverde & Zavala-Hurtado 2006) y con otras especies del género (Avendaño 2007; Saldivar 2011). Dado que durante el período de estudio no se observaron plántulas menores de 0.3 cm, se podría sugerir que el establecimiento en el sitio de estudio es escaso. En la población estudiada el hecho de que las plántulas se encuentren poco representadas a diferencia de los adultos, se debe posiblemente a que se ha experimentado una reducción en sus tasas de reclutamiento, lo cual podría atribuirse ya sea a cambios en las condiciones microambientales que dificultan la germinación de las semillas, a la supervivencia de las plántulas o bien a la existencia de pulsos naturales en el reclutamiento como se ha observado en otras especies (Trejo 1999; Contreras 2000; Peters *et al.* 2009).

Probablemente, el valor estimado de λ , se deba a que en la matriz de transiciones la categoría de plántulas II y de adultos II estuvieron representadas por pocos individuos (5 y 2 respectivamente), además de que no fue posible realizar una evaluación de la capacidad de germinación de las semillas, ni del establecimiento de las plántulas, debido a la escasez de semillas para realizar los experimentos y de que no se encontraron plántulas recién establecidas en la época de lluvias. Al final del período la población redujo su tamaño en aproxima-

damente 30%. Aunque las observaciones en este estudio son ciertamente limitadas, se considera que de continuar esta tendencia podría verse afectada la permanencia de la especie en esta localidad.

Literatura citada

- Arias S, Gama S & Guzmán U. 1997. *Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Fascículo 14. Cactaceae. UNAM. México, D.F.
- Arias-Montes S. 1993. Cactáceas: Conservación y Diversidad en México. *Rev Soc Mex Hist Nat* **44**:109-115.
- Avendaño TJ. 2007. Dinámica poblacional de *Mammillaria supertexta* Mart. ex Pfeiff. en el Valle de Cuicatlán, Oaxaca, México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca.
- Bravo-Hollis H & Sánchez-Mejorada H. 1991. *Las Cactáceas de México*. Vol 3. UNAM. D.F. México.
- Bravo-Hollis H & Scheinvar L. 1995. *El interesante mundo de las cactáceas*. Fondo de cultura económica. UNAM. México.
- Castillo AD. 2004. Estado actual de la población y fenología reproductiva de *Mammillaria hamata* en la localidad de los Ángeles Te-tela, Puebla. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. BUAP. Puebla, México.
- Caswell H. 2001. *Matrix population models. Construction, analysis, and interpretation*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Contreras C & Valverde T. 2002. Evaluation of the conservation status of a rare cactus (*Mammillaria crucigera*) through the analysis of its population dynamics. *J Arid Environ* **51**:89-102.
- Contreras C. 2000. Dinámica poblacional de *Mammillaria crucigera* (Cactaceae) una especie rara de la región de Tehuacán-Cuicatlán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F.
- Cortés P. 2003. Contribución al conocimiento de la dinámica poblacional de *Mammillaria zephyranthoides* en Cuautinchán, Puebla. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. BUAP. Puebla, México.
- Del Castillo R F. 1988. Fenología y remoción de semillas en *Ferocactus histrix*. *Cact Suc Mex* **33**:5-14.
- DOF (Diario Oficial). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo (30 de diciembre de 2010). México.
- Esparza-Olguín L, Valverde T & Vilchis-Anaya E. 2002. Demographic Analysis of a Rare Columnar Cactus (*Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacán Valley, México. *Biol Conserv* **103**:349-359.
- Ferrer M, Duran R, Méndez M, Dorantes A & Dzib G. 2011. Dinámica poblacional de genets y ramets de *Mammillaria gaumeri* cactácea endémica de Yucatán. *Bol Soc Bot Méx* **89**:83-105.
- Flores A & Manzanero GI. 2005. Método de evaluación de riesgo de extinción de *Mammillaria huitzilopochtli* D. R. Hunt. *Cact Suc Mex* **50**:15-26.
- Flores A, Manzanero GI, Golubov J, Montaña C & Mandujano MC. 2010. Demography of an endangered endemic rupicolous cactus. *Plant Ecol* **210**:53-66.
- Godínez-Álvarez H, Valiente-Banuet A & Valiente-Banuet L. 1999. Biotic interactions and the population dynamics of the long-lived, columnar cactus *Neobuxbaumia tetetzo* in the Tehuacán Valley, México. *Can J Bot* **77**:203-208.

- Godínez-Álvarez H, Valverde T & Ortega-Baes P. 2003. Demographic trends in the Cactaceae. *Bot Rev* **69**:173-203.
- INEGI. 2000. Santa Clara Huitziltepec. Estado de Puebla, México.
- León de la Luz JL & Domínguez R. 1991. Evaluación de la reproducción por semilla de la pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) en Baja California Sur. México. *Act Bot Mex* **14**:75-87.
- Lomeli-Mijes E & Pimenta-Barrios E. 1993. Demografía reproductiva del Pitayo (*Stenocereus queretaorensis* (Web.) Buxbaum). *Cact Suc Mex* **38**:13-19.
- López D & Navarro C. 2009. Estudio demográfico de *Stenocactus crispatus* (Cactaceae) en los Ángeles Tetela, Puebla, México. *Cact Suc Mex* **54**:100-111.
- López-Villavicencio M. 1999. Dinámica poblacional de *Mammillaria magnimamma* en la reserva del Pedregal de San Ángel. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Mandujano MC, Carrillo-Ángeles I, Martínez-Peralta C & Golubov J. 2010. Reproductive Biology of Cactaceae. En Ramawart KG (ed.). *Desert Plants*. Springer. Verlag Berlin.
- 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.
- Martorell C & Peters EM. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biol Conserv* **124**:199-207.
- Martorell C & Peters EM. 2009. Disturbance-response analysis: a method for rapid assessment of the threat to species in disturbed areas. *Conserv Biol* **23**:377-387.
- Navarro MC & Castillo AD. 2007. Estado actual de la población de *Mammillaria hamata* en Los Ángeles Tetela, Puebla, México. *Cact Suc Mex* **52**: 68-78.
- Navarro MC & Juárez MS. 2006. Evaluación de algunos parámetros demográficos de *Mammillaria zephyranthoides* en Cuautinchán Puebla, México. *Zonas Áridas* **10**:74-83.
- Nobel P. 1988. *Environmental biology of Agaves and Cacti*. Cambridge University Press. USA.
- Nobel P, Miller P & Graham E. 1992. Influence of rocks on soil temperature, soil water potential and rooting patterns for desert succulents. *Oecologia* **92**:90-96.
- Odum E & Barret G. 2006. *Fundamentos de Ecología*. Quinta edición. CENGAGE LEARNING. México.
- Peters EM. 2008. Distribución geográfica, demografía y conservación de *Mammillaria pectinifera* (Rümpfer) F.A.C. (Cactaceae). Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología. UNAM. México, D.F.
- Peters EM & Martorell C. 2001. Conocimiento y conservación de las mamilarias endémicas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R166. México D.F. (Para las secciones de exploración y descripción de localidades).
- Peters EM, Martorell C & Ezcurra E. 2009. The adaptative value of cued seed dispersal in desert plants: seed retention and release in *Mammillaria pectinifera* (Cactaceae), a small globose cactus. *Am J Bot* **96**:1-6
- Quijas S. 1999. Análisis demográfico por edades de *Mammillaria magnimamma* en el Pedregal de San Ángel. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F.
- Ramos A. 2007. Estudio poblacional de *Mammillaria dixanthocentron* Becket. ex Mitran en el Valle de Cuicatlán, Oaxaca. Tesis de

- Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca.
- Rodríguez CE & Ezcurra E. 2000. Distribución espacial en el hábitat de *Mammillaria pectinifera* y *Mammillaria carnea* en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla, México. *Cact Suc Mex* **45**:4-14.
- Rojas-Aréchiga M & Arias S. 2007. Avances y perspectivas en la investigación biológica de la familia Cactaceae en México. *Bol Soc Latin Carib Cact Suc* **4**:1-3.
- Saldívar S. 2011. Dinámica poblacional de *Mammillaria mystax* en Cañada Morelos, Puebla. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. BUAP. Puebla, México.
- Silvertown JW. 1987. *Introduction to plant population ecology*. Longman Scientific & Technical, Essex, England.
- Silvertown J, Franco M, Pisanty I & Mendoza A. 1993. Comparative plant demography: relative importance of life-cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. *J Ecol* **81**:465-476.
- Trejo M. (1999). Abundancia y distribución espacial de *Mammillaria magnimamma* (Haworth) Cactaceae en la Reserva del Pedregal de San Ángel, México D.F. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Valverde MT. 2001. Dinámica poblacional de *Mammillaria crucigera* y *Neobuxbamia macrocephala* en la región de Tehuacán-Cuicatlán. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R129. Facultad de Ciencias. UNAM. México D. F.
- Valverde T, Quijas S, López-Villavicencio M & Castillo S. 2004. Population dynamics of *Mammillaria magnimamma* Haworth (Cactaceae) in a lava-field in central Mexico. *Plant Ecol* **170**:167-184.
- Valverde PL & Zavala-Hurtado JA. 2006. Assessing the ecological status of *Mammillaria pectinifera* Weber (Cactaceae), a rare and threatened species endemic of the Tehuacán-Cuicatlán Region in Central Mexico. *J Arid Environ* **64**:193-208.
- Valverde PL, Zavala-Hurtado JA, Jiménez-Sierra C, Rendón-Aguilar B, Cornejo-Romero A, Rivas-Arancibia S, López-Ortega D & Pérez-Hernández MA. 2009. Evaluación del riesgo de extinción de *Mammillaria pectinifera*, cactácea endémica de la región de Tehuacán-Cuicatlán. *Rev Mex Biodiv* **80**:219-230.
- Vázquez E. 2005 Biología floral de *Mammillaria pectinifera* (Stein). Informe final del Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa.
- Zar JH. 2010. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, US.
- Zavala-Hurtado JA. 1997. Estatus ecológicos de *Mammillaria pectinifera* Weber y *Pachycereus fulviceps* Weber en el Valle de Zapotitlán, Puebla. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Dpto Biología. Informe final CONABIO-UAMI proyecto No.G022. México D.F.
- Zavala-Hurtado JA & Valverde PL. 2003. Habitat restriction in *Mammillaria pectinifera*, a threatened endemic Mexican cactus. *J Veg Sci* **14**: 891-898.

Comportamiento germinativo de semillas de *Yucca filifera* Chabaud con diferentes periodos de almacenamiento

Cambrón-Sandoval Víctor Hugo¹, Malda-Barrera Guadalupe^{1*}, Suzán-Azpiri Humberto¹ & Díaz-Salim José Francisco¹

Resumen

El presente trabajo analizó la respuesta germinativa relacionada con el tamaño de semilla en 8 procedencias de *Yucca filifera*, colectadas dentro del periodo 1998-2012. Las variables de respuesta fueron: viabilidad, porcentaje de germinación y velocidad germinativa, peso, largo, ancho y grueso de semilla. El mayor porcentaje de germinación (84%) se observó en semillas colectadas en el año 2012, siendo nulo en semillas colectadas en 1998. Fue posible estimar que, semillas colectadas 4 años atrás (2008) mantienen su viabilidad y porcentajes altos de germinación, con lo cual es posible utilizar estos resultados para plantear programas de restauración y/o reforestación mediante semilla.

Palabras clave: edad de la semilla, latencia, viabilidad de semillas.

Abstract

This study analyzed *Yucca filifera* germination related to seed size and different storage periods, in seeds collected from 8 different populations in a period from 1998 to 2012. Evaluation parameters were: viability, germination percentage, germination speed as well as seed weight, length, width and thickness. The highest germination percentage (84%) was observed in seeds collected in 2012, being null in seeds collected in 1998. It was possible to estimate that seeds collected four years ago (2008) maintain their viability and germinate in high percentages, though it is possible to apply these results in a restoration and/or reforestation program.

Keywords: dormancy, seed age, seed viability.

Introducción

Dentro de la conservación de los recursos naturales en México, las zonas áridas juegan un papel importante, pues además de su gran número de endemismos, que llega a ser del 60% de las especies, se suma su importante biodiversidad, que incluye

más de 6000 especies de plantas diferentes (Orozco *et al.* 2003).

La conservación *ex situ* representa una de las principales estrategias de conservación además de los bancos de germoplasma, archivos genéticos en campo y el almacenamiento de tejidos, conservando y/o aumentando la variabilidad genética de las

¹Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Av. de las Ciencias s/n, Campus Juriquilla, Juriquilla, Querétaro, Qro. México C.P. 76230

*Autor para correspondencia: gmalda@uaq.mx

poblaciones (Vovides & Hernández 2006). El intercambio de gametos a través de la reproducción sexual en especies vegetales incrementa la variabilidad genética en las poblaciones, lo que a su vez aumenta la capacidad de adaptación de las especies ante eventos extremos como el cambio climático (Pearson & Dawson 2003).

El género *Yucca* presenta una amplia distribución natural desde Canadá hasta América Central (Matuda & Piña 1980). Para México una de las especies del género más representativas es *Yucca filifera* “palma china” (Foto 1), la cual tiene la capacidad de propagación por vía sexual y/o vegetativa, siendo esta última, un fenómeno que no aporta variación genética a las poblaciones (Acosta 1991; Ceballos & De la Cruz 2002).

Los principales usos de *Y. filifera*, son en la alimentación humana, ganadería (a partir de las flores y frutos) (Villavicencio *et al.* 2011; Sotelo *et al.* 2007); aunque también se han encontrado saponinas, esteroides importantes para la industria agroquímica, en algunas especies del género (Arce-Montoya *et al.* 2006) y para *Y. filifera* (Quintero *et al.* 1982). Además, esta planta presenta características de resistencia a la sequía, por lo cual, se utiliza en plantaciones y reforestaciones en zonas áridas (Nava *et al.* 1980).

