

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas



VOLUMEN 52 No. 4

OCTUBRE-DICIEMBRE 2007

ISSN 0526-717X

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 52 No. 4
Octubre-diciembre 2007

Editor Fundador
Jorge Meyrán

Consejo Editorial
Anatomía y Morfología
Dra. Teresa Terrazas
Colegio de Posgraduados

Ecología
Dr. Arturo Flores-Martínez
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

Etnobotánica
Dr. Javier Caballero Nieto
Jardín Botánico IB-UNAM

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

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

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

Química
Dra. Kasuko Aoki
UAM-Xochimilco

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
Instituto Darwinian, Argentina

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

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

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

Impresión
Ortempus SA de CV
Se imprimieron 1 000 ejemplares, noviembre de 2007
SOCIEDAD MEXICANA DE CACTOLOGÍA, A.C.

Presidenta Fundadora
Dra. Helia Bravo-Hollis †

Presidenta
Araceli Gutiérrez de la Rosa

Vicepresidente
Alberto Pulido Aranda

Tesorero
Omar González Zorzano

Secretaría
Samantha Mendoza Moreno

Bibliotecario
Raymundo García A.

Fotografía de portada:
Astrophytum myriostigma
Foto: Mariana Rojas



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 \$300.00 para México y \$35 USD o 25€ para el extranjero. Pago de suscripciones a la cuenta no. 148-6353704 de Banamex.

Subscription rates: \$35.00 USD or 25.00€. Payment in cash, bank transfer or International Postal Money Order (only from the USA). Los comprobantes bancarios, la documentación pertinente y cualquier correspondencia deberán ser enviados a (Payments and correspondence to): Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. Aptdo. Postal 19-490, San José Insurgentes, 03901, México, D.F.

socmexcact@yahoo.com

www.cactus-mall.com/smc/

www.ecologia.unam.mx/laboratorios/dinamica_de_poblaciones/cacsu-cmex/cacsucmex_main.html

La Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. agradece el financiamiento a suscriptores y donativos por productos de divulgación que genera la sociedad.

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 52 No. 4 octubre-diciembre 2007



Contenido

Efecto de la irradiación luminosa en la aclimatación de *Mammillaria carmenae* Castañeda (Cactaceae) proveniente de cultivo *in vitro*

Coca Soriano, Edith; Ortiz Montiel, Juan Gerardo; Sánchez Correa, Socorro & Pérez Crisanto, Joel..... 100

Respuesta germinativa a la luz y temperatura de plantas de *Astrophytum myriostigma* Lemaire (Cactaceae) mantenidas en invernadero

Hernández-Aguilar, Alejandra & Collazo-Ortega, Margarita..... 109

Nota: *Backebergia militaris* (Audot) Bravo *ex* Sánchez-Mejorada (Cactaceae) un recurso industrial en grave riesgo de extinción

Martínez-Palacios, Alejandro..... 121

Contents

Effect of luminic irradiance on the acclimatization of *Mammillaria carmenae* Castañeda (Cactaceae) from *in vitro* culture

Coca Soriano, Edith; Ortiz Montiel, Juan Gerardo; Sánchez Correa, Socorro & Pérez Crisanto, Joel..... 100

Germination response to light and temperature of *Astrophytum myriostigma* Lemaire (Cactaceae) plants maintained under greenhouse conditions

Hernández-Aguilar, Alejandra & Collazo-Ortega, Margarita..... 109

Note: *Backebergia militaris* (Audot) Bravo *ex* Sánchez-Mejorada (Cactaceae) an industrial resource in risk of extinction

Martínez-Palacios, Alejandro..... 121

Efecto de la irradiación luminosa en la aclimatación de *Mammillaria carmenae* Castañeda (Cactaceae) proveniente de cultivo *in vitro*

Coca Soriano, Edith¹; Ortiz Montiel, Juan Gerardo,^{1*} Sánchez Correa, Socorro¹ & Pérez Crisanto Joel¹.

Resumen

Se reprodujo *Mammillaria carmenae* por cultivo *in vitro* a partir de areolas de una planta etiolada *in vivo*. Se obtuvieron plantas a partir de callos, las cuales se aclimatizaron bajo diferentes tratamientos de irradiación luminosa (50, 150 y 970 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) bajo condiciones de invernadero. Durante la aclimatación se registraron la variación en el contenido de ácidos orgánicos, el contenido de clorofilas a, b y totales así como la sobrevivencia. Se observó la formación de numerosas plantas a partir de los callos obtenidos. Todas las plantas presentaron bajas concentraciones de clorofilas. En las plantas *in vitro* no se observaron cambios en la acidez titulable, lo que si se encontró en las plantas bajo 50, 150 y 970 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. La irradiación luminosa, aún cuando no fue el único factor que determinó la aclimatación de las plantas obtenidas *in vitro*, influyó fuertemente en la adaptación al proceso fotosintético normal de las plantas de *M. carmenae*.

Palabras clave: aclimatación, Cactaceae, *Mammillaria carmenae*, micropropagación.

Abstract

In vitro culture of *Mammillaria carmenae* was initiated using areoles of an *in vivo* etiolated plant as explants. Shoots were obtained from callus and were rooted. Complete plantlets were acclimatized by removing them from an *in vitro* condition, and transplanting them into a greenhouse under three irradiation values (50, 150 y 970 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). The effect of irradiation during acclimatization, on the organic acids variation (titrable acidity), chlorophylls a, b and total, as well as plant survival were studied. Numerous plantlets were formed from callus. All plants had low chlorophylls concentrations. In *ex vitro* plants under acclimatization (50, 150 and 970 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), changes on tritable acidity were observed, but not observed in *in vitro* plants. The irradiation had a strong influence in the adaptation process to normal photosynthetic activities of *M. carmenae in vitro* plants.

Key words: acclimatization, Cactaceae, *Mammillaria carmenae*, micropropagation.

Introducción

México cuenta con un gran número de especies de cactáceas, las cuales han sido utilizadas desde tiempos antiguos con muy

variados fines (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada, 1991). La recolección, perturbación o pérdida de su hábitat y el lento crecimiento de los miembros de la familia Cactaceae, han hecho vulnerables a la extinción a un gran

¹ Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales, Unidad de Morfología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Av. De los Barrios No.1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Edo. de Méx., C P 54090. México. Tel. 5623-1262,

*Autor de correspondencia: jgerardo@servidor.unam.mx

número de estos organismos (Bravo-Hollis 1978; Trejo & Cruickshank 1987).

Desde hace varias décadas se han desarrollado estrategias para la propagación de especies de cactáceas en peligro de extinción, endémicas o raras, una de ellas es la micropropagación *in vitro* por cultivo de tejidos (Starling & Dodds 1983; Ortiz-Montiel & Alcántara-García 1987; Martínez & Rubluc 1989; Hustenberger *et al.* 1992; Rubluc *et al.* 1993). Esta técnica permite la producción de muchos organismos genéticamente idénticos a partir de una pequeña porción de tejido aséptico proveniente de un solo individuo, sin embargo, este método presenta algunos problemas durante su aplicación ya que un alto porcentaje de las plantas de algunas especies no sobreviven al ser transferidas a condiciones de invernadero o campo (Pospíšilová *et al.* 1999).

