

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

60 aniversario
1955 2015



VOLUMEN 60 No. 3

JULIO - SEPTIEMBRE 2015

ISSN 0526-717X

CACTÁCEAS y succulentas mexicanas

Volumen 60 No. 3
Julio-septiembre 2015

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-Baes
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

M. en C. Francisco González Medrano
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco

Horticultura

Dr. Candelario Mondragón Jacobo, INIFAP-UAQ
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 Azpíri
Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, campus Juriquilla

Asistentes editoriales

Dra. 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

Litográfica Dorantes SA de CV
Se imprimieron 1000 ejemplares, agosto de 2015

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:

Pseudomitrocereus fulviceps
José Gabriel Téllez Torres



Cactáceas y Succulentas 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 y se encuentran bajo la siguiente licencia la Creative Commons .

La revista *Cactáceas y Succulentas Mexicanas* se encuentra registrada en los siguientes índices: CAB Abstracts, BIOSIS (Thomson Reuters), Periodica y Latindex.

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

The articles are under the Creative Commons license .

The journal *Cactáceas y Succulentas Mexicanas* is registered in the following indices: CAB Abstracts, BIOSIS (Thomson Reuters) Periodica and Latindex.

Dirección editorial (editor's address): *Cactáceas y Succulentas Mexicanas*, Instituto de Ecología, UNAM, Apto. 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. 0194760840 de BBVA Bancomer a nombre de Aridamérica A.C., clabe 012180001947608401.

Subscription rates: 40.00 USD or 30.00 €.

socmexcact@yahoo.com

www.somecacto.com

Consulta de normas editoriales y revistas con el texto completo:

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



Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos siempre y cuando se cite la fuente y no sea con fines de lucro.

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 60 No. 3 julio-septiembre 2015

Contenido



Efecto de tratamientos pregerminativos en la germinación de semillas y supervivencia de plántulas de *Pseudomitrocereus fulviceps*

Navarro Carbajal MC, Eliosa León HR, González Machorro EM & Rodríguez Pérez RL68

Fenología y sistema de apareamiento de *Mammillaria humboldtii*: una especie en peligro de extinción

Martínez-Ramos M, Arroyo-Cosultchi G, Golubov J & Mandujano MC 80

60 Años de *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*

Meyrán García J 91

60 Años de *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* del 2000 al 2015

Suzán Azpiri H 95

***Coryphantha elephantidens* (Lemaire) Lemaire 1869**

Hernández-Tapia R, Vargas-Castrejón G & Martínez-Peralta C96

Contents

Effect of pregermination treatments on seed germination and seedling survivorship of *Pseudomitrocereus fulviceps*

Navarro Carbajal MC, Eliosa León HR, González Machorro EM & Rodríguez Pérez RL68

Phenology and mating system of *Mammillaria humboldtii*: a species in danger of extinction

Martínez-Ramos M, Arroyo-Cosultchi G, Golubov J & Mandujano MC 80

60 years of *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*

Meyrán García J 91

60th anniversary of *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* from 2000 to 2015

Suzán Azpiri H 95

***Coryphantha elephantidens* (Lemaire) Lemaire 1869**

Hernández-Tapia R, Vargas-Castrejón G & Martínez-Peralta C96

Efecto de tratamientos pregerminativos en la germinación de semillas y supervivencia de plántulas de *Pseudomitrocereus fulviceps*

Navarro Carbajal María del Carmen^{1*}, Eliosa León Héctor Rafael¹, González Machorro Eva María¹ & Rodríguez Pérez Rosa Luz¹

Resumen

Pseudomitrocereus fulviceps es una especie endémica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México en peligro de extinción (NOM-059-ECOL-2010). El estudio de la germinación de sus semillas puede proporcionar información que contribuya a la propagación de especies amenazadas y su conservación. Se evaluó el porcentaje, el índice de germinación de semillas rojas y negras al someterlas a diferentes tratamientos: Ácido sulfúrico/1.5 y 3 min, Agua a 50 °C/5 y 10 min, Tween a 5%/3 min y 4 °C/1 semana; así como, la supervivencia de las plántulas. La germinación fue registrada durante 10 semanas y la supervivencia por un año. Sólo las semillas negras germinaron, oscilando la germinación entre 57.5 y 83.75%. El índice de germinación resultó igual a 4.08 semillas/día y la supervivencia fluctuó entre 28.38 y 85.30%. Los mayores promedios para ambas variables se observaron al sumergir las semillas en agua a 50 °C/5 min.

Palabras clave: Ácido sulfúrico, Cactaceae, Índice de germinación, propagación.

Abstract

Pseudomitrocereus fulviceps is a Mexican endemic species that is endangered (NOM-059-ECOL-2010). Seed germination studies can provide information which may contribute to the propagation and conservation of endangered species. Percentage, germination index of red and black seeds by submitting them to different treatments: sulphuric acid/1.5 and 3 min, water 50 °C/5 and 10 min, Tween 5%/3 min and 4 °C/1 week were evaluated; as; as well as, seedling survival. The germination was registered during 10 weeks and the survival during one year. Only the black seeds germinated, the values ranged between 57.5 and 83.75%. The germination index resulted equal to 4.08 seeds/day and the survival ranged between 23.38 and 85.30%. The highest averages for both variables were observed by immersion of seeds in water at 50 °C/5 min.

Keywords: Cactaceae, Germination index, sulphuric acid.

Introducción

Las semillas de algunas especies de cactáceas pueden presentar algún mecanismo de laten-

cia, característica que se ha considerado como estrategia adaptativa que les permite perpetuarse en su hábitat (Jurado & Moles 2003; Jurado & Flores 2005). En la naturaleza la la-

¹ Cuerpo académico de Biología de Grupos de Organismos, Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Boulevard Valsequillo y Avenida San Claudio. Ciudad Universitaria. Colonia Jardines de San Manuel C.P. 72570.

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



José Gabriel Téllez Torres

FOTO 1. Individuos de *Pseudomitrocereus fulviceps* en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla, México.

tencia se pierde con el tránsito de las semillas por el tracto digestivo de los herbívoros, por abrasión natural o variación en la temperatura (frío o calor). En condiciones de laboratorio éste tipo de sucesos son simulados mediante el uso de ácidos, escarificación mecánica y distintos periodos de estratificación (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000). De las especies de cactáceas que habitan en México aproximadamente 80 son columnares (Bravo-Hollis 1978; Dávila-Aranda *et al.* 1993; Hernández & Godínez 1994; Valiente-Banuet *et al.* 1996); 19 de ellas se encuentran en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Franco 2013); para algunas se ha estudiado el papel

que juega la escarificación física, química y mecánica en la germinación y se ha mostrado que la capacidad germinativa de sus semillas es variable y depende del método aplicado (Álvarez & Montaña 1997; Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; De La Barrera & Nobel 2003; Ramírez & Valverde 2005; Flores & Jurado 2011).

Dentro de los factores que pueden favorecer la germinación se encuentran las altas temperaturas, por ejemplo, una temperatura de 45 °C en *Pachycereus pecten-aboriginum* y de 20 a 30 °C en *Stenocereus queretaroensis* puede elevar los valores de 55 a 68 y de 80 a 84% respectivamente (Vega-Villasante *et al.* 1996;

De la Barrera & Nobel 2003); el ácido sulfúrico concentrado que ocasiona 90% de germinación en semillas de *Lophocereus schottii* (Garza *et al.* 2012); el ácido clorhídrico con pH de 1, 2, 3, 4 y 6 en las especies *Myrtillocactus geometrizans*, *Pachycereus hollianus* y *Corryocactus melanotrichus* promueve hasta 78% de germinación (Godínez-Álvarez & Valiente-Banuet 1998; Larrea-Alcázar & López 2008); el nitrato de potasio (1%) provocó 69.3% de germinación en *Stenocereus griseus* (D'Aubeterre *et al.* 2006); mientras que el ácido giberélico (2.5 mg/l) la induce en 71% para semillas de *Escotria chiotilla* y de 55 a 58% para *S. griseus* (Martínez-Cárdenas *et al.* 2006).

Las semillas de *Neobuxbaumia macrocephala* al someterse a una temperatura de 60 °C durante 4 y 6 horas e inmersión en ácido clorhídrico a pH de 1.5 y 3, mostraron menor capacidad germinativa (75-78%); en contraste con las de *N. tetetzo* y *N. mezcalaensis* donde más de 92% germinaron (Ramírez-Padilla & Valverde 2005).

El lijado en semillas de *Cereus hexagonus* y *Cereus deficiens* promueve la germinación en 79.8 % para la primera y 87.2 para la segunda (D'Aubeterre *et al.* 2006) y sólo 16, 26 y 37% de las semillas de *Cephalocereus chrysacanthus*, *Stenocereus stellatus* y *Cephalocereus hoppenstedtii* respectivamente, germinaron después de desgastar su testa al frotarlas con suelo del lugar de origen (Álvarez & Montaña 1997).

También se ha demostrado la existencia de semillas que no requieren de escarificación para inducir su germinación (Vega-Villasante *et al.* 1996; Álvarez & Montaña 1997; Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; D'Aubeterre *et al.* 2006).

En algunos estudios además de evaluar el porcentaje de germinación se ha estimado la velocidad de germinación y la capacidad de

supervivencia de las plántulas. Se ha observado que el porcentaje; así como, la velocidad de germinación dependen del tamaño de las semillas (Ayala *et al.* 2004; Tenango 2005); en *Stenocereus beneckeii* la capacidad germinativa de sus semillas varía desde 11% para las pequeñas hasta 85% para las de tamaño intermedio (Ayala *et al.* 2004); mientras que, 94% de semillas grandes y 65% de pequeñas de *E. chiotilla* germinaron 15 días después de haber sido sembradas (Tenango 2005). Por otro lado los ciclos de hidratación-deshidratación de diferente duración provocan que las semillas de *Stenocereus thurberi* y *Pachycereus pecten-aboriginum* germinen rápidamente (2 a 3 días) y que 70% de las plántulas sobrevivan; a diferencia de las que no fueron tratadas (Dubrovsky 1996).

Pseudomitrocereus fulviceps es una cactácea columnar endémica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Zavala-Hurtado *et al.* 1997; Arias *et al.* 2012), las plantas de esta especie son usadas principalmente para consumo humano, forraje y material de construcción (Casas 2002), lo que ha generado un decremento en sus poblaciones (Santos 2005) y provocado que la especie se considere en peligro de extinción (NOM-059-ECOL-2010, Diario oficial de la Federación 2010); para ella y otras especies de cactus que padecen esta problemática se ha propuesto a la reproducción *ex-situ* como una alternativa de conservación (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; Flores *et al.* 2005; 2006). Los estudios realizados con *P. fulviceps* han abordado aspectos taxonómicos (Arias *et al.* 1997; Hunt *et al.* 2006; Arias & Terrazas 2009) y del papel del cambio climático en la permanencia de sus poblaciones (Téllez-Valdés & Dávila-Aranda 2003). El estudio de algunos de los factores que inducen la germinación de semillas y

la supervivencia de sus plántulas proporcionará información acerca de su reproducción *ex-situ*. Este trabajo se realizó con el objeto de evaluar el posible efecto de tratamientos pregerminativos semillas en el porcentaje, el índice de germinación y la supervivencia de las plántulas de esta especie en invernadero.