En cuanto al proceso germinativo en este género, los registros bibliográficos son escasos. Algunos de ellos presentaron resultados entre 80 y 90% de germinación de semillas de varias especies de *Yucca* (Arnott 1962), estimando que el desarrollo de las plántulas es más acelerado en especies que producen cápsulas, en relación a aquellas que producen bayas. Otros estudios sobre germinación, estimaron porcentajes de germinación relativamente bajos para

Yucca filifera del 57% y del 50% para *Yucca schidigera* (Patiño *et al.* 1983). Un estudio sobre los efectos de la luz en la germinación reporta porcentajes de germinabilidad entre el 77 y 88% en *Y. filifera*, mostrando un comportamiento fotoblástico indiferente (Jiménez-Aguilar & Flores 2010)

Dentro del presente estudio se determinó la variabilidad de las semillas de diferentes procedencias de *Y. filifera* y se estimó el efecto del periodo de almacenamiento de semillas de *Y. filifera* expresado en la capacidad germinativa y en la viabilidad.

Materiales y métodos

Colecta de germoplasma.

Las semillas utilizadas fueron colectadas en cuatro diferentes periodos, (1998, 2008, 2009 y 2012). Se colectaron semillas de 8 procedencias de poblaciones naturales de *Yucca filifera* (Cuadro 1). La colecta se realizó de diferentes árboles madre (de 4 a 6 árboles por sitio) para los ocho sitios (seleccionados aleatoriamente), posteriormente fueron mezcladas por población, manteniendo la semilla en refrigeración (aproximadamente 5° C) hasta la etapa de inicio de la prueba de germinación (noviembre 2012).

Variabilidad de la semilla.

La variabilidad de la semilla se estimó a partir de una muestra aleatoria por población (100 semillas por procedencia, 800 semillas totales), y las variables de respuesta fueron el peso (g) (utilizando una balanza OHAUS E0B120®), así como el largo, grueso y ancho de semilla (mm), medidos con un vernier digital (Caliper digital No. 3415®).

Germinación. Como tratamiento pregerminativo se establecieron dos repeticiones de 50 semillas por procedencia (100 semillas), sumergiéndolas

CUADRO 1. Procedencias y año de colecta de frutos de *Yucca filifera*.

Sitio	Coordenadas	Altitud (msnm)	Año de colecta
1. Cadereyta, Querétaro	20° 42' 15.32" N 99° 50' 35.21" O	2100	1998
2. Tecozautla, Hidalgo	20° 32' 22.77" N 99° 37' 22.87" O	1696	2008
3. Tecozautla, Hidalgo	20° 30' 39.01" N 99° 37' 30.94" O	1792	2008
4. Núñez, San Luis Potosí	22° 39' 9.5" N 100° 30' 14.73" O	1514	2009
5. Tolimán, Querétaro	20° 48' 36.2" N 99° 54' 28.7" O	1813	2012
6. Tolimán, Querétaro	20° 49' 02.9" N 99° 54' 41.4" O	1790	2012
7. Tolimán, Querétaro	20° 49' 33.3" N 99° 53' 55.7" O	1871	2012
8. San Felipe, Guanajuato	21° 26' 6.9" N 101° 24' 17.5" O	2449	2012

en agua por 48 horas a temperatura ambiente. Posteriormente se sembraron en una cama de germinación compuesta por una mezcla de sustratos a partir de: agrolita, vermiculita y *peat moss* (proporción 1:1:2).

Dentro de cada procedencia se estimó la germinación diaria, evaluando la velocidad germinativa (periodo en el que al menos el 50% de las semillas germinan I_{50}).

Viabilidad. Se realizaron pruebas de tinción con Cloruro de 2, 3,5-trifeniltetrazolio al 1% (v/v), preparado fresco en buffer de fosfato (ISTA 1995), para determinar la viabilidad.

Se colocaron 4 repeticiones de 20 semillas por procedencia en la solución por un periodo de tres horas a oscuridad total, contabilizando el total de embriones teñidos y el porcentaje de tinción del embrión, bajo la siguiente escala: 0 = 0% embrión inviable; 1 = 25% del embrión teñido; 2 = 50% del embrión teñido; 3 = 75% del embrión teñido y 4 = 100% embrión teñido totalmente. Para asignar los valores de dicha

escala se utilizó una hoja de acetato transparente previamente cuadrículada (1mm^2), que al sobreponerse sobre la semilla permitió calcular el porcentaje de área teñida en el embrión.

Resultados y discusión

Germinación y velocidad germinativa

El comportamiento germinativo de las procedencias de *Y. filifera* evidenció una elevada variabilidad con promedios de 92% en la procedencia de San Felipe, Guanajuato (colecta 2012) hasta una nula germinación en la procedencia de Cadereyta, Querétaro (colecta 1998), expresando diferencias significativas entre las procedencias ($P \leq 0.05$) (Fig. 1).

Si bien, las procedencias colectadas dentro del año 2012, presentaron porcentajes de germinación de 70% (procedencia 6), fue posible observar un patrón de incremento en la germinación conforme el periodo de colecta fue más reciente (Fig. 1). Resultados simila-



Guadalupe Malda Barrera.

FOTO 1. *Yucca filifera* "palma china".

res se observaron en *Y. elata* y *Y. angustissima* con porcentajes de germinación de 94 y 91% respectivamente en semillas colectadas el mismo año de la prueba (Keeley & Meyers 1985). Sin embargo, en otros estudios los porcentajes de germinación reportados son inferiores a los del presente estudio, como en *Yucca parishii* con 55% de germinación (Keeley & Tufenkian 1984). Jiménez-Aguilar y Flores (2010) reportan porcentajes bajos en *Yucca eleata* (29% bajo condiciones de oscuridad y 63% con luz), pero para *Y. filifera* y *Y. carnerosana* los porcentajes obtenidos son similares (72 - 88%) a los observados en el presente estudio.

La velocidad germinativa de las procedencias estimó un promedio general de 17 días ($L_{50}=17$ días). La procedencia con la mayor velocidad de germinación fue la procedencia 8 (colecta 2012), con promedio de $L_{50}=15$ días (Fig. 2), en contraste, la procedencia con la menor velocidad germinativa fue la procedencia 5 (colecta 2012) con un promedio de 19 días (Fig. 2),

si bien procedencias colectadas en el 2008 y 2009 presentaron una mayor velocidad germinativa a la estimada en procedencias colectadas dentro del 2012, el porcentaje total de germinación fue menor (Fig. 1).

Estudios de velocidad germinativa, estimaron una mayor velocidad de germinación de semillas de *Yucca decipiens* (6 días)

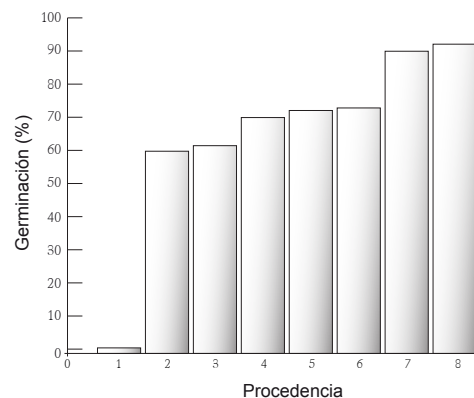


FIGURA 1. Porcentaje de germinación de semillas de *Yucca filifera* por procedencia de colecta. (El número de procedencia corresponde con el Cuadro 1).