Durante la micropropagación *in vitro* las plantas crecen en condiciones controladas, la incubación de los tejidos en frascos estériles y cerrados para prevenir la contaminación microbiana elimina las corrientes de aire e incrementa la humedad ambiental, lo que limita el flujo de CO₂ y de otros productos gaseosos de las plantas en el frasco (Nguyen *et al.* 1999; Pospíšilová *et al.* 2000); estas condiciones pueden dar como resultado la formación de plantas con morfología, anatomía y fisiología anormal o no funcional. Las características más comúnmente observadas son el retraso en la formación de la cutícula, la falta de cera epicuticular y el mal funcionamiento del aparato estomático; alteraciones que es indispensable evitar para controlar la evaporación excesiva de agua y proporcionar resistencia a las células epidérmicas de las plantas en condiciones naturales (Cui *et al.* 2000; Pospíšilová *et al.* 2000). Por lo tanto es necesario proporcionar

a las plantas micropropagadas un tratamiento de aclimatación que permita el desarrollo de las características normales, para incrementar el porcentaje de sobrevivencia en el trasplante a condiciones de invernadero o campo (Debergh 1991; Debergh & Zimmerman 1991).

Mammillaria carmenae Castañeda es una especie endémica del estado de Tamaulipas México, considerada como una especie con área de distribución extremadamente restringida. Por su belleza ha sido fuertemente explotada como una planta ornamental y actualmente se considera en peligro de extinción (NOM-ECOL 059-2001). En este trabajo se desarrolló la propagación de esta especie por cultivo *in vitro*, determinando el efecto de la irradiación luminosa en la aclimatación de las plantas obtenidas.

Material y métodos

Especie de estudio

Mammillaria carmenae Castañeda. Planta cespitosa con tallo globoso u ovoide, de 5 a 8 cm de altura. Tubérculos laxos, cónicos, alargados. Axilas con lana blanca y cerdas blancas y translúcidas. Aréolas circulares. Espinas radiales más de 100, suaves, pungentes, verticiladas, de color blanco o amarillo claro, con la base más oscura. Espinas centrales ausentes. Flores blancas ligeramente rosadas, campanuladas, de 11 mm de longitud y diámetro. Fruto blanco verdoso, ovoide, de 6 mm de longitud por 3 mm de diámetro. Semillas negras, punteadas, piriformes, con hilo pequeño (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991).

Material vegetal

Se utilizó un organismo adulto de *M. carmenae* donado por Jerónimo Reyes Santiago (Jardín

Botánico del Instituto de Biología de la UNAM). La planta se mantuvo a una temperatura de 24 ± 2 °C y a una intensidad luminosa de $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ durante 8 semanas con el fin de inducir la etiolación (Flores-León & Ortiz-Montiel 2000).

Inducción de callos y micropropagación

Se utilizaron como explantes las aréolas etioladas (0.5 cm^3), éstas se desinfectaron previamente en una solución de hipoclorito de sodio 1.2% conteniendo 0.05% de Tween-20 por 15 minutos y se enjuagaron en tres ocasiones (3 minutos cada una) con agua destilada estéril.

Para la formación de callos los explantes se incubaron en frascos de 120 ml de capacidad con 20 ml de medio Murashige y Skoog (1962) (MS62) adicionado con 2 mg l^{-1} de ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2, 4 D) y 0.5 mg l^{-1} de benciladenina (BA), con 7 g l^{-1} de agar, pH 5.7, esterilizado por 15 minutos en autoclave (1.05 Kg cm^2 y 121 °C). Estos explantes se incubaron a una temperatura de 24 ± 2 °C, $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiación fotosintéticamente activa (PAR) y fotoperiodo de 12 horas. Los explantes se subcultivaron mensualmente en medio fresco (Anicua & Rivas 2000).

La formación de plantas se indujo transfiriendo fracciones de callos a medio de cultivo MS62, adicionado con 200 mg l^{-1} de mioinositol, 0.4 mg l^{-1} de tiamina-HCl, 0.5 mg l^{-1} de 2,4 D, 3 mg l^{-1} de BA, 30 g l^{-1} de sacarosa y 8 g l^{-1} de agar ajustando el pH a 5.7. Los cultivos se mantuvieron en las mismas condiciones ambientales mencionadas anteriormente, durante 16 semanas.

Para inducir la formación de raíces los brotes obtenidos se subcultivaron en medio de cultivo MS62 adicionado con 2.5 mg l^{-1} de ácido naftalenacético (ANA), 30 g l^{-1} de

sacarosa, 200 mg l^{-1} de mioinositol y 8 g l^{-1} de agar con un pH de 5.7. Los brotes se mantuvieron bajo las condiciones iniciales durante 8 semanas hasta la formación de raíz (Anicua & Rivas 2000).

Aclimatación

Las plantas de *M. carmenae* obtenidas *in vitro* se transfirieron a una mezcla de tierra negra- tezontle en proporción 1:3, dentro de macetas con capacidad de 250 ml y se dividieron en tres grupos de 12 plantas, se colocaron en condiciones de irradiación luminosa de 50, 150 y $970 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, la temperatura se mantuvo a 24 ± 4 °C, la humedad relativa a $52 \pm 12\%$.

Como indicadores de la adaptación fisiológica a la irradiación luminosa después del trasplante de las plantas de *M. carmenae*, se midió el contenido de clorofila a, b y total, y el contenido de ácidos orgánicos (acidez titulable), como un indicador del metabolismo ácido de crasuláceas (MAC). Ambas mediciones se realizaron tanto en plantas mantenidas *in vitro*, como en plantas bajo los tratamientos de aclimatación y plantas provenientes de semilla (un año), mantenidas en condiciones de invernadero ($970 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 24 ± 4 °C, y $52 \pm 12\%$ de humedad relativa). Finalmente se determinó el porcentaje de sobrevivencia en cada uno de los tratamientos de aclimatación.

Las clorofilas se extrajeron macerando 1 g de la parte aérea de la planta con 3 ml de acetona al 80%, el macerado se centrifugó a 14 000 Gs durante 5 minutos en una microcentrifuga Jouan, tipo A14 (Francia), se recuperaron los sobrenadantes y se leyó la absorbancia a 663 y 645 nm, la cuantificación se realizó según lo propuesto por Hipkins y Baker (1986).

El contenido de ácidos orgánicos se obtuvo macerando un gramo de tejido de la parte aérea de una planta con 10 ml de agua destilada, el macerado se incubó en baño María durante 5 minutos y se filtró. El filtrado se tituló con NaOH 0.004N hasta alcanzar un pH de 8.3, de tal forma que cada mililitro de NaOH 0.004N gastado equivale a 0.01 miliequivalentes (meq) de ácidos orgánicos por gramo de peso fresco de acuerdo a lo propuesto por Mathur (1978). Las mediciones se realizaron después de tres meses de aclimatación en cada uno de los tratamientos, las muestras para la misma se tomaron después del periodo de oscuridad (7:00 am) y después del periodo de iluminación (7:00 pm).

Resultados

Inducción de callos y micropropagación.

La formación de callos se inició a los 18 días después de la siembra de los explantes en el medio de cultivo MS62 con 2 mg l⁻¹ de 2, 4 D y 0.5 mg l⁻¹ de BA.

La obtención de brotes ocurrió a las 16 semanas de incubación de los callos en el medio MS62 con 0.5 mg l⁻¹ de 2,4 D y 3 mg l⁻¹ de BA, en todos los casos se presentaron estructuras globosas de tamaño homogéneo con axilas sin lana, espinas blancas bien distribuidas y de tamaño ligeramente pequeño, epidermis verde claro con apariencia suculenta (Foto 1).