Material y métodos

Especie de estudio

Pseudomicrocerus fulviceps (F. A. C. Weber ex K. Schum.) Bravo & Backeb. Plantas con tallos de hasta 12.0 m alto, 15.0-30.0 cm ancho, ramas secundarias hasta 8.0 m alto, costillas 11-14, 3.0-3.5 cm alto, aréolas 0.8-1.0 cm de largo, circulares a elípticas, distantes entre sí 1.0-1.5 cm, espinas radiales 8-12, 1.0-2.0 cm de largo, aciculares, rígidas, pardo-amarillentas, espinas centrales ca. 3, 2 superiores ca. 2.0 cm de largo, 1 central 4.0-7.0 (-13.0) cm de largo, subuladas, rectas, rígidas pardo-amarillentas; zona fértil apical, con tricomas abundantes, 2.0-3.0 cm de largo, amarillos, espinas setosas escasas, 2.0-4.0 cm de largo, pardas. Flores 6.0-8.0 (-9.0) cm de largo, ca. 6.0 cm de ancho; pericarpelo 1.2-1.5 cm de largo, 1.3-2.0 cm de ancho, rosado, brácteas 3.0-6.0 largo, ca. 2.0 mm de ancho, carnosas, rígidas al secarse, rosadas, tricomas 1.5-3.0 cm de largo, abundantes, pardo-amarillo, espinas setosas, escasas, 2.0-3.0 cm de largo, amarillas, tubo receptacular ca. 4.0 cm de largo, brácteas 0.5-2.0 cm de largo, 0.3-0.8 cm de ancho deltoides a oblongas, carnosas, rígidas al secarse, rosadas a púrpura, tricomas abundantes, 2.0-3.0 cm de largo, espinas setosas escasas, 3.0-5.0 cm de largo, amarillas, tépalos externos 1.5-2.0 cm de largo, 0.8-1.0 cm de ancho, oblanceolados, ápice acuminado, gruesos, coriáceos, rosados, púrpura o amarillos, a veces con el margen ligeramente lacerado, tépalos internos 1.5-2.0 cm de largo, 1.0-1.2 cm de ancho, oblanceolados, blancos, ocasionalmente rosados a amarillentos,

margen lacerado; estambres (0.8-)1.4-2.0 cm de largo, filamentos blanco-amarillentos; estilo 4.5-5.0 cm de largo, amarillo, lóbulos del estigma ca. 3.0 mm de largo, amarillos a rosados. Frutos ca. 3.4 cm de largo, ca. 3.7 cm de ancho, pericarpio duro, brácteas 5.0-8.0 mm de largo, rígidas, aréolas persistentes con lana abundante, cerdas escasas, flexibles (Arias *et al.* 2012). Los frutos, llamados "huevos de león" son consumidos por algunas personas y son dispersados por aves (Arias *et al.* 2001). Semillas de 2.5-2.9 mm de largo, 1.7-2.3 mm ancho. (Arias *et al.* 2012).

Las semillas que se utilizaron en el presente estudio se obtuvieron de frutos de *P. fulviceps* (Foto 1) colectados en Junio de 2008, en San José Dixiñado, ubicado a 18° 13'44.32" Latitud N y 97° 30'54" Longitud O en el Valle de Zapotitlán Salinas en la región suroriental del Estado de Puebla, dentro de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. El clima de la región es semiárido, con una temperatura promedio anual de 21.2 °C y una precipitación anual de 380 mm. Predominan en la zona los suelos calizos, que son el sustrato sobre el cual se desarrolla el matorral xerófilo. (Arias *et al.* 2001). Los frutos se abrieron con un bisturí, se extrajeron las semillas y se lavaron con agua corriente para eliminar la pulpa, se espolvorearon con fungicida (Captan) y almacenaron en sobres de papel a temperatura ambiente. De los frutos se obtuvieron dos tipos de semillas (negras y rojizas).

En noviembre del mismo año, ambos tipos de semillas fueron sometidas a seis tratamientos: Ácido sulfúrico/1.5 y 3 min; Agua a 50 °C/5 y 10 min; Tween 5%/3 min y 4 °C/1 semana, además se utilizó un testigo; cada uno con cuatro repeticiones. Se emplearon veintiocho unidades experimentales que contenían 20 semillas de cada tipo.

Las semillas se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio comercial al 70% durante 1 min se enjuagaron en agua destilada, se les aplicaron los pretratamientos, se enjuagaron nuevamente en agua destilada y se introdujeron

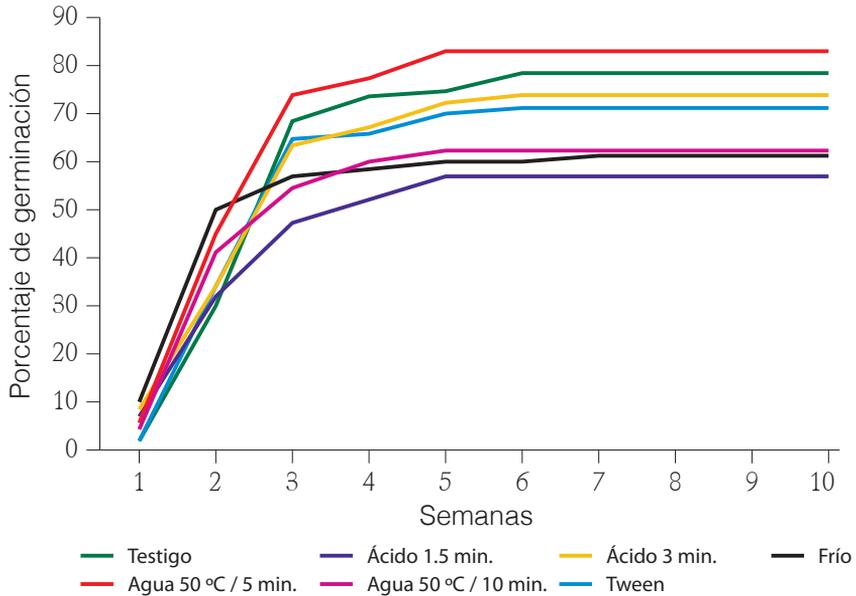


FIGURA 1. Porcentaje de germinación acumulada en semillas de *Pseudomicrocereus fulviceps* para diferentes tratamientos pregerminativos.

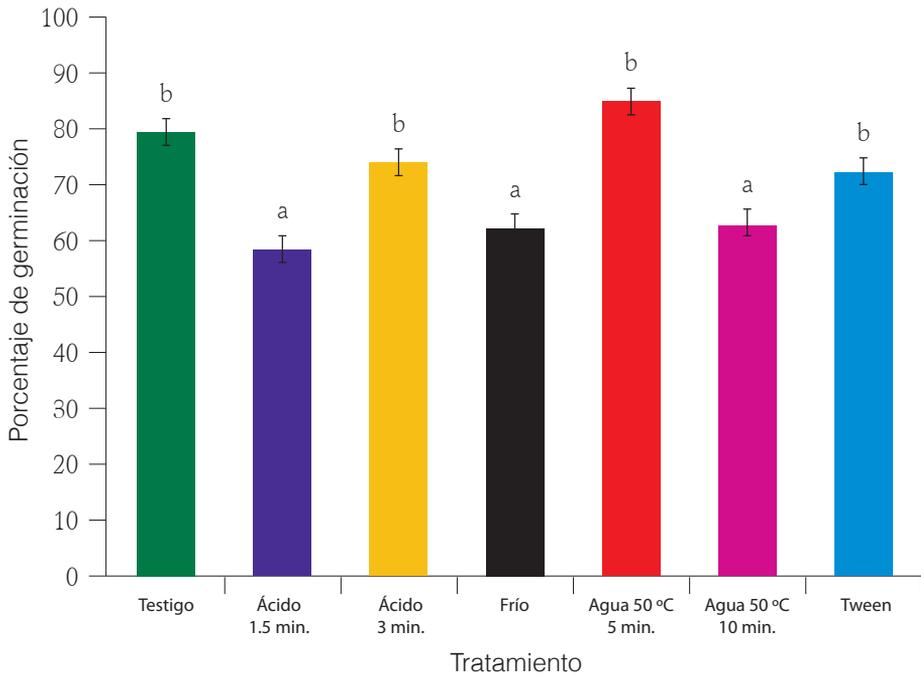


FIGURA 2. Porcentaje de germinación registrado en semillas de *Pseudomicrocereus fulviceps* para diferentes tratamientos pregerminativos. Letras diferentes muestran diferencias significativas (media \pm ee; $P < 0.05$).

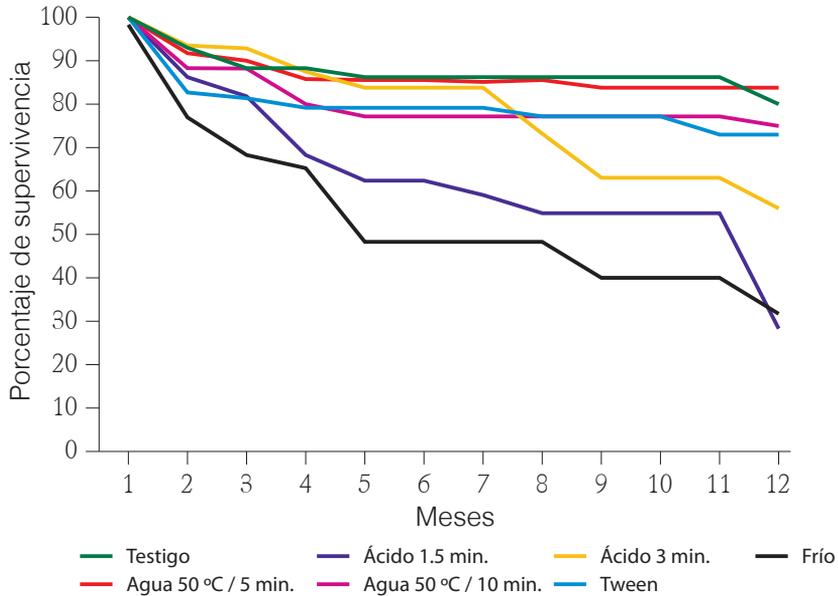


FIGURA 3. Porcentaje de supervivencia registrado para las plántulas obtenidas con diferentes tratamientos pregerminativos en semillas de *Pseudomicroceres fulviceps*.

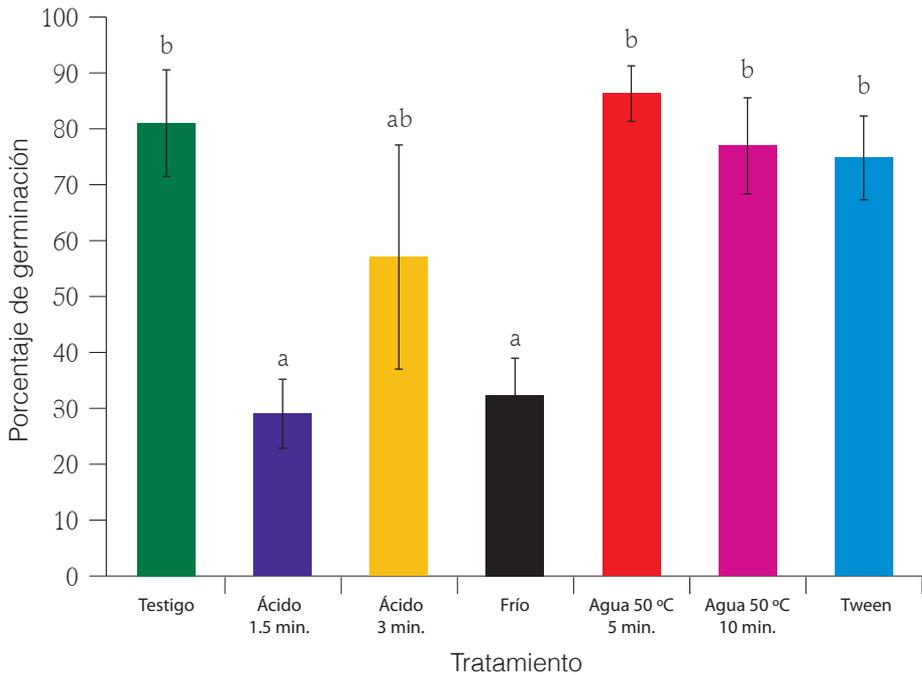


FIGURA 4. Porcentaje de supervivencia registrado en plántulas de *Pseudomicroceres fulviceps* obtenidas mediante tratamientos pregerminativos. Letras diferentes muestran diferencias significativas (media \pm ee; $P < 0.05$).

en una solución de 20 gr/l de fungicida (Captan) durante 1 min para evitar la proliferación de hongos. Las semillas para todos los tratamientos se sembraron en charolas de plástico transparente con domo de 13.5 x 13.5 cm, que contenían 250 gr de sustrato constituido por tierra de hoja, cacahuatillo y arena (2:1:1), esterilizado previamente en horno de microondas durante 10 min. Las charolas permanecieron en el invernadero de la Colección de Cactáceas y Suculentas "Helia Bravo-Hollis" de la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. El sustrato se regó a capacidad de campo cada tercer día; el número de semillas que germinaron se registró a intervalos de dos días por 10 semanas y la supervivencia de las plántulas mensualmente durante un año.

Para estimar el Índice de germinación (IG) se utilizó el propuesto por Scott (1984, en González-Zertuche & Orozco-Segovia 1996): $IG = \sum (n_i * t_i) / N$; donde IG = Índice de germinación, n_i = número de semillas germinadas en el día i , t_i = número de días después de la siembra y N = total de semillas sembradas.