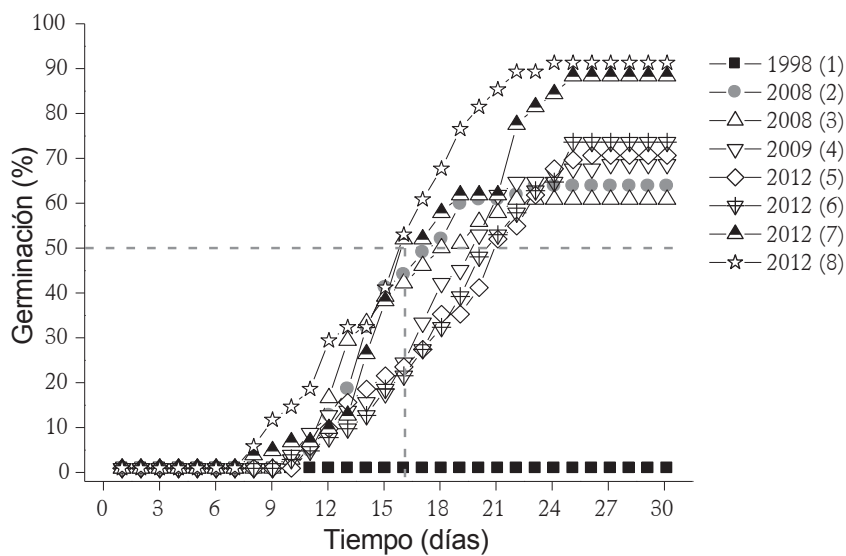


FIGURA 2. Velocidad germinativa de diferentes procedencias de *Yucca filifera*. Los números entre paréntesis indican la procedencia de las semillas

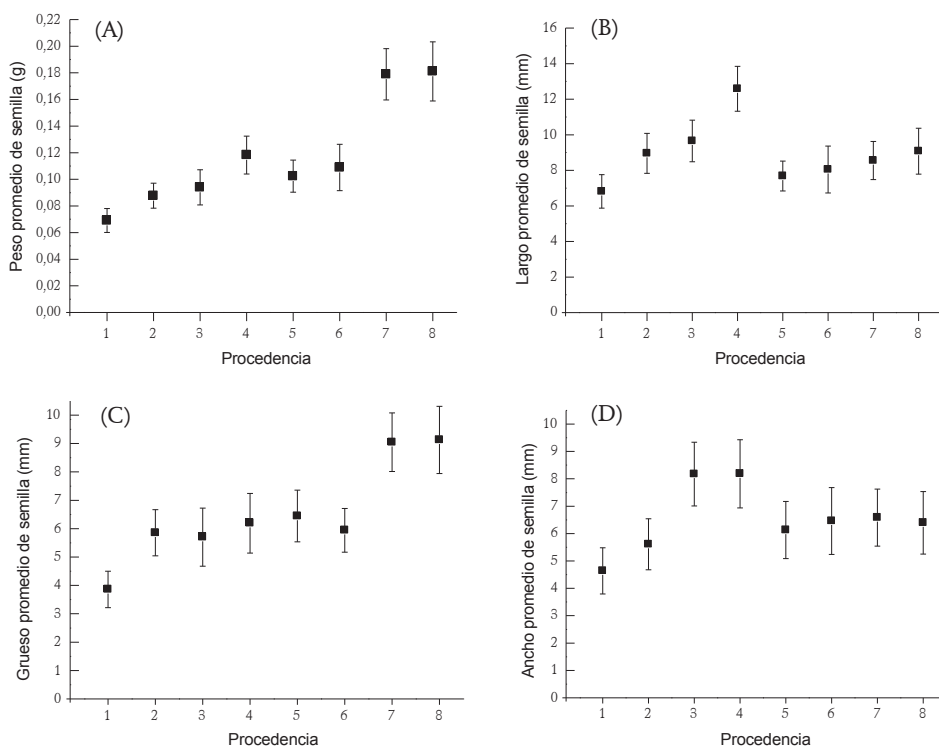


FIGURA 3. Variabilidad de (A) peso, (B) largo, (C) grueso y (D) ancho de semilla de diferentes procedencias de *Yucca filifera*.

(Pérez-Sánchez *et al.* 2011), periodo inferior al reportado para *Y. filifera* del presente estudio, así mismo, se estimó un periodo inferior para *Y. filifera* (4.3 días) en semillas colectadas en el estado de Nuevo León (Rentería-Arrieta 2000).

Variabilidad de la semilla

Dentro de la variabilidad de la semilla se estimaron diferencias significativas entre procedencias ($P \leq 0.05$) en el peso promedio de las semillas (Fig. 3A), evidenciando en promedio un peso superior para las procedencias 7 y 8 (colectas en el año 2012). El mismo efecto se observó en el grueso promedio de la semilla (Fig. 3B), este fenómeno puede ser causado por una mayor cantidad de nutrimentos y agua en la semilla, lo cual se pierde con el paso del tiempo. Sin embargo, para variables como el ancho y el largo de semilla, el efecto del periodo de colecta se disipa y se observa un mayor promedio del largo de semilla para procedencias de colectas tres años atrás a las pruebas realizadas (2009) (Fig. 3B); de la misma forma, las procedencias con el mayor grueso promedio en las semillas, son las colectas en el año 2009 (Fig. 3D).

Una tendencia constante se observó en la procedencia uno (colecta 1998), la cual presenta los menores promedios en todas las variables evaluadas de la semilla (Fig. 3A-D), efecto que puede ser directamente atribuido al periodo de almacenaje de las semillas; de tal manera que no es recomendable un almacenamiento a largo plazo si se trata de mantener semillas de esta especie en bancos de germoplasma.

Se evidenció que las procedencias presentan diferencias en caracteres de la semilla y en el porcentaje de germinación.

Finalmente, los resultados muestran que las semillas colectadas 4 años atrás (2008) mantienen buenas condiciones de viabilidad y germinación, con lo cual se pueden planear programas de restauración y/o reforestación dentro de dicho periodo.

Agradecimientos

Escritura y correcciones con proyecto de estancia posdoctoral CONACyT para el primer autor. Agradecemos a Adriana González Hernández por la colaboración en la estimación de la viabilidad de las semillas.

Literatura citada

- Acosta Espinosa J. 1991. Genética, citogenética y mejoramiento de la yuca. En: C. Hershey (Comp.). *Mejoramiento Genético de la yuca en América Latina*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- Arce-Montoya M, Rodríguez-Álvarez M, Hernández-González J. 2006. Micropropagation and field performance of *Yucca valida*. *Plant Cell Reports*: **25**: 777-783.
- Arnott H. J. 1962. *The seed, germination, and seedling of Yucca*. University of California Publications in Botany, Vol. **35**. University of California Press, Berkeley.
- Ceballos H & De la Cruz AG. 2002. Taxonomía de la yuca. En: Ospina B & Ceballos H. (comps.). *La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Publicación CIAT N° 327. Centro Internacional de Agricultura Tropical/ Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca. Cali, Colombia.
- ISTA. 1995. *Seed Vigour Testing*. International Seed Testing Association, Zúrich.