Las raíces se formaron después de 8 semanas de incubación en el medio de cultivo adicionado con 2.5 mg l⁻¹ de ANA, su morfología fue normal alcanzando en este tiempo longitudes en promedio de 1.8 cm. El sistema de cultivo *in vitro* presentado en este trabajo posibilita el control en la obtención de plantas

completas de *M. carmenae* de 1 a 1.5 cm de altura en un tiempo aproximado de 6 meses (Foto 2).

Aclimatación

La concentración de clorofila total en las plantas *in vitro* y en las que se colocaron bajo los tratamientos de aclimatación *ex vitro* fue similar a las mantenidas *in vivo* (Cuadro 1). La concentración de clorofila a, en los tratamientos de 150 y 970 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ se observó semejante a la de las plantas *in vivo* y disminuida en comparación con las plantas *in vitro* y *ex vitro* en 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Por otro lado, la clorofila b se incrementó en alta irradiación (150 y 970 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), siendo mayor en las plantas *in vivo* (Cuadro 1), lo que afectó la relación clorofila a/b con una disminución notable en alta irradiación.

La concentración de ácidos orgánicos en las plantas mantenidas *in vitro* después del periodo de oscuridad fue menor que el registrado después del periodo de luz, lo cual indica que las plantas en estas condiciones no fijaron CO₂ o lo hicieron en una proporción muy baja, lo que puede ser producto de las condiciones de baja irradiación, alta humedad relativa y baja concentración de CO₂ y O₂, dentro del frasco.

Los meq de ácidos orgánicos fueron mayores en el tratamiento de 970 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, valores muy cercanos a los encontrados en las plantas *in vivo* (0.27 y 0.29 después del periodo de luz y 0.49 y 0.53 después del periodo de oscuridad, respectivamente (Cuadro 2), lo cual indica un comportamiento fotosintético de tipo MAC (metabolismo ácido de crasuláceas) en las plantas provenientes de cultivo *in vitro* mantenidas a la más alta irradiación luminosa, muy cercano al que tienen las plantas *in vivo*.

Cerardo Ortiz Montiel

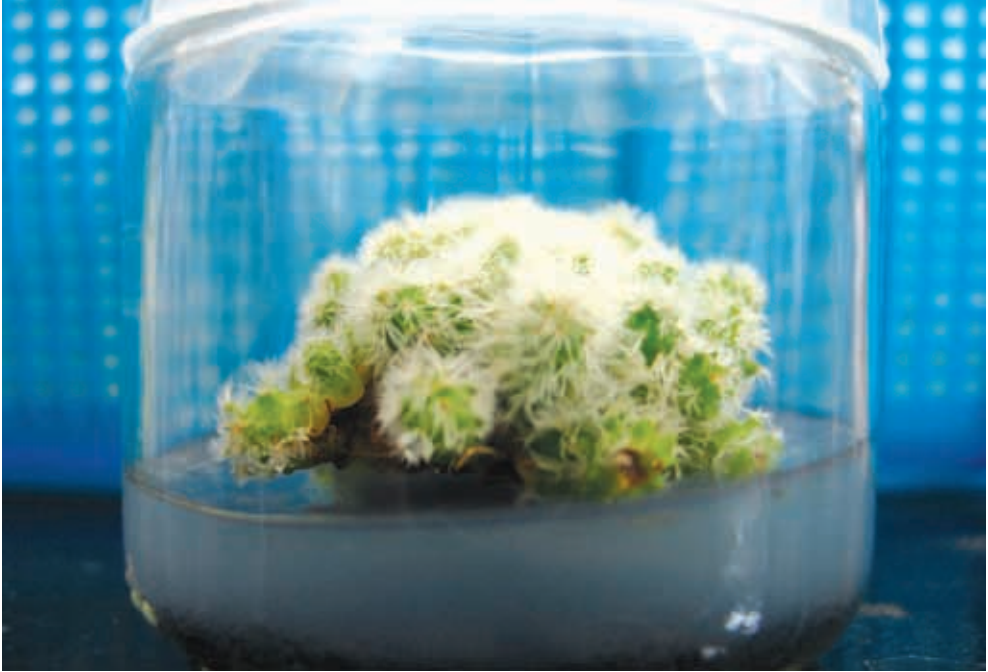


FOTO 1. Brotes obtenidos sobre callos desarrollados *in vitro* a partir de areolas de *Mammillaria carmenae*.

Cerardo Ortiz Montiel



FOTO 2. Planta de *Mammillaria carmenae* obtenida *in vitro*.

Discusión

Inducción de callos y micropropagación.

La formación de callos a los 18 días después de la siembra de los explantes en el medio de cultivo usado en este trabajo se inició de forma similar en otros trabajos. Corona *et al.* (1984) y Velázquez & Soltero (2001) obtuvieron resultados similares aplicando diferentes concentraciones de estas hormonas en la propagación de *Cephalocereus senilis* y *Epihlantha micromeris* respectivamente. Vyskot & Jara (1984), reportaron la inducción de brotes axilares en cultivo *in vitro* a partir de explantes de mamilas de *M. carmenae*, ellos obtuvieron los mejores resultados utilizando 1 mg l⁻¹ de ácido naftalenacético (ANA) y 2 mg l⁻¹ de benciladenina (BA), sin embargo no refieren registros temporales o número de brotes obtenidos. En nuestro trabajo la inducción inicial de callos dio lugar a la obtención de un gran número de brotes (7 a 15 brotes por frasco), en un periodo de 19 semanas.

Vyskot & Jara (1984), observaron la formación de raíces en *M. carmenae* en medios

con 1 mg l⁻¹ de ácido indol acético (AIA) o sin hormonas, hecho que ocurre en algunas especies de cactáceas donde la formación de raíces se presenta de manera espontánea en medios de cultivo libres de auxinas (Hustenberger *et al.* 1992).

Aclimatación

Semorádová *et al.* (2002), observaron también una proporción de clorofilas a/b alta en plantas de tabaco *in vitro* y la posterior disminución de la misma al pasar a alta iluminación *ex vitro* (700 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

Se conoce que las plantas se aclimatan a diferentes temperaturas de crecimiento y en especial sus tejidos fotosintéticos gradualmente se adaptan a cambios en los niveles de luz, de tal forma que bajo sombra, se incrementa la capacidad de captar energía luminosa, observándose un aumento en la proporción de clorofilas a/b y disminuye esta capacidad en ambientes con alta iluminación, en particular se incrementa la clorofila b, en condiciones de baja irradiación (Berry & Björkman 1980; Ryberg *et al.* 1980). Aún cuando la respuesta a la irradiación probable-

CUADRO 1. Contenido de clorofilas a, b y total (mg g⁻¹ de tejido fresco), en plantas de *Mammillaria carmenae* creciendo *in vitro* y bajo aclimatación en diferentes condiciones de irradiación luminosa.