Con la finalidad de determinar el posible efecto de los pretratamientos en el porcentaje y en el Índice de germinación; así como, en la supervivencia de las plántulas los datos se sometieron a análisis de varianza de un factor de bloques aleatorios; a los porcentajes de germinación de semillas y de supervivencia de las plántulas se les aplicó la transformación angular ($\text{Arc Sen } \sqrt{\%/100}$) para cubrir los supuestos de normalidad (Sokal & Rohlf 2002) Se realizaron pruebas de Duncan para determinar las diferencias entre los promedios de cada grupo. Los análisis se efectuaron con el programa Statistica ver. 7.

Resultados

Sólo se presentan los obtenidos para las semillas negras, dado que las rojizas no germinaron en ninguno de los tratamientos.

Al final del experimento el porcentaje en el tratamiento de agua a 50 °C/5 min mostró el valor más alto 83.75% \pm 4.26 (media \pm ee), seguido del testigo (78.75% \pm 2.39); mientras que el menor (57.5% \pm 2.5) ocurrió para las semillas que se sometieron a inmersión en ácido sulfúrico/1.5 min; para el resto de los tratamientos los valores oscilaron entre los observados para el testigo y el ácido (Fig. 1).

Los diferentes pretratamientos aplicados afectaron significativamente la germinación de las semillas de *P. fulviceps* ($F_{(6,18)}=3.70, P=0.011$). Con respecto a cada tratamiento la prueba de Duncan mostró que no existen diferencias significativas entre el testigo, agua 50 C/10 min, tween y ácido 3 min donde se registraron valores mayores a 71%; mientras que, en el agua a 50 °C/10 min, el ácido sulfúrico/1.5 min y el frío (4 °C/1semana) germinaron menos semillas (57.20, 61.25 y 62.50 % respectivamente); en este caso tampoco se encontraron diferencias significativas (Fig. 2).

Después de una semana de haber sembrado las semillas en todos los tratamientos se registró germinación. (Fig. 1). El índice de germinación promedio resultó igual a 11.54 \pm 0.77 semillas/día, el agua a 50 °C/5 min presentó el valor más alto 13.85 \pm 0.47 semillas/día; el menor ocurrió en el ácido/1.5 min (8.67 \pm 0.58 semillas/día). No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para esta variable de respuesta ($F_{(6,18)}=0.67, P=0.674$).

La supervivencia de las plántulas tiende a disminuir una vez iniciado el experimento, después de un año el porcentaje promedio registrado fue de 61.66% \pm 8.83; las plántulas que se obtuvieron en el tratamiento de agua a 50 °C/5 min presentaron el valor más alto (85.30% \pm 4.56); mientras

que, el menor se observó ($28.38\% \pm 6.09$) para las que se produjeron al sumergir las semillas en ácido sulfúrico/1.5 min (Fig. 3).

La supervivencia de las plántulas de *P. fulviceps* se vio significativamente afectada por los pretratamientos ($F_{(6,18)}=3.53$, $P=0.017$); el frío (4 °C/1semana), el ácido/1.5 y 3 min presentaron los valores más bajos (28.38 a 56.18%); en el resto de los tratamientos la supervivencia de las plántulas resultó mayor de 70% (Fig. 4).

Discusión

Los resultados mostraron que 83.75% de las semillas negras de *P. fulviceps* germinan al someterlas a inmersión en agua a 50 °C/5 min; a diferencia de otras especies de cactáceas donde los mayores porcentajes de germinación se observan al someter las semillas a otros tratamientos; en *S. griseus* con aplicación de nitrato de potasio al 1% se obtiene 69.3%, las semillas *C. hexagonus* y *C. deficiens* con escarificación mecánica registraron de 79.8 - 87.2% respectivamente (D'Auberrete *et al.* 2006); mientras que en las de *S. griseus* y *E. chiotilla* el ácido giberélico a 2.5 mg/l resultó ser promotor de la germinación con valores de 55 hasta 71% (Martínez-Cárdenas *et al.* 2006). Parece ser que la capacidad de germinación de las semillas difiere en función de la especie y del pretratamiento aplicado.

El porcentaje de germinación (73.75%) para las semillas que se sometieron a ácido sulfúrico/3 min resultó similar al registrado para el testigo y en las que se aplicó el mismo ácido por menos tiempo (1.5 min) germinaron únicamente 57.5%. Lo anterior sugiere que el ácido sulfúrico no promueve la germinación de las semillas de *P. fulviceps*, a diferencia de lo observado para

otras especies de cactus (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000) y de manera semejante a lo que sucede con las semillas de *C. chrysacanthus*, *C. hoppenstedtii*, *S. stellatus*, *Pilosocereus moritzianus* y *P. pecten-aboriginum* (Vega-Villasante *et al.* 1996; Álvarez & Montaña 1997; D'Auberrete *et al.* 2006), *S. beneckeii* (Ayala-Cordero *et al.* 2004), *S. griseus* y *C. repandus* (Nassar & Emaldi 2008) las semillas de esta especie no necesitan de escarificación química para su germinación.

Posiblemente en condiciones naturales las semillas de *P. fulviceps* no requieren del tránsito por el tracto digestivo de herbívoros para inducir su germinación; a pesar de que se ha observado que sus frutos son dispersados por aves (Arias *et al.* 2001), de manera similar a lo que ocurre en *M. geometrizans* (Godínez-Álvarez & Valiente-Banuet 1998) es probable que para estas especies el paso de las semillas por el tracto digestivo de animales sea solamente un medio de dispersión (Fuentes 2012), y no un promotor del rompimiento de la latencia.

Sólo 61.25% de las semillas de *P. fulviceps* germinaron en el tratamiento de agua a 50 °C/10 min; este valor fue menor al del testigo (78.75%), lo anterior sugiere que quizá el tiempo de exposición de las semillas a esta temperatura fue excesivo y posiblemente el calor ocasionó daños en los embriones que ya no pudieron germinar, lo cual justifica que la germinación en el testigo haya sido 28.57% mayor al valor observado en este tratamiento. En contraste con el tratamiento de frío (4°C/ 1 semana) la germinación fue 20.63% menor comparada con el testigo; lo que indica que no fue posible simular las temperaturas invernales que toleran las semillas en campo, ni proporcionar las condiciones adecuadas para terminar con la inmadurez del embrión



FOTO 2. Ejemplar de *Pseudomitrocereus fulviceps* de aproximadamente seis años.

que ocasiona la latencia de las semillas (Vázquez-Yanes *et al.* 1997), posiblemente las semillas de *P. fulviceps* presentan algún mecanismo de latencia fisiológica que no puede ser eliminado con la estratificación (Flores & Jurado 2011).

La capacidad de germinación difiere entre las especies debido a que sus requerimientos también resultan distintos; se ha observado que en algunas los porcentajes de germinación son bajos, posiblemente por efectos maternos inducidos por el ambiente que ocasionan inviabilidad de las semillas debido a inmadurez del embrión, embriones no vivos y embriones con problemas genéticos o con estados de latencia profunda (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; Anderson 2001; Nobel *et al.* 2002; Baskin & Baskin 2014), quizá para las semillas de *P.*

fulviceps alguno de estos factores determine la variación en el tiempo de germinación de las negras y la ausencia de ella en las rojizas.

El tiempo de germinación de las semillas negras de *P. fulviceps* en todos los tratamientos de escarificación fue de siete días a diferencia de *C. melanotrichus*, que ocurre de 4 a 6 días cuando las semillas son sumergidas en soluciones de ácido clorhídrico a pH de 1, 2 y 4 por 1 h (Larrea-Alcázar & Pérez 2008); mientras que, en *Stenocereus queretaroensis* cuando las semillas se incuban a diferentes temperaturas de día y de noche, presentan germinación desde el tercer día (De la Barrera & Nobel 2003); las semillas de *P. fulviceps* requieren de humedad y temperatura óptima para que la germinación ocurra en menos de cinco días, como se ha observado en *Neobuxbaumia polylopha*, donde a los tres días de ser sembradas el 97% de las semillas germinan al someterse a temperatura ambiente y 99% cuando se les aplican temperaturas alternantes (Rosas 2006). Se ha sugerido que las semillas frecuentemente responden a combinaciones específicas de luz, temperatura y humedad del suelo que son factores determinantes para inducir el rompimiento de la latencia (González-Medrano 2012; Baskin & Baskin 2014), posiblemente en su hábitat las semillas de *P. fulviceps* precisen de condiciones ambientales muy específicas para germinar.

La mayor velocidad de germinación (13.85 ± 0.47 semillas/día) ocurrió al sumergir las semillas en agua a 50 °C/5 min, probablemente en éste tratamiento la absorción de agua ocurrió más rápidamente (Sánchez *et al.* 2006), tal vez en este tratamiento el lavado haya favorecido la eliminación de inhibidores de la germinación que se encuentran en la testa de las semillas (Sánchez-Venegas 1997; Baskin & Baskin 2014).

Se ha propuesto que el tiempo de germinación considerado como la velocidad a la que responden las semillas a las señales ambientales determina el éxito en el establecimiento (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1996); el tiempo en el que germinaron las semillas de *P. fulviceps* (7 días) alude a una rápida respuesta a los factores ambientales y a altas probabilidades de establecimiento, dado que 85.30% de las plántulas que se obtuvieron en el tratamiento de agua a 50 °C/5 min sobrevivieron después de un año de iniciado el experimento (Foto 2).

Los valores de supervivencia registrados (< 32%) para las plántulas de *P. fulviceps* que se obtuvieron al someter las semillas en ácido sulfúrico/1.5 min y a 4°C/ 1 semana, indican que existen factores además de las características genéticas de las semillas que influyen en la supervivencia de las plántulas como: la radiación fotosintéticamente activa y el tipo de suelo; pues se ha observado que las de *Wilcoxia viperina* requieren de condiciones en casa de sombra para crecer, las de *S. stellatus* se generan más rápidamente en suelo extraído debajo de *Mimosa luisana* (Álvarez & Montaña 1997).

Las semillas de *P. fulviceps* no requieren de la aplicación de tratamientos pregerminativos para romper la latencia e inducir la germinación, y una vez que se generan las plántulas más del 80% de ellas son capaces de sobrevivir después de un año, en consecuencia la reproducción *ex situ* puede ser una alternativa para la propagación de la especie.

Agradecimientos

Los autores agradecemos a José Gabriel Téllez Torres por haber realizado la colecta de los frutos de las plantas en su hábitat, sin los cuales no

habría sido posible realizar el presente estudio. A los revisores por sus comentarios para mejorar el trabajo.

Literatura citada

- Álvarez G & Montaña C. 1997. Germinación y supervivencia de cinco especies de Cactáceas del Valle de Tehuacán: implicaciones para su conservación. *Act Bot Mex* **40**:43-58.
- Anderson EF. 2001. *The Cactus Family*. Timber Press. Portland, Oregon, USA.
- Arias A, Valverde T, Reyes J. 2001. *Las plantas de la región de Zapotitlán Salinas, Puebla*. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, UNAM. CONABIO. D. F. México.
- Arias S & Terrazas T. 2009. Taxonomic revision of *Pachycereus* (Cactaceae). *Syst Bot* **1**:68-83.
- Arias S, Gama-López S, Guzmán-Cruz LU & Vázquez-Benítez B. 2012. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Fascículo 95. Instituto de Biología. UNAM. D. F. México.
- Ayala-Cordero G, Terrazas T, López-Mata L & Trejo C. 2004. Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia* **29**:692-697.
- Baskin C & Baskin J. 2014. *Seeds ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Edit. Academic Press. San Diego U.S.A.
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. I. UNAM. D. F. México.
- Casas A. 2002. Uso y manejo de cactáceas columnares mesoamericanas. *Cact Suc Mex* **47**:4-11.
- D'Auberrete R, Piñero Z, García E & Figarella MA. 2006. Efecto de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación de cinco especies de cactáceas (*Opuntia ficus indica*, *Pilosocereus moritzianus*, *Stenocereus griseus*, *Cereus deficiens* y *Cereus hexagonus*) del estado de Lara. Simposio - Taller Experiencias en