- Jiménez-Aguilar A & Flores J. 2010. Effect of light on seed germination of succulent species from the southern Chihuahuan Desert: comparing germinability and relative light germination. *J PACD* **12**:12–19.
- Keeley JE & Meyers A. 1985. Effect of heat on seed germination of southwestern *Yucca* species. *The Southwest Nat* **30**: 303-304.
- Keeley JE & Tufenkian DA. 1984. Garden comparison of germination and seedling growth of *Yucca whipplei* subspecies (Agavaceae). *Madroño* **31**:24-29.
- Matuda E & Piña L. 1980. *Las plantas mexicanas del género Yucca*. Colección Miscelánea Estado de México, Serie Fernando de Alva Ixtlóchitl. Gob. del Edo. de Méx. y Labs. Nales de Fomento Industrial. Toluca, México.
- Nava R, De Luna R, Reynaga R & García R. 1980. Ecocultivo de *Yucca filifera* en las zonas áridas de México. Serie *El Desierto* **3**:145-171.
- Orozco A, Ponce de León L, Grether R & García MD. 2003. Germination of four species of the genus *Mimosa* (Leguminosae) in a semi-arid zone of Central Mexico. *J Arid Environ* **55**:75–92.
- Patiño VF, De la Garza P, Villagómez AY, Talavera AI & Camacho MF. 1983. *Guía para la Recolección y Manejo de Semillas de Especies Forestales*. Boletín Divulgativo No. **63**. INIF, México.
- Pearson RG & Dawson TP. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecol & Biogeog* **12**: 361–371.
- Pérez-Sánchez RM, Jurado E, Chapa-Vargas L & Flores J. 2011. Seed germination of Southern Chihuahuan Desert plants in response to elevated temperatures. *J Arid Environ* **75**:978-980.
- Quintero A, Rosas V, Zamudio F, Capella S & Romo A. 1982. Tissue culture of *Yucca filifera* cells. Identification of steroidal precursors. En: Proceedings of the 5th International Plant Tissue and Cell Culture.
- Rentería-Arrieta LI. 2000. "Dinámica del crecimiento de hojas, flores y frutos de *Yucca filifera* Chabaud y el efecto de *Tegeticula yucasella* Riley sobre la producción de semillas en Linares, N.L., México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León, México.
- Sotelo A, López García S & Basurto Peña F. 2007. Content of Nutrient and Antinutrient in Edible Flowers of Wild Plants in Mexico. *Plant Foods Human Nut* **62**:133-138.
- Villavicencio Nieto MA, Pérez Escandón BE & Gordillo Martínez AJ. 2011 *Plaguicidas vegetales de Hidalgo, México*. UAHEH.
- Vovides A & Hernández C. 2006. Concepto y tipos de jardines botánicos. En: Lascurain M, Gómez O, Sánchez O & Hernández C. (eds.). *Jardines Botánicos. Conceptos, operación y manejo*. Asociación Mexicana de Jardines Botánicos. Publicación Especial No. 5.

Recibido: enero 2013; Aceptado: junio 2013
Received: January 2013; Accepted: June 2013

Praxis médica vegetal

Desarrollo de una prótesis para *Neobuxbaumia polylopha* (DC.) Backeb. (Cactaceae) afectada por secuelas de la necrosis producida por *Pseudomonas corrugata* Roberts & Scarlett

Sánchez Martínez Emiliano^{1*}, Ruiz Campos Genaro², Martínez Romero Roberto¹, Hernández Martínez María Magdalena¹ & Maruri Aguilar Beatriz¹.

Resumen

El proceso curatorial de las colecciones de un jardín botánico requiere del desarrollo de una praxis médica vegetal permanente para garantizar la protección de las plantas. Documentamos una enfermedad propiciada por la presencia de condiciones térmicas adversas (bajas temperaturas) que favorecen un agente etiológico (*Pseudomonas corrugata* Robert & Scarlett) causante de necrosis tisular, cuyos daños a los tejidos vegetales, en casos extremos, requieren de cirugía. Se precisa el caso de un individuo de *Neobuxbaumia polylopha* (DC.) Backeb. que perdió tejidos parenquimatosos profundos y de la médula, para el cual colocamos una prótesis diseñada con materiales simples a partir de vendas de yeso con el fin de fortalecer su soporte mecánico y mejorar su aspecto. Concluimos que es aconsejable que todos los jardines botánicos mexicanos refuercen sus prácticas curatoriales, específicamente para mantener especímenes saludables.

Palabras clave: Necrosis, *Neobuxbaumia polylopha*, praxis médica vegetal, prótesis, *Pseudomonas corrugata*.

Abstract

The curatorial process of plant collections in botanical gardens requires permanent development of medical praxis in order to guarantee species protection. We documented a disease produced by adverse thermal conditions (cold temperatures) that favor the emergence of *Pseudomonas corrugata* Robert & Scarlett, a phytopathological agent that causes tisular necrosis which, in extreme events, needs surgical treatment. Particularly, we present the case of a *Neobuxbaumia polylopha* (DC.) Backeb. specimen, that lost deep parenchyma and pith. A prosthesis, made with plaster bandages, was designed to strengthen its structure and improve its aesthetic aspect. We conclude that it is advisable that every botanical garden in México reinforces its curatorial practices, specifically to maintain healthy specimens.

Key words: Necrosis, *Neobuxbaumia polylopha*, medical plant praxis, prosthesis, *Pseudomonas corrugata*.

¹ Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío". Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. Camino a la antigua Hacienda de Tovares sin número, Cadereyta de Montes, Querétaro, México. 76500.

² Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus-Querétaro. Epigmenio González 500 Fracc. San Pablo 76130 Querétaro, Qro.

*Autor de correspondencia: esanchez@concyteq.edu.mx

Introducción

El Jardín Botánico Regional de Cadereyta mantiene una importante colección de Cactaceae del estado de Querétaro, cuyo contingente, con cerca de 100 especies, proviene principalmente del Semidesierto Queretano-Hidalgense, México, en donde predomina un clima de carácter semiseco, templado. No obstante, algunas especies, particularmente de la Tribu Pachycereeae, son de un carácter más termófilo, y están adaptadas a climas semicálidos y cálidos (García 1988). Este es el caso de la *Neobuxbaumia polylopha* (DC.) Backeb., columnar unicolmo, de gran belleza y porte (Foto 1), que se establece predominantemente en los cañones sinclinales de la Sierra Madre Oriental donde desarrolla sus poblaciones naturales más exitosas. En la figura 1 se muestra el contraste de temperaturas promedio que existen en una zona típica del hábitat natural de esta especie, Jalpan (Scheinvar 2004), y la zona en donde crece trasplantada, el Jardín Botánico Regional de Cadereyta (Cadereyta de Montes).