	Total	a	b	a/b
<i>In vitro</i>	0.0197 \pm 0.00097	0.0169 \pm 0.00012	0.0055 \pm 0.00049	3.0727 \pm 0.3323
50 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	0.0252 \pm 0.00083	0.0190 \pm 0.00026	0.0062 \pm 0.00008	3.0645 \pm 0.2955
150 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	0.0208 \pm 0.00025	0.0135 \pm 0.00015	0.0074 \pm 0.00012	1.8378 \pm 0.0221
970 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	0.0199 \pm 0.00021	0.0126 \pm 0.00011	0.0072 \pm 0.00013	1.7500 \pm 0.0413
<i>In vivo</i>	0.0238 \pm 0.00015	0.0132 \pm 0.00013	0.0106 \pm 0.00015	1.2452 \pm 0.0841

CUADRO 2. Fluctuación de ácidos orgánicos (medidos como acidez titulable en meq g⁻¹ de tejido fresco), en plantas de *Mammillaria carmenae* creciendo *in vitro* y bajo aclimatación en diferentes condiciones de irradiación luminosa. Los valores indicados fueron tomados después del periodo que se indica.

	Luz	Oscuridad
<i>In vitro</i>	0.15 + 0.002	0.11 + 0.002
50 $\mu\text{mol m}^2\text{s}^{-1}$	0.14 + 0.001	0.24 + 0.002
150 $\mu\text{mol m}^2\text{s}^{-1}$	0.20 + 0.001	0.24 + 0.001
970 $\mu\text{mol m}^2\text{s}^{-1}$	0.27 + 0.002	0.49 + 0.012
<i>In vivo</i>	0.29 + 0.002	0.53 + 0.035

mente depende de la especie ya que Poljuha *et al.* (2003), encontraron concentraciones más elevadas de clorofilas en plantas mantenidas *in vitro* de *M. gracilis* a una irradiación luminosa de 90 $\mu\text{mol m}^2\text{s}^{-1}$. Este comportamiento sugiere que factores ambientales como la intensidad de irradiación, la humedad relativa, y la concentración de CO₂ y O₂, pueden influir en el comportamiento fotosintético de las plantas en cultivo aséptico, lo que se ha encontrado también para otras especies *in vitro* (Levison *et al.* 2004).

La diferencia en la concentración de ácidos orgánicos en las plantas mantenidas *in vitro* después del periodo de oscuridad y periodo de luz sugiere la presencia de un metabolismo C3, fijando CO₂ respiratorio (Seelye *et al.* 2003; Hazarika 2003), o modificado por la presencia de altas concentraciones de sacarosa, originando la acumulación de almidón (van Huylenbroeck & Debergh 1996), lo que puede inhibir el ciclo de Calvin por desactivación de la ribulosa bifosfato carboxilasa (Grout 1988). En cambio en los 3 tratamientos de aclimatación y en las plantas *in vivo*, se observó que la concentración de ácidos orgánicos se incrementó después

del periodo de oscuridad (Cuadro 2), lo cual indica la presencia de un activo metabolismo ácido de crasuláceas (Hartsock & Nobel 1976; Malda *et al.* 1999).

Estos datos no concuerdan con lo observado para *Coryphantha minima* por Malda *et al.* (1999), quienes encontraron mayor concentración de ácidos orgánicos durante la noche en plantas *in vitro* con respecto a las plantas climatizadas por lo que hacen referencia a la presencia de un metabolismo MAC estricto en sus organismos.

De acuerdo a esto, las plantas de *M. carmenae* mantenidas *in vitro* se aclimataron eficientemente en los tratamientos estudiados que aún cuando se registró una alta disminución en la proporción de clorofilas a/b en alta irradiación (970 $\mu\text{mol m}^2\text{s}^{-1}$), esto no afectó la sobrevivencia de las mismas, lo que debe tomarse en cuenta en la aclimatación de esta especie.

La sobrevivencia al final de los tratamientos de aclimatación fue del 100% y las plantas obtenidas se desarrollaron normalmente (Foto 2), excepto en el tratamiento de menor intensidad luminosa (50 $\mu\text{mol m}^2\text{s}^{-1}$) donde el porcentaje disminuyó al 95%.

Literatura citada

- Anicua J & Rivas R. 2000. Micropropagación y evaluación de estatus metabólico *in vitro* de tres especies endémicas y amenazadas o en peligro de extinción (*Mammillaria bocasana*, *M. carmenae* y *Echinocactus grusonii*). Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala UNAM, México.
- Berry J & Björkman O. 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology* **31**:491-543.
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. 1. UNAM. México.
- Bravo-Hollis H. & Sánchez-Mejorada H. 1991. *Las cactáceas de México*. Vol. 2. México.
- Corona V, Nava E & Yáñez L. 1984. Propagación de *Cephalocereus senilis* mediante cultivo de tejidos. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **29**:3-7.
- Cui Y, Hahn E, Kozai T & Paek K. 2000. Number of air exchanges, sucrose concentration, Photosynthetic photon flux, and differences in photoperiod and dark period temperatures affect growth of *Rehmannia glutinosa* plantlets *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* **62**:219-226.
- Debergh P. 1991. Acclimatization techniques of plants from *in vitro*. *Acta Horticulturae* **289**:291-300.
- Debergh P & Zimmerman R. 1991. *Micropropagation: Technology and application*. Kluwer Academic Publishers. Press Netherlands.
- Flores-León R & Ortíz-Montiel G. 2000. *In vitro* culture of *Cephalocereus senilis* (Haworth) Pfeiffer through areole activation of etiolated plants. *Haseltonia* **7**:92-96.
- Grouet B. 1988. Photosynthesis of regenerated plantlets *in vitro*, and the stresses of transplanting. *Acta Horticulturae* **230**:129 – 135.
- Hartsock T & Nobel P. 1976. Watering converts a CAM plant to daytime CO₂ uptake. *Nature* **262**:574-576.
- Hazarika N. 2003. Acclimatization of tissues cultured plants. *Current Science* **85**:1704-1712
- Hipkins MF & Baker NR. 1986. *A practical approach*. Practical Approach Series. IRL Press, Oxford, Washington DC.
- Hustenberger J, Clayton P & Phillips G. 1992. *Micropropagation of cacti (Cactaceae)*. En: Bajaj, Y.P.S. 9ª Ed. Biotechnology in Agriculture and Forestry. Springer-Verlag, Heidelberg, 49-68.
- Levison E, Petropoulou Y & Mancias Y. 2004. Carotenoid composition of peridermal twigs does not fully conform to a shade acclimation hypothesis. *Photosynthetica* **42**:591-596.
- Malda G, Backhaus R & Chris M. 1999. Alterations in growth and crassulacean acid metabolism (CAM) activity of *in vitro* cultured cactus. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* **58**:1-9.
- Martínez V & Rublío A. 1989. *In vitro* mass propagation of near extinct *Mammillaria sanangelensis* (Sanchez-Mejorada). *Journal of Horticultural Science* **64**:99-106.
- Mathur D. 1978. Elemental analysis of crassulacean acid. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* **9**:127-139.
- Murashige T & Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* **15**: 473-497.
- Nguyen Q, Kozai T & Nguyen U. 1999. Effects of sucrose concentration, supporting material and number of fair exchanges of the vessel on the growth of *in vitro* coffee plantlets. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* **58**:51-57.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-ECOL-059). 2001. *Diario Oficial de la Federación*. Organismo del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, México.
- Ortiz-Montiel J & Alcántara-García R. 1987. Propagación *in vitro* de peyote *Lophophora williamsii* (Lemaire Coulter). *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **42**:3-6.
- Poljuha D, Balen B, Bauer A & Ljubešić N. 2003. Morphology and ultrastructure of *Mammillaria gracillis* (Cacataceae) *in vitro* culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* **75**:117-123.