- Agroforestería ejecutadas o en proceso por el INIA. Venezuela.
- Dávila-Aranda P, Villaseñor-Ríos JL, Medina-Lemos R, Ramírez-Roa A, Salinas-Tovar A., Sánchez-Ken J & Tenorio-Lezama P. 1993. Listados Florísticos de México X. *Flora del Valle de Tehuacán Cuicatlán*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- De la Barrera E & Nobel SP. 2003. Physiological ecology of seed germination for the columnar cactus *Stenocereus queretaroensis*. *J Arid Environ* **53**:297-306.
- 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). D.F. México.
- Dubrovsky JG. 1996. Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implication. *Am J Bot* **83**:624-632.
- Flores J & Jurado E. 2011. Germinación de especies de cactáceas en categoría de riesgo del Desierto Chihuahuense. *Rev Mex Cien For* **2**:59-70.
- Flores J, Arredondo A & Jurado E. 2005. Comparative seed germination in species of *Turbincarpus*: An endangered cacti genus. *Nat Areas J* **25**:183-187.
- Flores J, Jurado E & Arredondo A. 2006. Effect of light on germination of seeds of Cactaceae from the Chihuahuan Desert, México. *Seed Sci Res* **16**:149-155.
- Franco ED. 2013. Catálogo ilustrado de cactáceas columnares del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores de Iztacala. UNAM. México.
- Fuentes MV. 2012. Atributos demográficos y biología reproductiva de *Coryphantha coronifera* y *Stenocactus anfractuosus* con fines de conservación. Tesis de doctorado. Postgrado de Botánica. Colegio de Postgraduados. México.
- Garza RA, Pedraza M, Treviño JF, Rodríguez RG, Barrón MP & Morales ME. 2012. Germinación *in vitro* y respuesta morfogénica de *Lophocereus schottii*. *J PACD* **14**:24-34.
- Godínez-Alvarez H & Valiente-Banuet A. 1998. Germination and early seedling growth of Tehuacan Valley cacti species: the role of soils and seed ingestion by dispersers on seedling growth. *J Arid Environ* **39**:21-3.
- González-Medrano F. 2012. *Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación*. Instituto de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. D.F. México.
- González-Zertuche L & Orozco-Segovia A. 1996. Métodos de análisis de datos de la germinación de las semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Bol Soc Bot Mex* **58**:37-52.
- Hernández HN & Godínez H. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Bot Mex* **26**:33-52.
- Hunt DR, Taylor N & Charles G. 2006. The New Cactus Lexicon, Vol. I and II: *Descriptions and illustrations of the cactus family*. dh Books. Milborne Port England.
- Jurado E & Flores J. 2005. Is seed dormancy under environmental control or bound to plant traits?. *J Veg Sci* **16**:559-564.
- Jurado E & Moles A. 2003. Germination defers strategies, páginas 381-388. En: G. Nicolas, N. K. J. Bradford, D. Come, & H. W. Pritchard (eds.). *The Biology of Seeds: Recent Research Advances*. CABI Publishing. Wallingford, UK.
- Larrea-Alcázar DM & López RP. 2008. Seed germination of *Corryocactus melanotrichus* (K. Schum.) Britton & Rose (Cactaceae): an endemic columnar cactus of the Bolivian Andes. *Ecol Boliv* **43**:135-140.

- Martínez-Cárdenas ML, Cabrera-Jiménez MC, Carmona A, Varela-Hernández GJ. 2006. Promoción de la germinación de semillas de *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaum y *Escontria chiotilla* (Weber) Rose. *Cact Suc Mex* **51**:111-119.
- Nassar J & Emaldi U. 2008. Fenología reproductiva y capacidad de regeneración de dos cardones, *Stenocereus griseus* (Haw.) Buxb. y *Cereus repandus* (L.) Mill. (Cactaceae). *Act Bot Venez* **31**:495-528
- Nobel PS, De la Barrera E, Beilman DW, Doherty JH & Zutta BR. 2002. Temperature limitations for cultivating edible cacti in California. *Madroño* **49**:228-236.
- Ramírez-Padilla CA & Valverde T. 2005. Germination responses of three congeneric cactus species (*Neobuxbaumia*) with differing degrees of rarity. *J Arid Environ* **61**:333-343.
- Rojas-Aréchiga M & Vázquez-Yanes C. 2000. Cactus seed germination: a review. *J Arid Environ* **44**:85-104.
- Rosas E. 2006. Estudio de la germinación de semillas y establecimiento de plántulas de *Neobuxbaumia polylopha* (DC) Backeb. Informe de Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana. D.F. México.
- Sánchez-Salas J, Flores J & Martínez-García E. 2006. Efecto del tamaño de semilla en la germinación de *Astrophytum myriostigma* Lemaire. (Cactaceae), especie amenazada de extinción. *Interciencia* **31**:371-375.
- Sánchez-Venegas G. 1997. Germinación, viabilidad y características distintivas de la semilla de *Opuntia xocanostle* Weber, forma cuaresmero. *Cact Suc Mex* **42**:16-21.
- Santos MS. 2005. Micropropagación de *Ferocactus glaucescens* Britton & Rose, cactácea mexicana de valor ornamental. *Bol Soc Latin Caribe Cact Suc* **2**:6-8.
- Sokal RR & Rohlf FJ. 2002. *Introducción a la biostatística*. Ed. Reverté. Barcelona, España.
- Téllez-Valdés O & Dávila-Aranda P. 2003. Protected areas and climate change: a case study of the cacti in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. *Conserv Biol* **17**:846-853.
- Tenango CE. 2005. Germinación de *Escontria chiotilla* (Rose) Cactaceae. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana. D.F. México.
- Valiente-Banuet A, Arizmendi MC, Rojas-Martínez A & Domínguez-Canseco L. 1996. Ecological relationships between columnar cacti and nectar-feeding bats in Mexico. *J Trop Ecol* **12**:103-119.
- Vázquez-Yanes C & Orozco-Segovia A. 1996. Physiological ecology of seed dormancy and longevity. En S. S. Mulkey, R. L. Chazdon & A. P. Smith (eds.) *Tropical Forest Plant Ecophysiology*. Chapman & Hall. New York.
- Vázquez-Yanes C, Orozco A, Rojas M, Sánchez ME & Cervantes V. 1997. *La reproducción de las plantas: semillas y meristemos*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Vega-Villasante F, Nolasco H, Montaña C, Romero-Schmidt H & Vega-Villasante E. 1996. Efecto de la temperatura, acidez, iluminación, salinidad, irradiación solar y humedad sobre la germinación de semillas *Pachycereus pecten-aboriginum* "cardón barbón" (Cactaceae). *Cact Suc Mex* **41**:51-61.
- Zavala-Hurtado JA. 1997. Estatus ecológico de *Mammillaria pectinifera* Weber y *Pachycereus fulviceps* en el Valle de Zapotitlán, Puebla. Reporte final del proyecto G022-CONABIO. D. F. México.

Fenología y sistema de apareamiento de *Mammillaria humboldtii*: una especie en peligro de extinción

Martínez-Ramos Marisol¹, Arroyo-Cosultchi Gabriel¹,
Golubov Jordan¹ & Mandujano María C.²

Resumen

Mammillaria humboldtii es una cactácea globosa endémica del Estado de Hidalgo, apreciada por los coleccionistas y sujeta a la extracción ilegal por lo que actualmente se encuentra catalogada como Amenazada en la lista roja mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010). La biología reproductiva de la especie se estudió en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. En una población se marcaron 753 individuos, se midió su tamaño (cm) y se registró la fenología de la floración; se hizo un estudio de la morfometría floral en una muestra de $n=25$ y se determinó el sistema de apareamiento. La población presenta una densidad de 0.7172 ind/m², de los cuales 41.5% de individuos de la población son reproductivos. La primera reproducción se observa a partir de los 1.80 cm de diámetro. El desarrollo de botones inicia en el mes de diciembre; el pico de floración ocurre durante enero, concluye en febrero; la fructificación se produce de marzo a abril los frutos tienen 20 ± 18 semillas en promedio. La morfología sugiere un sistema de apareamiento xenógamo facultativo, comportamiento frecuente en cactáceas globosas. En cactáceas raras y en peligro de extinción el sistema xenógamo promueve la recombinación genética pero impone restricciones al éxito reproductivo si la población tiene un tamaño pequeño, por lo que la condición de xenógama incrementa su riesgo de extinción.

Palabras clave: Biología floral, cactáceas, especies raras, xenogamia.

Abstract

Mammillaria humboldtii is a globose cactus, endemic to the state of Hidalgo, prized by collectors and subject to illegal logging so is currently listed as endangered. A population was studied in the Biosphere Reserve Metztitlán Canyon, Hidalgo order to describe some aspects related to the reproductive biology of the species, such as flowering phenology, floral morphometry and breeding system. The results indicate that individuals are reproducible from the 1.80 cm diameter. Development of buds began in mid December; the peak of flowering occurs during the month of January, and decreases until early February, fruiting occurs from mid March to April, showed a differentiation of phenological stages. It presents a facultative xenogamous system mating are common in rare and endangered cacti species. This condition may increase their risk of extinction.

Key words: breeding systems, cacti, floral biology, rarity.

¹Laboratorio de Ecología, Sistemática y Fisiología Vegetal, Depto. El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, 04960 Coyoacán, México D.F. México.

²Laboratorio de Genética y Ecología, Depto. Ecología de la biodiversidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, Apartado Postal 70-275 México, D.F., 04510.

*Autor de correspondencia: mmrcronopio@gmail.com

Introducción

Uno de los géneros más importantes dentro de la familia Cactaceae es *Mammillaria* (Haworth.) debido a que es uno de los más diversificados, con *ca.* 171 especies (Anderson 2001). Muchas de estas especies se incluyen en listas rojas de especies en riesgo de extinción, como en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Norma Oficial Mexicana de especies en riesgo), con 109 especies incluidas, 55 especies en lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y en el Convenio sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas (CITES) Apéndice I se enlistan dos especies, *Mammillaria pectinifera* y *M. solisoides*.

Arias *et al.* (1997) reporta que México es el centro de diversificación del género y presenta un alto grado de endemismo, sin embargo los estudios que se han realizado dentro del género abordan principalmente características morfológicas, fisiológicas y son escasos los estudios que abordan aspectos de la biología reproductiva del género *Mammillaria*: *M. grahamii*, *M. hutzilopochtli*, y *M. pectinifera* (Bowers, 2002; Flores-Martínez *et al.* 2013; Valverde *et al.* 2015); este tipo de estudios son relevantes debido a que características reproductivas como la longevidad floral, el hábito diurno o nocturno de las flores, y el sistema de apareamiento y de cruzamiento nos permiten inferir el patrón de transmisión de los genes a través de las generaciones, revelando algunas causas de cuellos de botella en procesos demográficos de poblaciones silvestres, al respecto Lüthy (2001) y Arias *et al.* (2005) mencionan la necesidad de evaluar el estado demográfico de las poblaciones de especies raras o en peligro de extinción. En este contexto, estudiar el sistema reproductivo es uno de los aspectos



Ruth Chávez

FOTO 1. *Mammillaria humboldtii* en floración.

más importantes para determinar las pautas de la conservación de las especies.

La reproducción sexual en las plantas con flores tiene dos niveles de análisis. El estudio de los sistemas de cruzamiento (*mating system*) que se refiere al patrón de transmisión de genes, y otro nivel de estudio es el del sistema de apareamiento (*breeding system*) que se refiere a las características morfológicas reproductivas que presentan las flores, los individuos o las poblaciones (Wyatt 1983; Richards 1986, Waser 1993). Cruden (1983) describe cinco sistemas de apareamiento en las plantas: cleistógamo, autógamo (obligado y facultativo) y xenógamo (obligado y facultativo). La morfología floral se ha utilizado para inferir el sistema de cruzamiento de las especies, utilizando el índice de entrecruza, (*outcrossing index*, OCI), mientras que la estimación del cociente polen/óvulos (P/O) es una forma de evaluar el sistema de apareamiento usando las características de la flor (Cruden 1977), ya que está relacionado con otras características sexuales. El OCI permite clasificar a las poblaciones de plantas en diferentes categorías del sistema de apareamiento. Este índice toma en cuenta

tres características de la planta: el diámetro de la flor, la presencia de hercogamia y de dicogamia (Cruden 1977; Dafni 1992). Estos aspectos determinan las características reproductivas de la planta, como son el tipo de progenie producida, la fertilidad, la viabilidad de las semillas e incluso la función y eficiencia de los polinizadores en la producción de semillas (Richards 1986).