La ubicación del Jardín Botánico Regional de Cadereyta (20° 41', 99° 48', 2060 m snm), con sus condiciones climáticas prevaletentes (BS₁kw (w) (e) gw^w), permite generalmente una buena adaptación de las especies columnares; sin embargo, ocasionalmente se presentan afectaciones fitopatológicas (Sánchez *et al.* 2006). Documentamos, en esta nota botánica, el caso de una enfermedad cuya aparición es propiciada por la presencia de condiciones térmicas que favorecen un agente etiológico causante de necrosis. El daño provocado en ciertos casos extremos requiere cirugía. Se describe el caso de un ejemplar que perdió tejidos profundos (parénquima y médula) y para el cual desarrollamos una prótesis, con el fin de fortalecer su soporte

mecánico y mejorar su aspecto, en beneficio de su dignidad como ser vivo y de la calidad visual que brinda a los visitantes de este sitio.

Etiología y Terapéutica

La teoría fitopatológica establece que una enfermedad ocurre cuando convergen tres factores: Una especie vegetal susceptible, un agente etiológico causal, y condiciones medio ambientales favorables para el contagio y desarrollo del patógeno (Agris 2005).

Se detectó el aumento de lesiones necróticas sobre la superficie de un conjunto de especímenes de *Neobuxbaumia polylopha* en la temporada invernal, contrastando con la época de mayor temperatura (primavera y verano), cuando las lesiones disminuían. Las lesiones, rojizas en un principio, son más frecuentes en las partes del tallo orientadas hacia al norte y al desaparecer dejan una cicatriz de color gris. Debido a que en algunos casos, y en particulares años, las lesiones avanzaban hasta producir una pudrición más profunda que llegó a desfigurar a uno de los ejemplares, se decidió indagar para buscar una cura específica. Se requirió llevar a cabo el cultivo y aislamiento del agente etiológico, al mismo tiempo que se corrió *in vitro* un antibiograma para seleccionar el antibiótico

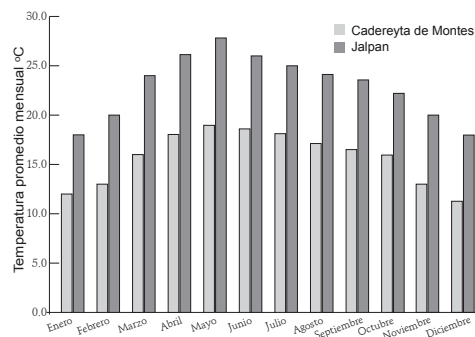


FIGURA 1. Contraste de temperaturas: Cadereyta de Montes versus Jalpan de Serra.

CUADRO 1. Diagnóstico del laboratorio fitopatológico.

Se recibieron especímenes de un cactus de la especie *Neobuxbaumia polylopha*, los cuales presentaban manchas color café en la superficie. Se tomaron muestras de las zonas afectadas y se procedió a desinfectarlas mediante una solución de hipoclorito de sodio al 2%, añadiendo 2 gotas de tween 20, polisorbato surfactante. Las muestras permanecieron en esta solución durante 4 minutos y después de enjuagaron, con agua destilada estéril, 3 veces. Las muestras fueron cortadas en secciones de medio centímetro cuadrado y sembradas en medio King B y, otras en agar nutritivo. Se incubó a 37° C, 24 a 48 horas. Ambos medios desarrollaron colonias, color amarillo huevo, circulares, un poco bultosas, muy pegajosas. Se probó la capacidad de las bacterias para licuar azúcares, resemebrando en gelatina nutritiva, lo que resultó positivo. La tinción de Gram es negativa y la respuesta bajo lámparas ultravioleta no es positiva. La bacteria fue determinada como *Pseudomonas corrugata*. Se corrió un antibiograma aplicando *in vitro* el bactericida Agry-gent Plus 800, en dos repeticiones, con dosis de 1.0 y 1.5 g L⁻¹, resultando esta última concentración la más eficaz, ya que detuvo el crecimiento de la bacteria (Lazarev 2008).

adecuado para el tratamiento de las plantas afectadas. El diagnóstico proporcionado por el laboratorio se sintetiza en el Cuadro 1.

El agente causal resultó ser *Pseudomonas corrugata* Roberts & Scarlett, una bacteria Gram-negativa, de la familia Pseudomonadaceae, la cual probablemente es de crecimiento endógeno en la especie huésped y se manifiesta en condiciones ambientales particulares (Catara 2007).

Pseudomonas corrugata es conocida por producir necrosis medular o médula negra en diferentes cultivos agronómicos, pero parece no haber sido detectada frecuentemente en Cactaceae (Nico 2006). Se desconoce en general su epifitología. Existe controversia acerca de si la enfermedad se transmite por vía de la semilla de las plantas hospederas, pero se conoce que el agente puede mantenerse en el suelo y es transportado por el agua. Se sabe documentalmente que la infección ocurre en periodos fríos (15-20 °C), en los cuales aumenta sensiblemente la humedad relativa y se produce rocío (condensación de agua líquida) sobre los tallos del huésped. Se menciona también que la nutrición excesiva, especialmente con compuestos nitrogenados, puede favorecerla (López 1984; Weht *et al.* 1998).

Particularmente, se concluyó clínicamente que la enfermedad observada en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta

en *Neobuxbaumia polylopha* se dispara, por la susceptibilidad de estas plantas, bajo las condiciones de temperatura mencionadas (temporadas frías), debido a la presencia de la bacteria *Pseudomonas corrugata*. Esto aún cuando las dosis de fertilización nitrogenada son particularmente bajas, con fórmulas ricas en fósforo y potasio.

Las plantas de *Neobuxbaumia polylopha* que adquieren la enfermedad pueden sufrir solamente daños menores, como manchas, o ser afectadas en tejidos más profundos que incluyen el clorénquima, la hipodermis, junto con porciones inmediatas del parénquima. Los casos más graves, originan necrosis (pudrición blanda) de zonas profundas del parénquima, llegando a la destrucción de los tejidos conductores e incluso la médula, en la parte más central del largo tallo de esta especie de cactus. Estas pudriciones merman en primer lugar el tejido fotosintético y, al afectar las zonas internas del parénquima, se produce la pérdida de tejido de reserva, soporte y transporte (vasos conductores del xilema). La muerte o atrofia de los tejidos tiene consecuencias estructurales y funcionales.

El control definitivo es difícil al no conocerse claramente el ciclo de este agente fitopatológico. La infección puede, sin embargo, prevenirse desinfectando el suelo, reduciendo las dosis de Nitrógeno y evitando los excesos de humedad en el sustrato y



Archivo del Jardín Botánico de Cadereyta.

FOTO 1. Vista de *Neobuxbaumia polylopha* en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

en el ambiente (Lazarev 2008). Esto cuando se tienen espacios controlados, por ejemplo dentro de invernaderos.