- Pospíšilová J, Haisel D, Synková H, Čatský J, Wilhelmová N, Plzáková Š, Procházková D & Šrámek F. 2000. Photosynthetic pigments and gas exchange during *ex vitro* acclimation of tobacco plants as affected by CO₂ supply and abscisic acid. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* **61**:125-133.
- Pospíšilová J, Tichá I, Kadleček P, Haisel D & Plzáková Š. 1999. Acclimatization of micropropagated plants to *ex vitro* conditions. *Biologia Plantarum* **42**:481-497.
- Rublo A, Chávez M & Martínez V. 1993. Strategies for the recovery of endangered orchids and cacti through *in vitro* culture. *Biological Conservation* **63**:163-169.
- Ryberg H, Axelsson K, Widell D & Virgin H. 1980. Chlorophyll b accumulation and grana formation in low intensities of red light. *Physiologia Plantarum* **49**:431-436.
- Seelye F, Burge K & Morgan R. 2003. Acclimatizing tissue culture plants: Reducing the shock. *Combined Proceedings International Plant Propagators' Society* **53**:85-90.
- Semorádová S, Synková H & Pospíšilová J. 2002. Responses of tobacco plantlets to change of irradiance during transfer from *in vitro* to *ex vitro* conditions. *Photosynthetica* **40**:605-614.
- Starling R & Dodds J. 1983. Tissue culture propagation of cacti and other succulents. *Bradleya* **1**:84-90.
- Trejo M & Cruickshank V. 1987. Estrategia para la recuperación de especies en peligro de extinción en México. Resumen, *X Congreso Mexicano de Botánica*. México.
- Van Huylenbroeck & Debergh P. 1996. Impact of sugar concentration *in vitro* on photosynthesis and carbon metabolism during *ex vitro* acclimatization of *Spathiphyllum* plantlets. *Physiologia Plantarum* **96**:298-304.
- Velázquez L & Soltero R. 2001. Micropropagación de *Epithelantha micromeris* (Eng.) Weber *ex Britton et Rose*. Var. *Micromeris*, Cactaceae. *Cañáceas y Suculentas Mexicanas* **46**:56-62.
- Vyskot B & Jara Z. 1984. Clonal propagation of cacti through axillary buds *in vitro*. *Journal of Horticultural Science* **59**:449-452.



Calendario Cactáceas 2008

De venta en:

Tienda Tigridia en el Jardín Botánico, UNAM, o solicítalo con Omar González Zorzano al correo electrónico: socmexcact@yahoo.com.mx

Envía tu cheque o giro postal a nombre de Sociedad Mexicana de Cactología, a.c., a la cuenta 148-6353704 de Banamex.

Precio del calendario: \$30.00 más gastos de envío

Cacti Calendar 2008. Foreign orders: information with Omar González Zorzano, e-mail: socmexcact@yahoo.com.mx

Respuesta germinativa a la luz y temperatura de plantas de *Astrophytum myriostigma* Lemaire (Cactaceae) mantenidas en invernadero

Hernández-Aguilar, Alejandra¹ & Collazo-Ortega, Margarita*

Resumen

Astrophytum myriostigma es una planta amenazada, sus poblaciones están afectadas por el saqueo ilegal y perturbación de su hábitat. Se estudió la respuesta germinativa de semillas procedentes de plantas de 8.3 años, germinadas y mantenidas en condiciones de invernadero; evaluada bajo condiciones controladas de temperatura (15, 20, 25 y 30 °C) y de diferente calidad de luz (blanca, roja, roja-lejana y oscuridad). Las semillas se comportaron como indiferentes a la luz y termófilas. La respuesta germinativa incrementó con el aumento de la temperatura, la mejor fue a 25 °C y la menor a 15 °C. Las respuestas obtenidas son similares o superiores en algunos casos a las reportadas para semillas procedentes de plantas en condiciones naturales. En condiciones de invernadero es posible obtener plantas, con semillas viables y alta capacidad germinativa, que pueden ser utilizadas para su reintroducción o para venta y así contrarrestar la disminución de sus poblaciones naturales.

Palabras clave: *Astrophytum myriostigma*, cactáceas, germinación, luz, temperatura.

Abstract

Astrophytum myriostigma is a threatened plant in their natural conditions because their populations are subject of illegal plunder. Our objective was to study the behavior of this species, evaluating the germinative response of seeds proceeding from plants of 8.3 years old, germinated and grown in greenhouse conditions, evaluating the effect of temperature (15, 20, 25 and 30 °C) and light quality (white, red, far red and darkness) under controlled conditions. Seeds showed to be indifferent to light. *Astrophytum myriostigma* seeds are thermoblastic; germinative capacity and velocity increased with temperature elevation, having the best response at 25 °C and the lowest response at 15 °C. Responses registered in this experiment are in some cases higher than those reported for seeds proceeding from plants in natural conditions. At greenhouse conditions it is possible to obtain plants, with production of viable seeds and high germinative capacity, so this is an alternative strategy to diminish the extraction of plants from their natural populations.

Key words: *Astrophytum myriostigma*, cacti, germination, light, temperature.

Introducción

Las cactáceas son uno de los grupos más amenazados del reino vegetal. Las poblaciones naturales de muchas especies en esta familia

han sido afectadas por las presiones del desarrollo humano, principalmente debido a la conversión de terreno para usos agrícolas y/o pecuarios y a las actividades de extracción de las plantas de su hábitat para su venta como

¹ Laboratorio de Desarrollo en Plantas, Facultad de Ciencias, UNAM. Ciudad Universitaria, México D.F., 04510.

*Autor de correspondencia: mco@ciencias.unam.mx

especies de ornato. La familia completa está incluida en el Apéndice II de la Convención sobre el Tráfico Internacional de Especies Silvestres de Flora y Fauna Amenazadas (CITES, Inskip & Gilliet 2003, página en red.) y 35 especies están comprendidos en el Apéndice I. En la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 (Semarnat 2002), se encuentran inscritas 286 cactáceas, 30 en peligro de extinción, 89 amenazadas y 167 sujetas a protección especial (Franco 1997). Arias *et al.* (2005), con base en el trabajo de Guzmán *et al.* (2003), redujeron a 239 especies, más 16 subespecies, el listado de las cactáceas presentes en la NOM-059-ECOL-2001 (Semarnat 2002).

Astrophytum myriostigma Lemaire llamada comúnmente “bonete de obispo”, tiene valor comercial como planta ornamental por lo que se extrae en los sitios en los que se desarrollan sus poblaciones y los ejemplares obtenidos se comercializan ilegalmente. Está catalogada como amenazada en la NOM-059-ECOL-2001 (Semarnat 2002) y en el apéndice II en la CITES (Inskip & Gillett 2003). Se encuentra ampliamente distribuida en México, principalmente en el desierto de Chihuahua (Anderson 2001), en matorrales rosetófilos en los estados de San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991), y en Durango e Hidalgo (Arredondo-Gómez & Camacho-Morfín 1995). Es una especie que, a pesar de tener áreas de distribución relativamente extendidas, los individuos que forman sus poblaciones se presentan en densidades bajas (Hernández & Godinez 1994). Es una especie muy variable en cuanto se refiere a tamaño y altura, número y forma de las costillas, densidad y tamaño de los estigmas, y al tamaño y coloración del

centro de la flor, lo que ha originado que se hubiesen descrito numerosas variedades. Aunque parece que algunas de estas formas tienden a estar relacionadas con su hábitat y su distribución geográfica, otras de ellas conviven indistintamente en cualquier sitio (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991).