La inversión de energía en la reproducción de las plantas es uno de los componentes más importantes de la adecuación (Obeso 2002). Otro aspecto que puede afectar la adecuación es la dispersión de polen, la cual puede estar influenciada por algunos aspectos florales como la distancia entre anteras y estigma, una manera importante en que la asignación de polen determina la fertilización es por medio del éxito de la competencia por óvulos entre granos de polen compartidos en el estigma (Waser 1993). En general, el número de granos de polen tiene una relación positiva con el número de óvulos, la variación entre granos de polen o de número de óvulos puede ocurrir dentro de los individuos y dentro o entre las poblaciones (Cruden 2000). Estas características florales se encuentran bajo selección, y son favorecidas aquéllas que representan para la planta una mayor adecuación, aunque sea mínima en comparación con las otras (Chittka *et al.* 2001).

En las especies de *Mammillaria* que han sido estudiadas la polinización es completamente dependiente de insectos como polinizadores (principalmente abejas) que transporten el polen entre flores de diferentes individuos y predominando la entrecruza, como sistema de cruzamiento, en cuanto al tipo de sistema de apareamiento se sabe que algunas especies son xenógamas (Bowers 2002; Giovanetti *et al.*

2007; Flores-Martínez *et al.* 2013; Valverde *et al.* 2015); este mismo comportamiento se podría presentar en *Mammillaria humboldtii*.

Mammillaria humboldtii C. Ehrenb, L. es una cactácea rara y endémica de Hidalgo, apreciada por los coleccionistas y que actualmente se encuentra en la categoría de “amenazada” por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y en “peligro crítico” por la UICN (Guzmán *et al.* 2003). En un estudio demográfico de *M. humboldtii* se ha estimado que la tasa finita de crecimiento poblacional anual es de $\lambda=0.79$, y como es menor a la unidad, la tasa indica que la población decrece un 21% anualmente (Martínez-Ramos *et al.* en prensa). Por estas razones es importante determinar aspectos relacionados a la biología reproductiva de la especie, como: la fenología de la floración, morfometría floral y sistema de apareamiento y el éxito en la reproducción, medido como la producción de semillas. La información generada en este estudio permitirá complementar estudios sobre la dinámica poblacional y sentar bases para la conservación de esta especie amenazada.

Material y métodos

Especie y sitio de estudio

Mammillaria humboldtii C. Ehrenb, L. es de tallo simple o cespitoso en la base, globoso-aplanado (Foto 1). Tubérculos dispuestos en 13 y 21 series espiraladas, cilíndricos, con el ápice redondeado, de 12 mm de longitud y de 2 a 3 mm de anchura en la base, de color verde claro, con jugo acuoso. Axilas con lana blanca y con 7 a 8 cerdas blancas, de diferentes tamaños. Aréolas circulares o ligeramente ovales, al principio con lana. Espinas radiales 80 o más, dispuestas en varias series, de diferentes longitudes, de unos 2 a 8 mm, muy delgadamente aciculares, rectas, horizontales,

semiflexibles, nveas, con la extremidad basal ligeramente amarillenta. Espinas centrales ninguna. Flores de 15 mm de diámetro; segmentos interiores del perianto lineares, obtusos, de color rojo brillante, con el margen de color rosa claro; filamentos rojos, anteras anaranjadas; estilo amarillo, lóbulos del estigma 3, verdes. Fruto claviforme, rojizo; perianto seco no persistente. Semillas obovadas, con hilo basal; testa foveolada, negra, brillante (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991, Altamirano & Arroyo-Cosultchi 2011). El trabajo de campo se realizó dentro de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM), en el Estado de Hidalgo, en una población de las tres existentes (Lacoste 2014) de *M. humboldtii* (20 °43' latitud N, 98 °53' latitud O) cerca del poblado de San Miguel Almoln, Eloxochitln.

Fenología reproductiva

En 2012 se localizó una población de *Mammillaria humboldtii* en un área de 924.4 m² en la RBBM. Dentro de esta área los individuos ($n = 753$) fueron marcados con etiquetas metálicas, se mapearon y se midió el diámetro de cada uno (cm). Se utilizó la categorización de tamaños de los individuos de acuerdo al diámetro propuesta por Martínez-Ramos *et al.* (en prensa), donde: $1 \leq a < 2$ cm Juvenil, $2 \leq a < 3$ cm Adulto 1, $3 \leq a < 4$ cm Adulto 2, ≥ 4 cm Adulto 3. La descripción de la fenología reproductiva de 313 individuos pertenecientes a la población de *M. humboldtii* se realizó por medio del registro del número de botones, flores y frutos presentes en las plantas etiquetadas. El registro de las estructuras reproductivas se hizo cada 15 días durante los meses de diciembre a febrero del 2012-2013. El número de semillas por fruto se determinó en una muestra de 55 frutos de diferentes plantas, estos frutos fueron disecados y se contabilizó el número de las semillas contenidas en cada uno. El análisis de correlación de Pearson (r) se us para determinar si existe una relación

entre el número de estructuras reproductivas y el tamaño (diámetro, cm) de los individuos, además estos datos se sometieron a un análisis de varianza de una vía, y comparación de medias de Tukey para determinar si existían diferencias significativas entre el número de estructuras reproductivas producidas entre los individuos de las distintas categorías de tamaño.

Morfometría floral

Un total de 25 flores en anís de diferentes individuos se colectaron y preservaron en formaldehido-alcohol (FAA) (Dafni 1992), posteriormente se midieron con un vernier digital los siguientes caracteres florales: altura de la flor (mm), diámetro del perianto (mm), altura del estilo (mm), longitud de los lóbulos del estigma (mm), longitud de los estambres (mm), distancia mínima entre anteras y estigma (mm), diámetro polar de la cámara ovárica (mm), diámetro ecuatorial de la cámara ovárica (mm), además se llevó a cabo el conteo del número de lóbulos del estigma, número de óvulos, número de estambres y de granos de polen, por flor (Foto 2). Se calcularon los parámetros de la estadística descriptiva de estos caracteres florales. Todos los análisis estadísticos se realizaron con R (R Development Core Team 2013).

Sistema de apareamiento

El sistema de apareamiento de la especie se infirió a partir del índice de entrecruza OCI de Cruden (1977) que evalúa el tamaño de la flor: se otorga el valor de 0 = flores de 1 mm de diámetro; de 1 = flores de 1 a 2 mm de diámetro; el 2 = flores de 2 a 6 mm de diámetro y el 3 = flores de más de 6 mm de diámetro, además, se estimó la existencia de hercogamia (separación espacial de sexos), donde se asigna el valor de 0 si no se presenta y 1 si se presenta, así como la existencia de dicogamia (separación temporal de sexos), evaluada por la presencia de homogamia = 0 o la presencia de protandria o

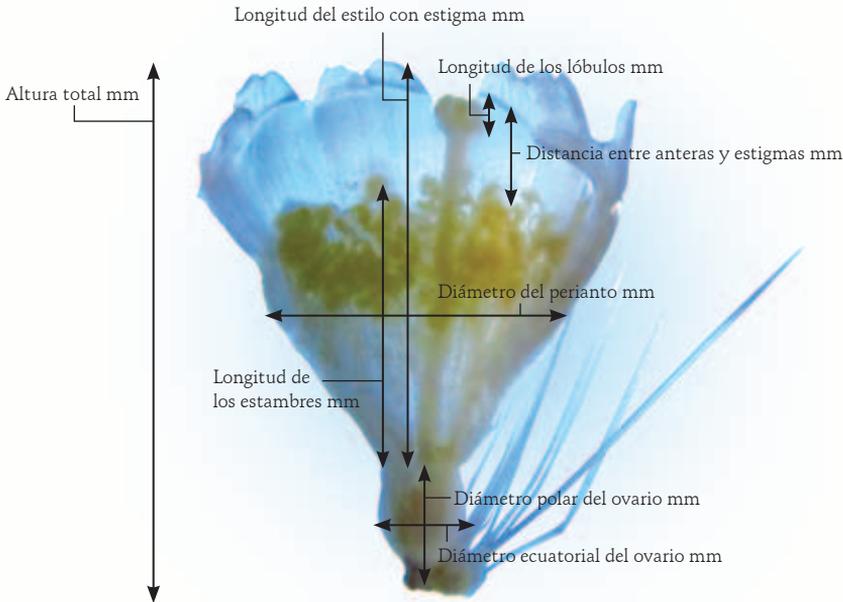


FOTO 2. Caracteres florales de *Mammillaria humboldtii*.

protoginia = 1. El tamaño de las flores y la evaluación de la presencia de hercogamia se obtuvieron de las mediciones presentadas en la morfometría floral, con el objetivo de caracterizar la dicogamia se hicieron observaciones y seguimientos iniciales *in vivo* del ciclo floral. Para determinar el sistema de apareamiento de acuerdo con Cruden (1977) a partir de la relación P/O (Cuadro 1) se realizó la cuantificación de granos de polen por flor, la cual se obtuvo dividiendo el número de granos de polen de cada flor entre su número de óvulos.

Para determinar el número de granos de polen por antera se colectó una antera en un tubo eppendorf. Al tubo se le adicionó 1 ml de agua destilada, la cual fue homogeneizada por medio de un vortex Turbo Mixer UNICO a 3000 RPM, una vez en suspensión, las estructuras se contaron en un hemacitómetro de una alícuota de 5 μ l, bajo un microscopio estereoscópico UNICO de 25 \times , el número obtenido fue multiplicado por el factor de dilución y por el número de anteras para obtener el número total de granos de polen por flor. Para estimar el número

CUADRO 1. Valores de índice de entrecruzamiento (OCI) y de la relación polen/óvulo que determinan el sistema de apareamiento de acuerdo con Cruden (1977).

Sistema de apareamiento	OCI	Relación P/O (promedios)
Cleistógamo	0	4.7:1
Autógamo	1	27.7:1
Autógamo facultativo	2	168.5:1
Xenógamo facultativo	3	796.6:1
Xenógamo	4	5859.2:1

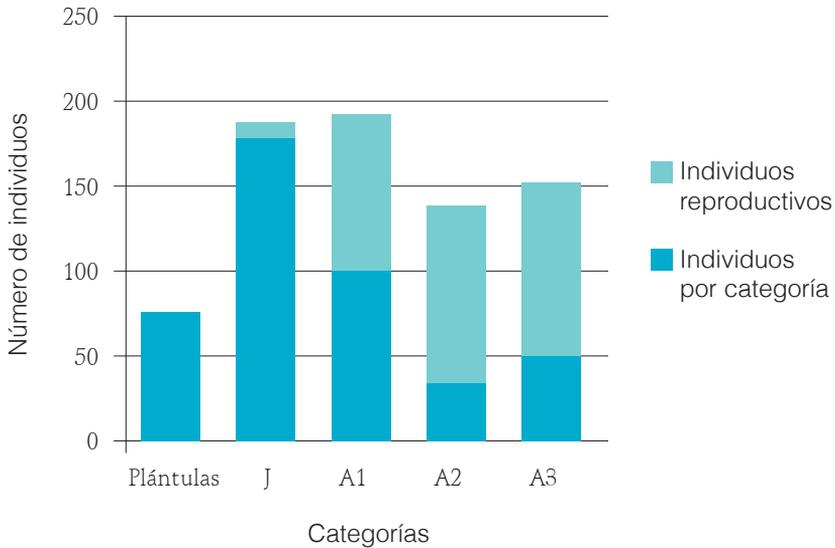


FIGURA 1. Estructura poblacional de *M. humboldtii* en color azul claro se muestran el número de individuos reproductivos dentro de cada categoría.

de óvulos, cada flor fue dividida longitudinalmente a la mitad con una hoja de bisturí a la altura del ovario y se contaron el número total de óvulos presentes en la cámara del ovario.

Resultados

Fenología reproductiva

La población de *Mammillaria humboldtii* estudiada presentó 753 individuos, de los cuales 313 individuos (42%) eran reproductivos. A partir de la categoría Juvenil ($1 \leq a < 2$ cm) se observaron individuos reproductivos (3.2%), en la categoría en la que hay más plantas reproductivas es la A3 (33%), seguida por A1 (30%) (Fig. 1). En promedio cada planta produce por categoría J (5.6 ± 3.06), A1 (5.11 ± 4.24), A2 (6.71 ± 4.37), y A3 (12.11 ± 8.24), flores. El desarrollo de botones en la población comenzó a mediados del mes de diciembre; el pico de floración ocurrió durante el mes de enero, y fue disminuyendo hasta comienzos de febrero, la fructificación, ocurre desde mediados de marzo hasta abril.