Los especímenes con sintomatología pueden responder favorablemente aplicando bactericidas sistémicos, drenados o asperjados. Este tratamiento químico es particularmente efectivo en invernaderos y cuando es usado en plántulas. Producto del resultado del antibiograma realizado sabemos que el patógeno es sensible a la Gentamicina. Este producto se ha aplicado consecuentemente en la fórmula comercial denominada Agrygent Plus 800 (Gentamicina 2% más Oxitetraciclina 6%, en presentación como polvo humectable) por encontrarse disponible en las agropecuarias locales. El compuesto debe aplicarse preferiblemente mezclado con un surfactante (por ejemplo, INEX A de Cosmoceel, Éter de polietilenglicol 5.20% más glicol con óxido de etileno 20.60%). La Gentamicina es un antibiótico sistémico inhibidor de la síntesis de proteínas y la Oxitetraciclina es un bacteriostático de amplio espectro. Los ejemplares de mayor tamaño que se encuentran instalados en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta han sido también tratados con este tipo de

químicos, obteniendo resultados diversos, aunque difíciles de relacionar con el uso del bactericida (De Liñan 2009).

Los casos en los cuales se produce una pudrición que involucra daños considerables en los tejidos, requieren de una terapéutica quirúrgica para evitar mermas mayores de biomasa o incluso la pérdida del ejemplar. Esta intervención se realiza extrayendo todo el tejido muerto, el cual muchas veces es el producto delicuescente de los tejidos perdidos, e incluso raspando, con una espátula de metal estéril, sobre los tejidos sanos adyacentes a la pudrición. Debe vigilarse, durante los días posteriores a la intervención, que las partes expuestas estén bien drenadas y ventiladas, para que proceda la suberización completa en los márgenes manipulados. El proceso de cicatrización puede apoyarse aplicando tópicamente azufre agrícola en polvo (98%) que actúa como desecante y profiláctico contra posibles invasiones de otros hongos o bacterias oportunistas.

Es por lo tanto recomendable iniciar en el futuro inmediato investigación pertinente para precisar más la epifitología de esta enfermedad detectada en *Neobuxbaumia polylopha*, de tal forma que podamos entender su desarrollo y diseminación, en ésta y otras poblaciones en las cuales se presenta, así como confirmar las condiciones ambientales que regulan este proceso fitopatológico (González 1985).

Materiales y métodos

Una prótesis vegetal para *N. polylopha*.

Neobuxbaumia polylopha es una de las especies de Cactaceae más llamativas del conjunto de las nativas silvestres regionales del Semidesierto Queretano-Hidalguense, según puede constatarse de la siguiente descripción botánica sintetizada de Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1978): Tallo



Archivo del Jardín Botánico de Cadereyta.

FOTO 2. a) Espécimen de *Neobuxbaumia polylopha* con sintomatología en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta. b) Vista de la lesión ocasionada por la bacteria, en el tejido de *Neobuxbaumia polylopha*, después del proceso de cicatrización. c) Reconstrucción del área afectada con vendas de yeso coloidal. d) Aplicación de color y textura a cada costilla en la prótesis de *Neobuxbaumia polylopha* en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta. e) Arreglo estético buscando una apariencia real de la prótesis colocada en el ejemplar de *Neobuxbaumia polylopha* del Jardín Botánico Regional de Cadereyta. f) Vista de la prótesis colocada en el ejemplar de *Neobuxbaumia polylopha* del Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

simple, columnar, sin ramificación, de 7 a 15 m de altura y 25 a 45 cm de diámetro, color verde claro en las zonas jóvenes, después verde grisáceo. Costillas 22 a 36 o más, de 14 a 17 mm de alto. Aréolas elípticas, casi circulares, distantes entre sí 8 a 11 cm, cuando jóvenes con fieltro blanco, después grisáceo o negruzco. Espinas radiales 6 a 8, como de 10 a 30 mm de largo, color amarillo ocre cuando jóvenes, después más pálidas, aciculares, flexibles. Espina central 1, de 14 a 30 cm de largo, color amarillo ocre que se torna grisáceo con la edad, algo más gruesa que las radiales, dirigida hacia abajo. Flores ubicadas hacia el ápice de los tallos o a lo largo de ellos, infundibuliforme-campanuladas, de 5 a 8 cm de largo, color verde rojizo a rojo intenso, con escamas anchamente triangulares. Fruto ovoideo-piriforme, de 24 a 40 mm de largo y 20 a 35 mm de diámetro, color verde oliváceo claro; se abre en forma de estrella y permanece adherido al tallo por algún tiempo. Semillas oblicuamente reniformes, de 2.5 a 3.5 mm de largo, color moreno oscuro.

Sin embargo, cuando sufren daños, como los antes descritos, que demeritan su apariencia, es útil disponer de métodos prácticos para recuperar a los ejemplares, empleando los materiales

más inmediatos y de menor costo. Se narra en esta sección, como uno de los especímenes que resultó afectado por la pudrición, fue reconstruido mediante una prótesis vegetal. Se procuró que el reemplazo brindara ventajas no solamente estéticas, sino también estructurales. Una vez que se determinó que los tejidos estaban bien suberizados se procedió a su reconstrucción. Se relleno la porción correspondiente a la médula y al tejido del parénquima con vendas de yeso coloidal, que se fueron humedeciendo en agua y colocando en delgadas capas, una tras otra. Se introdujeron también porciones, completas y circulares, de hule espuma para dar mayor flexibilidad a la prótesis y evitar el uso excesivo de las rígidas vendas médicas. La operación ortopédica prosiguió hasta alinear la superficie de reemplazo con la parte baja de las costillas del espécimen. Luego un artista plástico restauró cada una de las costillas de la *Neobuxbaumia polylopha*, alineándolas con las partes correspondientes del tejido vivo. Cada una de las costillas fue formándose, empleando también pedazos de las vendas de yeso dobladas adecuadamente para reproducir cada costilla; tiras delgadas de hule espuma sirvieron para rellenar algunas oquedades menores garantizando que el

volumen y la textura de la costilla reprodujeran al máximo la condición original. Terminada la fase reconstructiva se selló toda la superficie artificial con un sellador para acrílicos, a fin de protegerla de la humedad y de los rayos solares. Se aplicaron dos capas del sellador. Esta facies, externa, originalmente blanca y lisa, se pintó entonces con colores derivados de pinturas de tierra, en tonos de verde que igualaron el color natural del tallo de la planta, a manera de un clorénquima. Una vez terminada la aplicación del color se repitió el procedimiento de sellado. Los bordes de la unión prótesis-planta se sellaron con una mezcla especial hecha a base de ceras de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) y copal (*Protium copal*). Esto último para asegurar que los escurrimientos, a lo largo del tallo, no penetren a los intersticios entre las uniones, lo que podría dislocar el añadido. La parte final del arreglo estético consistió en señalar las aréolas y pegar en cada una de ellas espinas reales, donadas por otros ejemplares, para darle al culmo una apariencia tan real como fue posible.