Para evitar la desaparición de la especie en su hábitat y aprovechar la demanda que tiene como ornamental es necesario producirla en viveros. La reproducción *ex situ* se considera un mecanismo para reducir la extracción ilegal de cactáceas y este trabajo pretende contribuir al conocimiento que se tiene de esta especie. Para ello se estudió, en condiciones controladas, la germinación de semillas de 2 años de edad procedentes de plantas germinadas y mantenidas en invernadero, con el objetivo de conocer su respuesta germinativa y compararla con la de plantas en condiciones silvestres.

Material y métodos

Descripción de la especie: *Astrophytum myriostigma* presenta un tallo simple o cespitoso, globoso hasta cilíndrico, de 10 a 60 cm de altura y de 10 a 20 cm de diámetro. Las costillas son generalmente cinco y más o menos pronunciadas y con aristas desde muy agudas hasta ligeramente redondeadas, con un surco bien marcado (Fotos a, b). La superficie está cubierta de diminutas borlas de pelos estrellados, de color blanco que proporcionan a la planta un aspecto ceniciento. Las aréolas están muy próximas, son circulares pequeñas y lanosas. Las espinas están ausentes (en esta especie se nota la máxima reducción

de espinas). La flor es campanulada de color amarillo claro con tinte rojo en el centro; el pericarpelo y el tubo receptacular presentan escamas imbricadas y angostas. El fruto es globoso-alargado, de color verde, que se abre al madurar en forma de estrella. Las semillas son naviculares, miden 3 mm de longitud y 2 mm de espesor, la testa es casi negra, brillante y papilosa (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991). Florece en verano durante un periodo de varias semanas (Anderson 2001), pero Anaya (1986) plantea que ocurre en un periodo más amplio de abril a octubre.

Procedencia de las semillas: las semillas se extrajeron de 20 plantas de ocho años y tres meses de edad que germinaron y se mantuvieron en invernadero en el Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM (Foto 1). Las semillas tenían dos años de almacenamiento en bolsas de papel estraza a temperatura ambiente hasta el inicio de los experimentos.

Experimentos de germinación: para determinar la respuesta germinativa a la temperatura se estableció un gradiente de 15, 20, 25 y 30 °C; la unidad experimental fue la caja Petri con 50 semillas. Una vez determinada la temperatura óptima se evaluó el fotoblastismo sometiendo las semillas a cuatro tratamientos: luz roja (R, R:RL= 5.22); se utilizaron cajas de acrílico de plexiglass rojo), luz roja lejana (RL, R:RL) = 0.05; se utilizaron cajas de plexiglass rojo y azul), luz blanca (LB, R:RL = 1.73) y oscuridad (las cajas se envolvieron en papel metálico); la relación R:RL se midió con un radiómetro SKR-100 (Sky Instruments, Escocia). La unidad experimental fue la caja Petri

con 30 semillas. Todos los tratamientos constaron de 4 réplicas, para un total de 16 unidades experimentales en cada caso. Las semillas, sin tratamiento de desinfección ni escarificación, se sembraron en cajas Petri con sustrato agua-agar al 1%, en campo estéril.

Las cajas se colocaron en cámaras de ambiente controlado (Biotronette 844 Lab-Line Instruments) a temperatura constante, en el laboratorio de Ecofisiología Tropical del Instituto de Ecología, UNAM. El fotoperiodo empleado fue de 12 horas luz. En los tratamientos de temperatura se usaron lámparas de 20 W Sylvana de luz blanca. Para luz roja y roja-lejana se usaron lámparas incandescentes de 25 W, además de lámparas fluorescentes de 20 W Sylvana. Se consideró la emergencia de la radícula como criterio de germinación. Las cajas se revisaron diariamente durante 18 días. Las variables analizadas fueron germinación acumulada, germinación diaria, germinación total (para comparación luz-oscuridad), velocidad de germinación, tiempo de latencia (número de días a los cuales inicia la germinación o tiempo de inicio de la germinación) y G_{50} (número de días a los cuales se alcanzó el 50% de germinación) (González-Zertuche & Orozco-Segovia 1996). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) previa transformación de los datos como porcentaje a arcoseno, y posteriormente una prueba de comparaciones múltiples de medias (prueba de Tukey), empleando el programa Statistica ver. 6.0. Las curvas obtenidas de la germinación acumulada contra el tiempo se ajustaron a un modelo sigmoideo utilizando la pendiente para medir la velocidad de germinación utilizando el programa Table Curve ver. 3.



Jerónimo Reyes

FOTO 1. Plantas de *Astrophytum myriostigma* mantenidas en invernadero en el Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM.