Estos datos indican que existe una diferenciación de las etapas fenológicas.

El número de estructuras reproductivas difiere significativamente entre las categorías de tamaño de las plantas ($\chi^2=1104.8$, $gl=312$, $P<0.001$), la mayor producción de estructuras reproductivas se presentó en la categoría A3, el análisis de varianza mostró que existen diferencias significativas entre el número de estructuras reproductivas producidas por categoría ($F_{3,309}=26.54$, $P<0.005$). El máximo de estructuras reproductivas se producen en individuos de la categoría A3 (12.11 ± 8.24) seguido por el grupo (A2, A1 y J, Figura 2). El análisis de correlación mostró una relación positiva entre el diámetro y el número de estructuras reproductivas ($r=0.4323$, $P<0.001$, $n=313$). Las plantas de *M. humboldtii* producen en promedio 7.95 ± 6.55 flores, y 20 ± 18 semillas por fruto.

Morfometría floral

A partir de las 25 flores colectadas de *M. humboldtii* se determinó la media y error

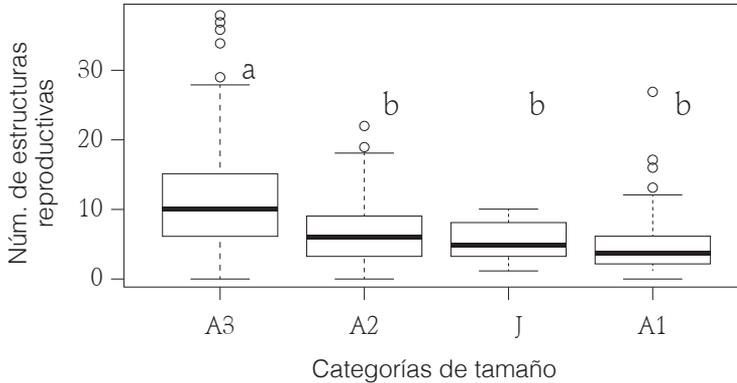


FIGURA 2. Diagrama de cajas y bigotes entre los promedios de las estructuras reproductivas de *M. humboldtii* en diferentes categorías de tamaño: $1 \leq a < 2$ cm J, $2 \leq a < 3$ cm A1, $3 \leq a < 4$ cm A2, ≥ 4 cm A3. Las cajas con la misma letra no difirieron significativamente ($P < 0.05$).

estándar para cada uno de los caracteres morfométricos, esta especie presenta flores con una longitud de 12.54 mm (Cuadro 2).

Sistema de apareamiento

El sistema reproductivo de *M. humboldtii* es de tipo monomórfico, hermafrodita que requiere de polinización cruzada, el índice de entrecruza que se obtuvo al tomar en cuenta el diámetro de las flores: >3 mm ($=3$); la presencia de hercogamia ($=1$), y la existencia de dicogamia ($=1$) es de cinco, lo que indica que la especie es xenógama, la proporción polen/ óvulo ($P/O=5628$), corresponde también a un sistema xenógamo aunque facultativo, lo que indica que la población tiene el potencial para llevar a cabo procesos reproductivos que le proporcionen recombinación genética.

Discusión

El periodo de floración de *M. humboldtii* ocurre a mediados del periodo invernal, comportamiento similar a otras especies del género como *M. gaumeri*, *M. hutzillopochtli*, *M. pectinifera* (Giovannetti *et al.* 2007; Flores-

Martínez *et al.* 2013; Valverde *et al.* 2015). Este periodo de floración probablemente se encuentra relacionado con la cantidad de agua en los tejidos suculentos, y bajas temperaturas que impiden una evapotranspiración elevada, permitiendo la formación de estructuras reproductivas al iniciarse la temporada de sequía (Pimienta-Barrios & del Castillo 2002).

Algunos individuos de la población son reproductivos a partir de los 1.80 cm de diámetro dentro de la categoría Juvenil, similar a *M. napina*, *M. mystax* y *M. hutzillopochtli* (González 2010; Saldivar & Navarro 2012; Flores-Martínez *et al.* 2013), en estas especies la primera reproducción ocurre en individuos que se encuentran en la categoría de juvenil; sin embargo el mayor porcentaje de individuos reproductivos se encuentra en las categorías de mayor tamaño, al respecto dentro de la población de *M. humboldtii* se observó una correlación positiva entre la categoría y el número de estructuras reproductivas producidas por planta, en términos generales el tamaño de las plantas normalmente se relaciona con la producción de estructuras reproductivas, siendo usualmente las plantas

CUADRO 2. Descripción de las características florales de *Mammillaria humboldtii* ($n = 25$ flores de plantas distintas) en una población localizada en la Reserva Biosfera Barranca de Metztlán. Valor medio, mínimo y máximo y el error estándar (ee).

Caracteres Florales	Media \pm ee	Min-Max
Tamaño de la flor (mm)	12.54 \pm 0.26	10.78-16.16
Diámetro del perianto (mm)	7.13 \pm 0.15	6.03-8.84
Diámetro polar del ovario (mm)	1.87 \pm 0.01	1.75-1.98
Diámetro ecuatorial del ovario (mm)	1.53 \pm 0.01	1.43-1.63
Longitud de los estambres (mm)	6.012 \pm 0.18	4.33-8.35
Longitud del estilo con estigma (mm)	9.22 \pm 0.24	6.75-11.59
Número de estambres	96 \pm 3.56	63-136
Longitud de los lóbulos (mm)	1.49 \pm 0.005	1.45-1.56
Número de lóbulos del estigma	4 \pm 0.08	4-6
Distancia entre anteras y estigma (mm)	3.34 \pm 0.19	1.04-5.91
Número de óvulos	20 \pm 1.16	12-37
Número de granos de polen/flor	101408 \pm 310.27	73800-132600
Relación P/O	5436	

de mayor tamaño las de mayor fecundidad (McIntosh 2001; Hernández *et al.* 2008).

Esta especie presentan de 4 a 6 lóbulos, mayor al descrito por Bravo-Hollis (1978) con 3 lóbulos, la presencia de estos rasgos florales tiene implicaciones en la interacción polen-estigma, una mayor superficie de contacto puede tener como consecuencia una mayor adherencia de granos de polen al estigma (Márquez *et al.* 2013). La distancia entre anteras y estigma fue de 3.34 ± 0.98 mm y el tamaño de la flor fue de 12.54 ± 1.3 mm (Cuadro 2). La hercogamia, es un rasgo central que impide la autofecundación y promueve la polinización cruzada, favoreciendo la transferencia de polen entre congéneres (Geber & Moeller 2006) y este

comportamiento es común en la familia Cactaceae (Mandujano *et al.* 2010) y dentro del género *Mammillaria* (Flores-Martínez *et al.* 2013; Valverde *et al.* 2015). Sin embargo la autofecundación se relaciona con flores pequeñas y la hercogamia covaría positivamente con el tamaño de la flor (Elle 2004). El número de óvulos por flor (en promedio 20) es similar a *M. pectinifera* con 19 a 28 óvulos por flor (Valverde *et al.* 2015), y bajo con respecto a *M. huitzilopochtli* con 111 (Flores-Martínez *et al.* 2013); parece ser que dentro de la familia Cactaceae este rasgo es muy variable, entre formas de vida, por ejemplo algunas especies de forma globosa, como *Melocactus curvispinus*, tiene entre 350 a 400 óvulos por flor (Nassar & Ramírez 2004) y

otras especies de forma arbustiva o columnar, como *Opuntia ficus-indica* con 150 a 400, en *O. robusta* de 388 a 406, más de 1,000 en *Stenocereus queretaroensis* y cerca de 7,200 en *Hylocereus undatus* (Pimienta-Barrios & del Castillo 2002). El número de granos de polen por flor es en promedio de 101,408 elevado pero consistente con lo reportado para otras especies del género, como *M. huitzilopochtli* con 114,523 por flor (Flores-Martínez *et al.* 2013) esta relación corresponde a la categoría de xenógama facultativa; Cruden, (1977) y Dafni (1992) mencionan que un número elevado en la relación polen/óvulo está asociado con plantas polinizadas por polinizadores generalistas. Cruden (1977), por otro lado, sugiere que altos valores polen:óvulo indican un sistema de apareamiento xenógamo facultativo, el cual coincide con lo observado para la especie.

Mammillaria humboldtii es una especie xenógama facultativa lo cual implica que hay potencial para que el polen de una flor se deposite sobre el estigma de la flor de otro individuo, es decir las flores necesitan de vectores biológicos que depositen en sus estigmas polen con un genotipo distinto al de ellas para lograr la fecundación. Si estos vectores biológicos (polinizadores) son especializados, cualquier plan de conservación debe de considerarlos. Esta especie al ser xenógama facultativa podría autofecundarse y estar llevando a cabo polinización entre parientes cercanos, la población de *M. humboldtii* presenta una distribución de tipo agregada, y se conocen al menos tres poblaciones con bajas densidades (Martínez-Ramos *et al.* en prensa), desde el punto de vista genético la disminución del tamaño poblacional efectivo y el aislamiento geográfico de esta especie puede estar ocasionando que sea susceptible a procesos como la endogamia, pérdida de

diversidad genética y/o deriva génica, como lo reportado para otras especies de la familia Cactaceae (Nassar *et al.* 2007; Martínez-Peralta *et al.* 2014) y del género (Solórzano *et al.* 2014), esta variación significativa puede estar provocando cuellos de botella para la población, por lo que se requieren estudios que analicen detalladamente si es que las poblaciones existentes delimitan a la diversidad genética de la especie, además se requieren conocer sobre la ecología de la polinización y determinar si existen sistemas de autoincompatibilidad en la especie.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las autoridades de la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán el apoyo brindado durante esta investigación. Agradecemos particularmente al Sr Hermenegildo Gutiérrez Pérez y a la Sra. Eva Gutiérrez Pérez por su hospitalidad. El apoyo y ayuda de los compañeros del Laboratorio de Taxonomía y Sistemática Vegetal de la UAM-Xochimilco fue invaluable, sin su ayuda este trabajo no se hubiera concretado. La logística para salidas de campo a Dra. Mariana Rojas-Aréchiga, y a los Biólogos Hugo Altamirano Vázquez y Oscar Sandino Guerrero. El financiamiento del proyecto CONACYT CB-2007-1 #83790 a JG y Presupuesto operativo de Instituto de Ecología, UNAM y proyecto CONACYT 221362 a MMC.

Literatura citada

- Altamirano Vázquez H & Arroyo-Cosultchi G. 2011. *Mammillaria humboldtii* C Ehrenb. *Cact Suc Mex* **56**:128.
- Anderson EF. 2001. The cactus family. Timber, Portland, OR.
- Arias S, Guzmán U, Mandujano MC, Soto M & Golubov J. 2005. Las especies Mexicanas de