Resultados

Las fotografías (Fotos 2 a-f) demuestran gráficamente el procedimiento realizado y lo conseguido. La intervención practicada en el ejemplar de *Neobuxbaumia polylopha* permitió detener una infección bacteriana que de haber continuado habría puesto en riesgo el ejemplar y su presencia visual en el conjunto paisajístico en el que se ubica dentro del Jardín Botánico Regional de Cadereyta. La prótesis, como complemento al tratamiento realizado, fue una idea acertada, puesto que cubrió el vacío producido por los tejidos carcomidos y extirpados, mejorando la estructura y estética del espécimen. Particularmente el resultado logrado con la reconstrucción plástica ha permitido que los visitantes prácticamente no noten las secuelas de la enfermedad. La

prótesis ha estado en su sitio por un poco más de un año, soportando la intemperie, sin afectaciones mayores; únicamente se ha notado una ligera separación (~4 mm) en uno de los lados, que será retocada con la mezcla de ceras de candelilla y copal.

Es claro que esta primera experiencia en la rehabilitación de un ejemplar en exhibición cambia notablemente al espécimen. Se avanza con todo esto un paso más hacia la mejora de los procesos curatoriales rutinarios de los jardines botánicos mexicanos.

Discusión

Curatoria permanente en los jardines botánicos mexicanos.

El cuidado de los ejemplares conservados en los jardines botánicos mexicanos demanda el ejercicio de acciones asiduas y profesionales para procurar el máximo nivel de sanidad vegetal y estética de las plantas en exhibición. La muerte o deterioro de una planta en una colección botánica significa pérdidas económicas y ecológicas. La pérdida de especímenes notables, si bien es difícil de cuantificar monetariamente, es claro que menoscaba patrimonios, puesto que disponer de un reemplazo significaría, por un lado, trámites para su colecta y la extracción de organismos, tal vez, reproductivos; por otra parte, existen importantes costos directos derivados del traslado de un ejemplar hasta las instalaciones de un jardín botánico, en donde, además, tendrían que pasar por una cuarentena y un proceso de adaptación. La adquisición o incluso el cultivo de sustitutos, es difícil, por su ausencia, casi completa, en el mercado mexicano; o por el largo tiempo que su cultivo implica. El contar en cambio con un procedimiento, simple y efectivo, para, con los medios al alcance, paliar los

daños estructurales y estéticos producidos por necrosis de tejidos ocasionadas por agentes etiológicos recidivantes y difíciles de controlar, no tiene parangón. La prótesis construida para esta *Neobuxbaumia polylopha* es una experiencia de manejo curatorial de nuestras colecciones botánicas que debería hacerse más común en las rutinas de manejo cotidiano de todos los jardines botánicos del país. El conocimiento derivado podría fortalecer la praxis y contribuir a consolidar una teoría operativa aplicable a todo tipo de plantas silvestres valiosas. Queremos concluir expresando que, aún con recursos materiales limitados, los responsables de las colecciones botánicas debemos ejercitar este tipo de praxis médica vegetal de manera que la protección de la flora sea rutinaria y exitosa.

Agradecimientos

A los revisores del texto original por sus valiosas aportaciones que permitieron un producto más depurado en beneficio de los lectores.

Literatura citada

- Agrios GN. 2005. *Plant Pathology*. Edition. Elsevier Academic Press. London. U. K.
- Bravo-Hollis H & Sánchez-Mejorada H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Catara V. 2007. *Pseudomonas corrugata*: plant pathogen and/or biological source. *Mol. Plant Pathol.* **8**:233-244.
- De Liñán C. 2009. *Agroquímicos de México. Productos fitosanitarios, nutricionales, orgánicos y otros insumos*. Editorial TecnoAgrícola de México.
- García E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. México.
- González LC. 1985. *Introducción a la fitopatología*. 4ª reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- Lazarev AM. 2008. *Pseudomonas corrugata* Roberts & Scarlett - Pith Necrosis of Tomato. En: Afonin AN, Greene SL, Dzyubenko NI & Frolov AN. (eds.). 2008. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds. <http://www.agroatlas.ru/en/content/diseases/Lycopersici/Lycopersici_Pseudomonas_corrugata/>
- López MM. 1984. Bacteriosis del tomate en España. <http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Hort%2FHort_1984_17_35_44.pdf>
- Nico AI, Alippi AM, Dal Bo E & Ronco LB. 2006. Interacción de *Pseudomonas corrugata* y *Pseudomonas viridiflava* y diferentes genotipos de tomate. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* **106**:37-45.
- Sánchez E, Chávez R, Hernández & Hernández MM. 2006. *Especies de Cactaceae prioritarias para la conservación en la Zona Árida Querétano-Hidalguense*. Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío". Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Querétaro. México.
- Scheinvar L. 2004. *Flora cactológica del estado de Querétaro: Diversidad y riqueza*. Fondo de Cultura Económica. Sección de obras de ciencia y tecnología. México.
- Weht S, Brandán-Weht CI & Ulla EL. 1998. Sintomatología, transmisión y condiciones predisponentes de la necrosis medular del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) producida por *Pseudomonas corrugata* Robert & Scarlett. *Revista de Ciencia y Técnica* **6**: 5-12.

Recibido: julio 2013; aceptado: agosto 2013

Received: July 2013; Accepted: August 2013

Mammillaria crucigera Mart.



Salvador Arias.

Mammillaria crucigera es un cacto de tallo globoso o cilíndrico, con crecimiento simple o cespitoso por ramificación dicotómica, de hasta 15 cm de altura, con el ápice hundido. Presenta tubérculos de color verde olivo grisáceo, cuadrangulares en la base y con aristas poco marcadas, de 4 a 7 mm de altura y 5 mm de espesor basal que se disponen en series espiraladas. Los tubérculos jóvenes presentan abundante lana blanca en las axilas que se extiende hasta el ápice y desaparece en los tubérculos más viejos. Las areólas son circulares con escasa lana blanca sólo en los tubérculos más jóvenes, con abundantes y pequeñas espinas radiales, de 24 a 30, de 1.5 a 2 mm de longitud; y de 2 a 6 espinas centrales siendo 4 lo más común, que van del amarillento hasta el blanco dispuestas en cruz (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991). Las flores son infundibuliformes y miden de 7 a 13 mm de longitud, emergen cerca del ápice de la planta; los segmentos exteriores del perianto son linear-lanceolados con el margen aserrado y con una franja media de color castaño purpúreo mientras que los segmentos interiores son color rojo purpurino. Los frutos pueden ser externos claviformes de color rojo, o internos redondeados y blanquecinos. Las semillas son encorvado-piriformes de amarillas a castañas (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991; Contreras & Valverde 2002).

Se trata de una planta endémica de México que se distribuye en la cuenca alta del río Papaloapan en los estados de Puebla y Oaxaca. Está considerada dentro de la categoría especie vulnerable (IUCN, 1994) y sujeta a protección especial (NOM-059-ECOL-2001).

Existen pocos estudios ecológicos sobre esta especie, entre ellos Contreras y Valverde (2002) reportan un decremento en la población del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, lo cual sumado a la rareza de la especie y la fragmentación de su hábitat podrían poner a *Mammillaria crucigera* en estatus de amenazada.