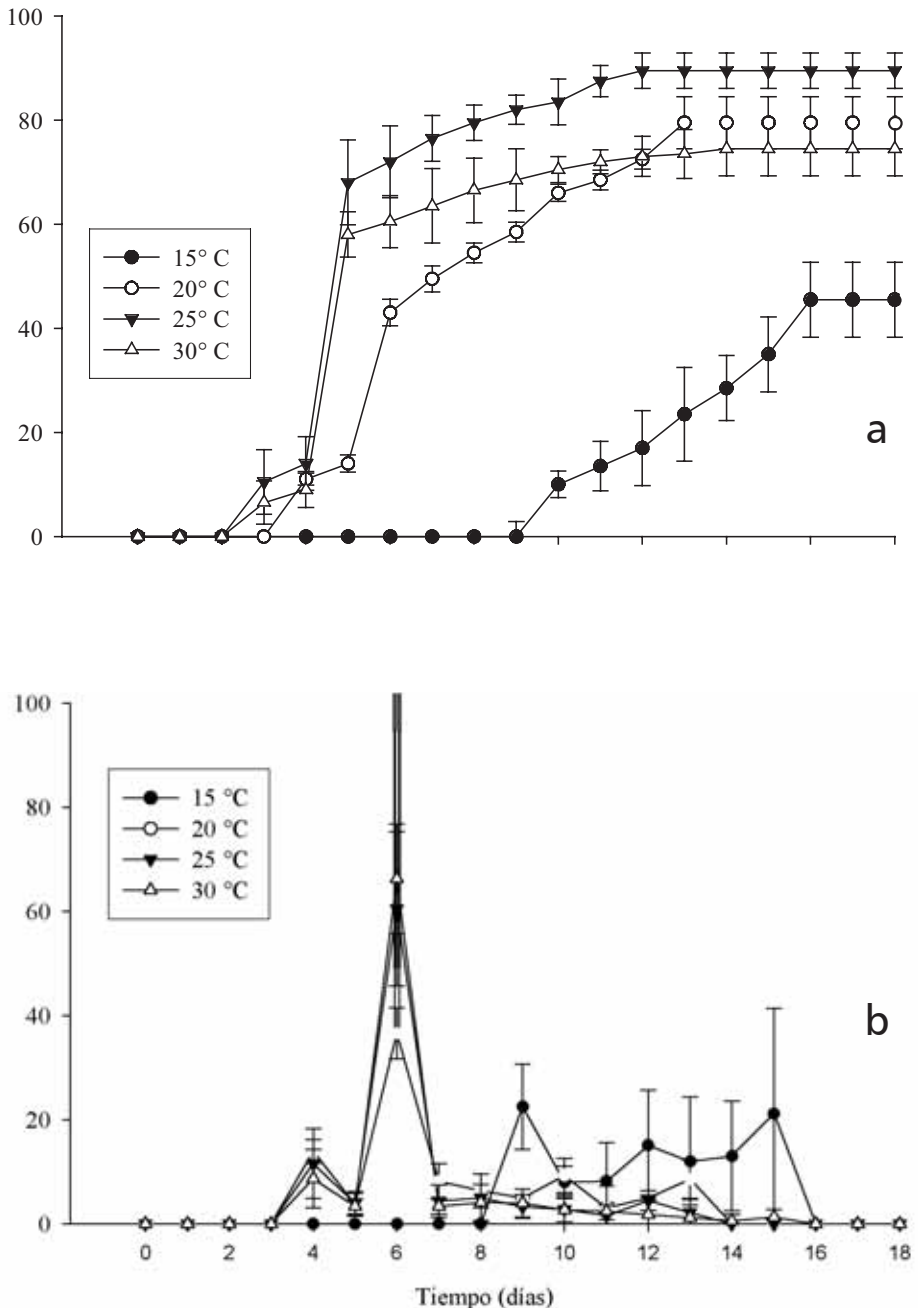


FIGURA 1. a) Germinación acumulada y b) diaria de *Astrophytum myriostigma* a 15, 20, 25 y 30 °C, bajo condiciones de luz blanca y fotoperiodo 12/12 h.

CUADRO 1. Comparación múltiple de medias ($p < 0.05$) para los porcentajes de máxima germinación acumulada en los tratamientos de 15, 20, 25 y 30 °C. Las letras indican diferencias significativas entre tratamientos.

	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C
Máxima germinación acumulada	45.5 ± 7.2 a	79.5 ± 5 b	89.5 ± 3.4 c	74.5 ± 5.3 b

Resultados

Respuesta a la temperatura: La máxima germinación se obtuvo a los 25 °C y la menor a los 15 °C (Fig. 1a). Se registraron diferencias significativas entre temperaturas ($F_{3,12} = 43.46$, $P = 0.000$), en el Cuadro 1 se presenta el resultado de la prueba de Tukey. Se realizó un ajuste de las curvas de germinación acumulada a la función sigmoide: $y = a + b / (1 + \exp(-(x-c)/d))$; los valores de r^2 para cada tratamiento fueron: 15 °C = 0.99, 20 °C = 0.99, 25 °C = 0.98 y 30 °C = 0.98. A los 25 °C se registró la mayor velocidad de germinación, y en orden decreciente a los 30, 20 y 15 °C.

La germinación diaria presentó su mayor pico a los 5 días a 25 y 30 °C y a los 6 días en 20 °C, presentando uniformidad en la germinación y una distribución cercana a la normalidad. (Fig. 1b). En cambio, a los 15 °C se presentaron 2 picos, a los 9 y 15 días con la característica de que en el segundo pico la desviación estándar fue muy alta, y que hubo una baja uniformidad ya que las semillas alcanzaron su germinación en diferentes tiempos. Se registraron diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3,216} = 9.8347$, $P = 0.000$), días ($F_{17,216} = 72.5077$, $P = 0.000$) y la interacción entre ambos factores ($F_{51,216} = 33.2576$, $P = 0.000$). La comparación múltiple de medias registró diferencias entre los 15 °C con

las demás temperaturas, particularmente entre los días 1, 2, 16, 17 y 18 con los días intermedios, que es en los cuales se registró germinación; en el Cuadro 1 se presenta el resultado de la prueba de Tukey para los valores de porcentaje de germinación

El tiempo de latencia disminuyó con el incremento de la temperatura: 9 días a los 15 °C, 4 a los 20 °C, y 3 a los 25 y 30 °C. Se registraron diferencias entre temperaturas ($F_{3,12} = 58.50$, $P = 0.000$), diferenciándose la de 15 °C de las demás, entre las cuales no hubo diferencias significativas ($P = 0.000$).

La G_{50} varió entre temperaturas, de 7.3 días a los 20 °C disminuyó a 5 días a los 25 y 30 °C. A los 15 °C no se alcanzó la G_{50} , al menos hasta los 18 días después de la siembra. Se registraron diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3,12} = 147.77$, $P = 0.000$), específicamente entre 15 °C con las demás temperaturas y entre 20 con 25 y 30 °C ($P = 0.05$).

Fotoblastismo: Los experimentos de calidad de luz se realizaron a 25 °C debido a que bajo esta condición se obtuvo el mayor porcentaje de germinación. La germinación acumulada (Fig. 2a) fue similar en las 3 calidades de luz: blanca 87.5 ± 5.7%, roja 85.33 ± 3.2% y roja lejana 83.33% ± 8.6, sin diferencias significativas entre tratamientos ($F_{2,9} = 0.66$, $P = 0.05$). Se realizó un ajuste de las curvas de germi-

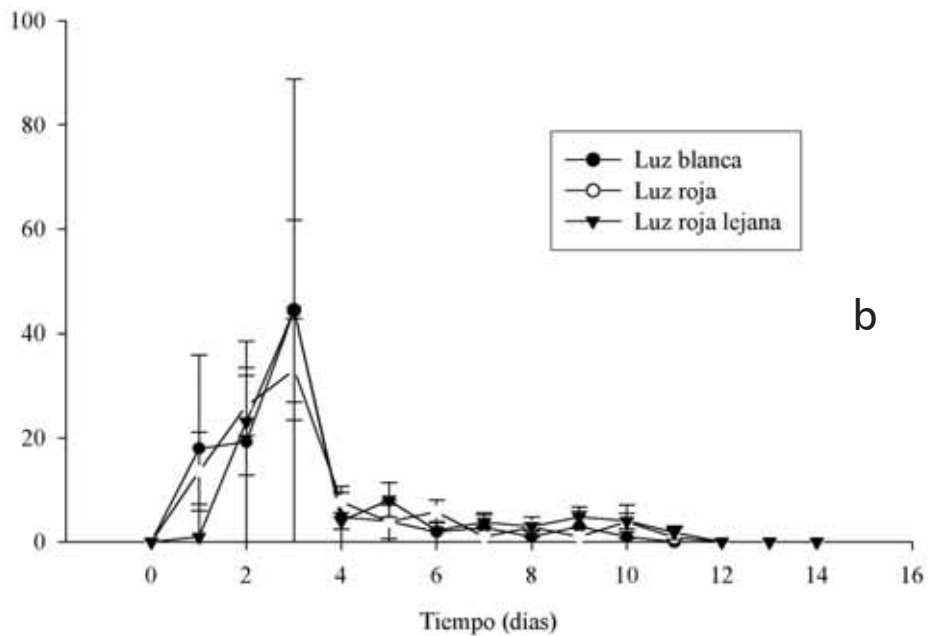
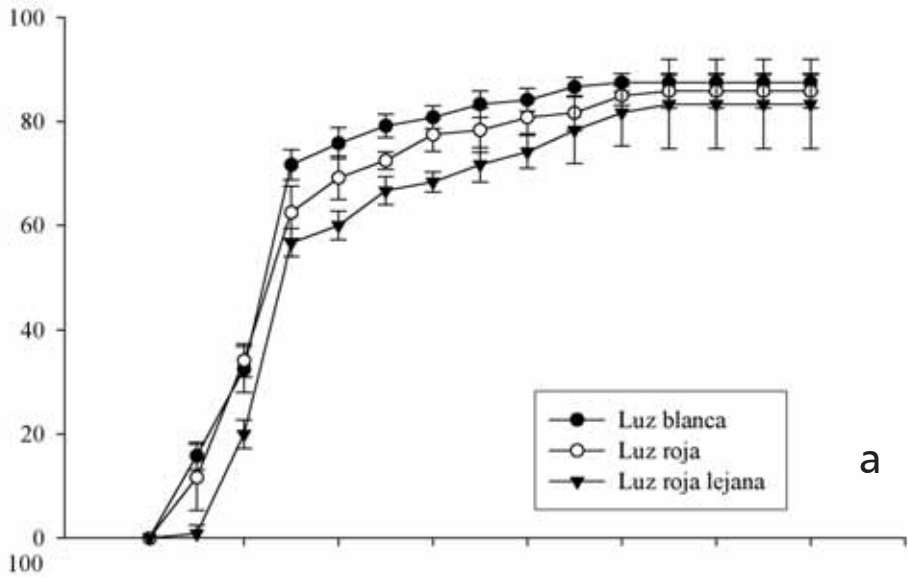