- Cactáceas en riesgo de extinción: una comparación entre los listados NOM-ECOL-2001 (México), la lista roja (UICN) y CITES. *Cact Suc Mex* **50**:100-125.
- Arias S, Gama S & Guzmán LU. 1997. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Fascículo 14. Cactaceae A. L. Juss. UNAM, México.
- Bowers JE. 2002. Flowering patterns and reproductive ecology of *Mammillaria grahamii* (Cactaceae), a common, small cactus in the Sonoran Desert. *Madroño* **49**:201-206.
- Bravo-Hollis H, & Sánchez-Mejorada H. 1991. *Las Cactáceas de México*. Vol 3. UNAM. D.F. México.
- Chittka L, Spaethe J, Schmidt A & Hackelsberger A. 2001. Adaptation, constraint, and chance in the evolution of flower color and pollinator color vision. En: Chittka L, & Tomson JD (eds.). *Cognitive ecology of pollination: animal behavior and floral evolution*. Cambridge.
- CITES 2013. Apéndice I; II y III. <http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>.
- Cruden RW. 1977. Pollen/ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* **31**:32-46.
- Cruden RW, Hermann SM & Peterson S. 1988. Patterns of néctar production and plant-pollinator coevolution. En B. Bentley & T. Elias (eds.). *The biology of nectaries*. Columbia University Press. New York.
- Cruden RW. 2000. Pollen grains: why so many? *Plant Syst Evol* **222**:143-165.
- Contreras C & Valverde T. 2002. Evaluation of the conservation status of a rare cactus (*Mammillaria crucigera*) through the analysis of its population dynamics. *Journal of Arid Environments* **51**:89-102.
- Dafni A. 1992. *Pollination ecology*. Oxford University Press, Oxford
- Elle E. 2004. Floral adaptations and biotic and abiotic selection pressures. En O. C. B. Cronk, J. Whitton, R. H Lee, & I. E. P. Taylor (eds.). *Plant Adaptation: Molecular Genetics and Ecology*. NRC Press. Ottawa, Canadá.
- Flores-Martínez A, Manzanero GI, Golubov J & Mandujano MC. 2013. Biología floral de *Mammillaria huitzilopochtli*, una especie rara que habita acantilados. *Bot Sci* **91**:49-356.
- Geber MA & Moeller DA. 2006. Pollinator responses to plant communities and implications for reproductive character evolution. En L. D. Harder & S. C. H Barret (eds.). *Ecology and Evolution of Flowers*. Oxford University Press. Oxford, England.
- Giovanetti M, Cervera JC, Andrade JL. 2007. Pollinators of an endemic and endangered species, *Mammillaria gaumeri* (Cactaceae), in its natural hábitat (coastal dune) and in a botanical garden. *Madroño* **54**:286-292.
- González Romero A. V. 2010. Evaluación preliminar del estado de Conservación de *Mammillaria napina* (Cactaceae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM, México.
- Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2003. *Catálogo de Cactáceas Mexicanas*. CONABIO UNAM. D.F. México.
- Hernández HM, Goetsch B, Gómez-Hinos-trosa C & Arita H. 2008. Cactus species turnover and diversity along a latitudinal transect on the Chihuahuan Desert Region. *Biodivers Conserv* **17**:703-720.
- Lacoste M. 2014. FIELD-LIST. <http://www.mammillaria.eu/feldlisten/fieldlistlacoste.pdf>
- Lüthy JM. 2001. The Cacti of CITES. Appendix I. CITES identification manual. CITES, Federal Veterinary Office Switzerland, Botanical Garden of the University of Berne, IOS & Sukulent-Sammlung Zürich, Bern.
- Mandujano MC, Carrillo-Angeles I, Martínez-Peralta C & Golubov J. 2010. Reproductive biology of Cactaceae. En K.G. Ramawat (ed.). *Desert Plants - Biology and Biotechnology*. Springer.

- Martínez-Peralta C, Márquez-Guzmán J & Mandujano MC. 2014. How common is self-incompatibility across species of the herkogamous genus *Ariocarpus*? *Am J Bot* **101**:530-538.
- Martínez-Ramos M, Arroyo-Cosultchi G, Mandujano MC. & Golubov J. en prensa. Dinámica poblacional de *Mammillaria humboldtii* una cactácea endémica de Hidalgo, México. *Bot Sci*.
- McIntosh ME. 2001. Plant size, breeding system, and limits to reproductive success in two sister species of *Ferocactus* (Cactaceae). *Plant Ecol* **162**:273-288.
- Nassar JM & Ramírez N. 2004. Reproductive biology of the melon cactus, *Melocactus curvispinus* (Cactaceae). *Plant Syst Evol* **248**: 31-44.
- Nassar JM, Ramírez N, Lampo M, González JA, Casado R & Nava F. 2007. Reproductive biology and mating system estimates of two Andean Melocacti, *Melocactus schatzlii* and *M. andinus* (Cactaceae). *Ann Bot* **99**:29-38.
- Saldívar SS & Navarro C MC. 2012. Estudio demográfico de *Mammillaria mystax* en Cañada Morelos, Puebla, México. *Cact Suc Mex*. **57**:47-63.
- Solórzano S, Cuevas-Alducin PD, García-Gómez V & Dávila P. 2014. Genetic diversity and conservation of *Mammillaria huitzilopochtli* and *M. supertexta*, two threatened species endemic of the semiarid region of central Mexico. *Rev. Mex. Biodivers* **85**:565-575.
- R Development Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.r-project.org>
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana. Nom-059-Ecol-2010. Diario Oficial de la Federación 30 de diciembre del 2010. México, D.F.
- Obeso JR. 2002. Tansley review no. 139. The costs of reproduction in plants. *New Phytol* **155**:321-348.
- Pimienta-Barrios E. & del Castillo R.F. 2002. Reproductive biology. En: P. S. Nobel (ed.). *Cacti. Biology and Uses*. University of California Press. Berkeley.
- Richards AJ. 1986. *Plant breeding systems*. George Allen & Unwin, London.
- IUCN 2015. 2015 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>. consultado el 18 de mayo 2015.
- Valverde PL, Jiménez-Sierra C, Lopez-Ortega G, Zavala-Hurtado JA, Rivas-Arancibia S, Rendón-Aguilar B, Pérez-Hernández M, Cornejo-Romero A & Carrillo Ruiz H. 2015. Floral morphometry, anthesis, and pollination success of *Mammillaria pectinifera* (Cactaceae), a rare and threatened endemic species of Central Mexico. *J Arid Environ* **116**:29-32.
- Waser NM. 1993. Sex, mating systems, inbreeding and outbreeding. En N. W. Thornhill (ed.). *The natural history of inbreeding and outbreeding*. The University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Wyatt R. 1983. Pollinator-plant interactions and the evolution of breeding systems. En L. Real (ed.). *Pollination biology*. Academic Press. Orlando, USA.

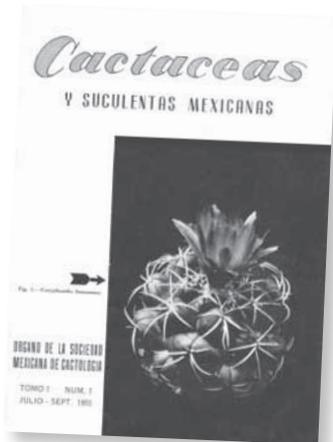
60 Años de *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*

Meyrán García Jorge¹

Tres años después de la fundación de la Sociedad Mexicana de Cactología, la mesa directiva decidió iniciar la publicación de una revista para dar a conocer sus observaciones, sus investigaciones y sus exploraciones en el campo, además de difundir los conocimientos de esta rama de la botánica.

La designación del director de la revista la hizo la Sra. Bravo sin votación y sin pedir opiniones, me nombró director. El siguiente paso lo dio el Sr. Dudley B. Gold al contratar a un especialista para que hiciera un formato de la primera revista, estudio que salió caro, unos 250 pesos, que excepto la primera plana, las demás carecían de importancia, el cual junto con los primeros artículos se entregaron a una pequeña imprenta. El Sr Gold fue la persona que más interés y cooperación dio tanto en las labores de la Sociedad como en que se publicara una revista y en su distribución. El primer número tuvo que pasar varias pruebas que sirvieron de aprendizaje, como el cambio de tipo de 8 puntos en que se hizo al principio al de 10, más fácil de leer; el dibujo del título de la portada que fue hecho a última hora, pues no se había pensado en él; la falta de numeración de las páginas, que fue corregido a mano después de la impresión y otros detalles, entre ellos la falta de cooperación del impresor, que nos sirvieron de enseñanza en la preparación de las siguientes revistas.

La revista se planeó fuese trimestral y el primer número, que debía haber salido en enero, salió hasta el trimestre de julio-



Portada del primer volumen impreso de *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*.

septiembre de 1955. Con la idea que en los siguientes números cada tomo saliera en enero, el año de 1956 continuó con los números 3 a 6 y hasta 1957 apareció en tomo II.

Como el costo calculado del primer número (alrededor de 700 pesos) subió mucho, (más de 1100 pesos), el Sr. Dudley B. Gold, nuestro tesorero, buscó una cooperativa, la imprenta Manuel León Sánchez, administrada por el Sr. Manuel T. García, que estaba en la calle de Mariana Rodríguez del Toro de Lazarín. La revista apareció cada tres meses, con portada en blanco y negro hasta el número 4 de 1957, en que salió la primera fotografía en color. En esa época se utilizaba con más frecuencia el sistema de tricromía, para hacer los grabados en color, pues el offset salía muy caro. En la tricromía se tenían que hacer tres clichés para los tres colores básicos y uno más para el negro. El encargado del color en la imprenta era el Sr.

¹ 2a calle de Juárez 42, Col. San Álvaro, México D.F., C.P. 02090. Correo electrónico: doctormeyran@hotmail.com

León, que era un experto, pues excepto la primera fotografía que salió mal, las demás estuvieron bastante aceptables.

Se logró la colaboración de botánicos y aficionados extranjeros que mejoraron mucho la imagen y la importancia de la revista. Por influencias y peticiones de la Sra. Bravo y de Gold, a partir de 1957, y más tarde de Hernando Sánchez Mejorada, se consiguieron artículos del Dr. George Lindsay, del Dr. Reid Moran (29 artículos), Myron Kimnach, Dr. Lyman Benson, Anneta Carter, Edward Anderson, Erich Walther, William Taylor Marshall, Charles Uhl, Lew Bremer (11 artículos), Norman Boke, H. Scott Gentry de Estados Unidos; de David Hunt de Inglaterra, Jean Marc Chalet de Suiza, Helmut Nagl de Austria, Jean Metzger; Beat Leuenberger de Alemania Roberto Kiesling y Barkev Gonjian de Argentina, y otro de la India.

Desgraciadamente los artículos y las revistas de los países subdesarrollados no son tomados en cuenta por las naciones del primer mundo y esto ha favorecido que muchos investigadores y profesionistas publiquen en inglés y en revistas extranjeras, para que así los tomen en cuenta (eso creen ellos), lo que es una tristeza para los países del tercer mundo, pues con esas aportaciones podrían mejorar sus revistas y así nunca lo harán. La revista *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* siempre publicó en español, excepto un artículo, y con un poco de tiempo logró fuese tomada en cuenta internacionalmente.

Siempre tuvo resúmenes en inglés, que fueron hechos por el Sr. Gold, durante los primeros 25 años, luego siguió Sánchez Mejorada y al final por mí, en un mal inglés, aunque revisado por amigos.

Durante una temporada llegamos a tener cerca de 100 socios nacionales, entre 200 y 250 extranjeros y cerca de 100 donaciones,

entre bibliotecas, universidades, sociedades afines e intercambios. El Sr. Gold mandaba a universidades y bibliotecas la revista gratis durante una temporada y cuando ya estaban interesados les pedía pagaran su cuota.

El costo de un número de la revista era cubierto con las cuotas de los socios mexicanos, dos números con las de los extranjeros y el cuarto era problema del tesorero, que trató de resolverlo consiguiendo anuncios muy especiales, como los de una cervecería, de una lavandería, de una fábrica de conductores eléctricos, de una fábrica de bicicletas y raras veces de jardines que vendían plantas. Cuando no conseguía anuncio yo creo ponía de su bolsillo.

Como ha sucedido con otras cooperativas, la mayoría todavía no funcionan bien en México, los trabajadores de nuestra imprenta se sintieron muy ingleses y se otorgaron la semana de 5 días, poco tiempo después imitaron a los estadounidenses, pues cuando un día de fiesta cae en domingo, ellos tienen derecho a descansar el lunes, todo esto a pesar que el Sr. Manuel García insistía en que faltaba tiempo y trabajo. Por último se cruzaron de brazos y no sacaron las publicaciones pendientes, por las cuales hubieran recibido dinero, porque se les debían dos semanas, y como su salario era sagrado, tenían derecho a recibirlo. A las dos semanas de discusiones el Sr. García renunció y les dejó su participación como cooperativista, los trabajadores entonces no supieron que hacer; uno de nuestros números estaba en proceso, y los cooperativistas me lo devolvieron, pues no sabían como terminarlo, y poco tiempo más tarde desapareció la imprenta, esto sucedió por 1960 y tantos.

No se encontraba una imprenta adecuada y económica, hasta que el mismo Sr. García se ofreció servir como editor, lo cual

fue aceptado inmediatamente. Él mandaba hacer los grabados en la calle de Guerrero, la tricromía en otra negociación y la impresión en otra cooperativa llamada Anáhuac, con el maestro Antolín. Durante 5 o 6 años continuó la publicación en esta forma, hasta que las tricromías empezaron a salir cada vez más mal, por lo que se decidió cambiar el color a offset, que se inició con el primer número del volumen 17 (1972), el resto de la revista era en linotipo.

En 1974 o 1975 murió el Sr. Manuel García, por lo que tuve necesidad de hacer todo lo que él hacía. En 1977 aparecieron problemas en la imprenta y el maestro Antolín dejó la cooperativa. Se estaba iniciando la tipografía del Manual de Campo de la Barranca de Metztlán y eso retrasó su publicación. Los cooperativistas, ahora encabezados por el Sr. Felipe García M. se comprometieron a terminarla pliego por pliego, con adelantos parciales, pues se quedaron sin dinero. En enero de 1978 salió a la luz esta obra de Hernando Sánchez Mejorada.

El Sr. Dudley B. Gold fue tesorero durante 23 años, además enviaba la revista a todos los socios extranjeros y a los de provincia, contestaba la correspondencia de 30 a 40 socios que pedían informes mensualmente, hacía los resúmenes en inglés, y escribía artículos para la revista: El metía dinero al banco y yo era el único que lo gastaba, pues para Gold lo importante era la revista. Dejó la tesorería de la Sociedad en 1974, pero siguió haciendo todo lo demás hasta 1983. En el primer número de 1984 se consiguió otra imprenta a mejor costo con el objeto de hacerla en offset, pero resultó que tenía una dueña que quería imponer su voluntad y el resultado fue una portada toda con tonos de color azul, por lo cual tuvieron que hacer un tiro de esa fotografía para pegarla más tarde.



Portada del ejemplar conmemorativo de los 50 años ilustrado por la Mtra. Elvia Esparza.

Se volvió con el Sr. Felipe García y a fines de ese año se decidió que toda la revista fuese en offset. En adelante el Sr. García se encargó de la selección de color, de las pruebas finas, y de la impresión en offset, todo esto fuera de la imprenta, en donde sólo se encuadernaba. La formación de las planas la siguió haciendo el director de la revista.

En 1994 desapareció la cooperativa Anáhuac y conseguí cerca de mi casa una pequeña imprenta del Sr. Trinidad Hernández, quien nos trabajó bien la revista a un precio razonable.

En los primeros años no se pensó en los índices, pero al tercer año se consideró que sería muy útil sacarlos cada 4 años. El primero (1955-1959) fue preparado por el M.C. Rafael Martín del Campo, el segundo (1960-1963) por Antonio Barberena, el tercero (1964-1967) por Keiko Matuda de Ogawa y D.B. Gold, el cuarto (1968-1971) por D.B. Gold y H. Sánchez Mejorada, el quinto (1972-1975) por H. Sánchez Mejorada, el sexto (1976-1979) por Antonio Meyrán Camacho y Rosa María Bracamontes, el séptimo (1980-1983) por Leia Scheinvar y Jaroslav Dovry, el octavo (1984-1987) por Jorge Hugo Cota, el noveno (1988-1991) y el décimo (1992-1995) por Salvador Arias, el undécimo (1996-1999) por Omar González Zorzano, el duodécimo,

el décimotercero y el décimocuarto por Jorge Meyrán García no impresos, sólo en Internet. Este último hizo también un índice de 50 años, que tampoco fue publicado.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología ayudó económicamente en varias ocasiones a la publicación de la revista, lo mismo que a las dos guías de campo y a las claves de identificación de las cactáceas. La primera ayuda la consiguió Sánchez Mejorada para la Guía de Tehuacán y el Manual de campo de Metztitlán, por 1970 o 1971, por poco más de 7000 pesos, por supuesto antes que estuvieran listas estas dos obras. Entre las revisiones del original y la traducción al inglés pasaron dos años para que saliera a luz la primera, pero entonces con un costo de 8000 pesos. Para que saliera la de Metztitlán pasaron 8 años y su costo fue mayor de 80,000 pesos, es cierto que fue en la época de las devaluaciones. La Conacyt ayudó con el 50% del costo de la edición de la revista en 1986, 87, 88 y 90, además de la ayuda a Las claves de identificación de las Cactáceas de Bravo y Sánchez Mejorada.

Por excepción en los primeros 43 años aparecieron fotografías en color en las páginas centrales, como el autorretrato de José María Velasco y su *Pachycereus weberi*, y las plantas de *Geohintonia* y las semillas y costillas de ésta y de *Aztekium hintonii*., costeadas por los autores.

Como acaba de ser señalado la Sociedad de Cactología, además de la revista, ha editado la Guía Botánica de Cactáceas del Valle de Tehuacan, la primera edición en 1973 y la segunda en 1980, hecha por Jorge Meyrán y con versión en inglés por D.B. Gold; el Manual de Campo de la Barranca de Metztitlán de H. Sánchez Mejorada, que salió a luz en 1978, y Las Claves de identificación de las Cactáceas de la Sra. Bravo y H. Sánchez Mejorada, com-

pilados por Salvador Arias y Ulises Guzmán, que apareció en 1989. Por último salió *Las Crasuláceas de México* de Jorge Meyrán, esta última costeada por Christian Brachet.

Varias personas han ayudado a la dirección de la revista, el primero el Sr. Manuel Castellá, quien se comprometió recoger los artículos que los socios prometían, pero no conociendo la calma de los botánicos se desesperó y "tiró el arpa" al mes y medio. Posteriormente dos socios se ofrecieron a ayudar, pero lo hicieron a un 20% de tiempo y trabajo durante dos años, y desde 1975 Rosa María Bracamontes y Antonio Meyrán, y luego el Dr. Fernando Castañón hasta 1998, estos tres últimos con eficiencia y muy buena voluntad.

A partir del número 1 de 1957 se iniciaron informes trimestrales en la segunda de forros, llamados Actividades de la Sociedad.

Durante muchos años el editor trató de enseñar a algún socio interesado en ello, el manejo de la revista, para que fuera el sucesor en la dirección de ella. Uno o dos empezaron y pronto se desmoralizaron. A fines de 1998, la mesa directiva, pensando que yo quería que siguiera una persona que no se deja manejar, me pidieron les entregara la revista, pues creyeron que era muy fácil editarla sin conocimientos y pensando que con los errores se aprende, por lo cual es natural que sucedan; lo que es un absurdo cuando se puede enseñar antes y así evitarlos. La entregué con gusto, pues me quitaron de golpe toda responsabilidad. En 1999 cambiaron en cada número del año los nombres de varios de los editores, lo mismo que el formato de la portada y de la segunda de forros y pusieron algunos artículos sobre temas trillados que a pocos les interesan.

A partir del año 2000 la historia de la revista ya no es historia sino presente.

60 años de Cactáceas y Suculentas Mexicanas, del 2000 al 2015

Dr. Humberto Suzán Azpiri¹

La revista *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* (CSM) cumple en este número 60 años de publicarse en forma continua, siendo la revista botánica más antigua en México, y una de las pocas revistas científicas mexicanas con esta longevidad y continuidad. En el año 2000 la revista era editada por tres jóvenes investigadores, la Dra. María del C. Mandujano Sánchez, el ahora Dr. Jordan Golubov Figueroa (en aquel momento biólogo), y el Biól. Jerónimo Reyes S., los cuáles lograron revitalizar la revista abriendo nuevos tópicos como estudios ecológicos y evolutivos que tenían un peso menor en los números iniciales de la revista. Los Dres. Mandujano y Golubov se mantienen hasta el momento como editores de la misma y a partir de 2013 he tenido el honor de fungir como uno más de los editores de esta importante revista. Asimismo, el apoyo de los asistentes editoriales ha sido crucial desde el 2004 cuando ingresó la Biól. Gisela Aguilar quien colaboró hasta el 2011 y; en 2005 se incorpora la Dra. Mariana Rojas-Aréchiga colaborando hasta la fecha y en el 2013 se incorpora la Dra. Guadalupe Malda.

CSM ha logrado mantenerse viva en momentos de presión y competencia ante otras revistas nacionales e internacionales, permitiéndole así, el ser reconocida e indizada por diversas instituciones acreditadoras. Actualmente nuestra revista se encuentra registrada en: CAB-Abstracts, BIOSIS (Thompson-Reuters), Periodica y Latindex. La tradición de la comunidad científica de publicar en nuestro idioma y en revistas mexicanas es joven y poco atendida, y se encuentra en riesgo debido a la tendencia a publicar en revistas foráneas indizadas por

Thomson Scientific (ISI). Es por ello, que el reto mayor para nuestra revista es lograr en los próximos años el reconocimiento nacional por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) e internacional por ISI Thomson, lo que requiere incrementar el número de suscriptores, lectores y citas a *Cact Suc Mex*.

En los últimos 15 años los artículos publicados en la revista abarcan una gran diversidad de tópicos desde la sistemática, biodiversidad y ecología hasta la biología de la conservación, la etnobotánica, la genética, la fisiología y por supuesto aspectos hortícolas y de cultivo de tejidos. En un afán clasificatorio y sujeto a posibles errores en cuanto a la asignación de un trabajo a un tópico en particular (pues muchos trabajos abarcan más de un tópico) podemos observar lo siguiente: Del año 2005 a la fecha 42 trabajos pudieran ser considerados como sistemáticos o biogeográficos, 31 ecológico-evolutivos, 15 de biología de la conservación, 23 de aplicaciones (etnobotánicas u hortícolas) y 2 eminentemente de genética. Estas proporciones nos indican las actuales tendencias de la investigación en cactáceas y suculentas esperando ampliar en los próximos años la participación en áreas biotecnológicas.

Actualmente CSM aparece en forma digital e impresa tratando de alcanzar así un mayor número de lectores, especialmente estudiantes, académicos y aficionados a esta importante familia de plantas.

Esperamos que todos los lectores actuales de la revista nos ayuden a difundirla y sin duda que consideren a *Cact Suc Mex* un foro para difundir sus contribuciones.

Agradecemos a todos los colaboradores de la revista a lo largo del tiempo. En hora buena por su 60 aniversario a *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*.

¹ Escuela de Biología, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas s/n, C.P. 76010, Querétaro, Oro. Correo electrónico: hsuzan@uaq.mx

Coryphantha elephantidens (Lemaire) Lemaire 1869



El nombre del género proviene del griego *coryphe*, que significa cima o cabeza, y *anthos*, que significa flor. Su epíteto latino, *elephantidens*, hace referencia a “pata de elefante”. Esta cactácea de tallo simple o irregularmente cespitoso, tiene forma globosa hasta subglobosa, con el ápice aplanado y lanoso, de alrededor de 14 cm de altura y 19 cm de diámetro, de color verde oscuro. Los tubérculos son muy grandes, de cuatro a cinco cm de longitud, obtusos, redondeados arriba, con la base romboidal; están dispuestos en cinco y ocho series espiraladas. Las espinas radiales van de cinco a seis, son de forma subulada, las más largas miden unos 2 cm de longitud. Su color es al principio amarillento y después blanco. Las espinas se extienden y encorvan sobre los tubérculos, generalmente dos a cada lado de la aréola y una inferior, que es la más larga (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada.1991. *Las Cactáceas de México*).

Las flores miden cerca de 11 cm de diámetro y son diurnas, generalmente de color rosa con tintes purpúreos; sin embargo, entre localidades la intensidad del color puede variar, pueden tener numerosos segmentos del perianto. Los segmentos interiores son espatulados, mucronados, de color rosa con tinte purpúreo, con una línea longitudinal media más oscura. Los estambres son escasos, con filamentos de color rosa, mientras que las anteras son amarillas o anaranjadas. El número de lóbulos del estigma varía, siendo regularmente seis, de color amarillento. Los frutos son oblongos, de 2-3 cm de longitud. Las semillas de color castaño claro miden 4 mm de longitud. Florece entre los meses de junio y septiembre.

Coryphantha elephantidens es una especie considerada “Amenazada” según la NOM-ECOL-059-2010, y de “Preocupación menor”, según la lista roja de la UICN. La CITES la considera en su apéndice II. Tiene una amplia distribución en el centro del país, desde el sur de Zacatecas, Jalisco, Guanajuato, Michoacán, México, Hidalgo, Puebla, Querétaro, Veracruz, Guerrero, Morelos y hasta el noroeste de Oaxaca (Guzmán et al.2007, *Catálogo de Cactáceas*). En Morelos, prevalece en la parte sur del estado. Generalmente crece en lomas con pastizales, y se la encuentra con frecuencia en claros de la selva baja caducifolia. Se reproduce por semillas y por los explantes formados en la base de los tallos principales; además, se ha logrado propagar exitosamente in vitro, por medio de la técnica de cultivo de tejidos.

Hernández-Tapia Rubén, Vargas-Castrejón Graciela & Martínez-Peralta Concepción.

Escuela de Estudios Superiores de El Jicarero. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Carr. Galeana-Tequesquitengo s/n, Col. El Jicarero, Jojutla, Morelos, C.P. 62909, México.

Correo de contacto: concepcion.martinez@uaem.mx