FIGURA 2. a) Germinación acumulada y b) diaria de *Astrophytum myriostigma* bajo condiciones de luz blanca, roja y roja lejana a 25 °C, fotoperiodo 12/12.

nación acumulada a la función sigmoide: $y = a + b / (1 + \exp(-(x-c)/d))$. Los valores de r^2 para cada tratamiento fueron: blanca = 0.98, roja = 0.99, roja lejana = 0.97. La velocidad de germinación para la luz blanca fue la mayor, y en orden decreciente, la luz roja y roja lejana.

La germinación total en oscuridad fue de $45 \pm 9.6\%$, casi un 50% menos que la registrada en los tratamientos de luz. La diferencia entre tratamientos fue significativa ($F_{3,12} = 31.66$, $P = 0.000$), la comparación múltiple de medias separó la oscuridad de calidades de luz ($P = 0.000$). La germinación diaria presentó en los 3 tratamientos de luz un pico a los 3 días: blanca 44.38 ± 19.67 , roja 33.10 ± 9.69 y roja lejana 44.28 ± 17.40 (Fig. 2b). La germinación se concentró principalmente en los tres primeros días y mostró una distribución cercana a la normalidad. No hubo diferencias significativas entre tratamientos de luz ($F_{2,129} = 0.05263$, $P = 0.05$), pero sí entre días ($F_{12,129} = 82.6638$, $P = 0.000$), especialmente los días 1 a 3 con el resto. El tiempo de latencia fue de 1 día en los 3 tratamientos de luz. El tiempo promedio para alcanzar la G_{50} fue de 4 días en todos los casos, por lo que no hubo diferencias significativas entre calidades de luz.

Discusión

La germinación de las cactáceas ocurre en un amplio rango de temperatura, siendo el favorable entre los 17 y 34 °C y el óptimo frecuentemente a 25 °C, en algunas especies la germinación se reduce hasta un 50% cuando la temperatura decrece o aumenta 9 °C de su óptimo establecido (Nobel 1988). En el presente trabajo se

encontró que la disminución de la temperatura tuvo mayor efecto que su aumento pues la germinación se redujo en 45% de 25 a 15 °C, 10% a 20 °C y 15% a 30 °C, resultados que concuerdan con los de Zimmer (1965, 1967); Arredondo-Gómez & Camacho-Morfín (1995) para los 25 °C, pero con la diferencia de que el aumento de temperatura afectó negativamente la germinación, contrario a lo reportado en la revisión de Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes (2000), y con los resultados de Maiti *et al.* (2002) que registraron 70 a 100% de germinación para 4 especies de *Astrophytum* entre 25 y 30 °C. En *A. ornatum*, Zimmer (1971) obtuvo porcentajes de germinación similares entre los 15 y 30 °C y el máximo (70%) a los 20 °C, menor que el registrado en este trabajo. De acuerdo a la clasificación de Zimmer (1968), *A. myriostigma* pertenece al grupo de cactáceas que germinan en altas temperaturas.

La respuesta germinativa de las cactáceas a diferentes temperaturas se ha asociado con su forma de vida. Entre las especies globosas, como *A. myriostigma*, que germinan entre 17 y 34 °C están *Coryphantha gladiospina*, *Echinocactus grusonii*, *Hamatocactus setispinus*, *Mammillaria albilanata* (= *M. fuauxiana*), *M.* (= *Dolichotele*) *longimamma*, *M. potosina* y *M. polythele* (= *M. durispina*) (Zimmer 1968), *Ferocactus latispinus* (Álvarez-Aguirre & Montaña 1997) y 17 taxa de *Turbincarpus* (Flores *et al.* 2005). Rojas-Aréchiga *et al.* (1998) encontraron diferencias significativas entre especies columnares (*Cephalocereus chrysacanthus*, *Neobuxbaumia tetetzo* y *Pachycereus hollianus*) y globosas (*Ferocactus flavovirens*, *F. robustus*, *F. recurvus* y *Echinocactus platyacanthus*); las últimas no

Mariana Rojas



Mariana Rojas



Foto 2 a y b: Individuos adultos de *Astrophytum myriostigma*.

germinaron a 10 °C, y registraron valores mayores al 50% sólo a 15 °C, mientras que en las columnares dichos porcentajes se alcanzaron entre los 15 y 30 °C. En *M. magnimamma* se registró una velocidad de germinación mayor a 25 °C (Ruedas *et al.* 2000).

La temperatura también regula la velocidad de germinación (Fearn 1981). El mayor valor registrado en este trabajo fue a los 25 °C, y el menor tiempo para la germinación y G_{50} a los 25 y 30 °C. Los resultados coinciden con los de *A. ornatum* (Zimmer 1971) y Flores & Briones (2001) para especies columnares, por lo que *A. myriostigma* puede considerarse una especie termófila y que hay una respuesta similar con algunas cactáceas columnares, dependiendo posiblemente la respuesta germinativa a la temperatura más a las condiciones del ambiente que a la forma de vida.

La edad de la semilla en varias especies de cactáceas también influye en su respuesta a la temperatura, las de mayor edad tardarán más en germinar (Rojas-Aréchiga *et al.* 1998), por lo que las condiciones de almacenamiento son muy importantes (Reyes & Arias 1995) ya que la mayoría de las semillas de cactáceas pueden permanecer viables entre 5 y 10 años almacenadas con un contenido de humedad menor al 15% a temperaturas de 20 a 25 °C y con una humedad relativa atmosférica del 80%, aunque algunas semillas pueden requerir de un periodo de almacenamiento en seco para alcanzar su máxima germinación. Las semillas utilizadas en este trabajo estuvieron almacenadas por dos años en sobres de papel a temperatura ambiente, tiempo en el cual pudieron madurar, lo que explicaría el breve tiempo de latencia que presentaron y que disminuyó con el incremento de

temperatura. Sánchez-Salas *et al.* (2006) reportaron 58% de germinación a 25 °C en semillas de *A. myriostigma* almacenadas por 4 años en condiciones similares y sometidas a distintos tratamientos de escarificación. Ruedas *et al.* (2000) encontraron resultados similares a los nuestros en semillas de *M. magnimamma* almacenadas durante un año y una disminución significativa en las almacenadas durante un mes, pero al ser sometidas a un pretratamiento de temperaturas muy altas.

El requerimiento de luz para la germinación de las semillas de cactáceas se limita a ciertos rangos de temperatura, el mayor porcentaje se favorecerá dentro de uno de ellos; sin embargo, algunas especies son indiferentes a la luz bajo un amplio rango de temperaturas (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000). Las fluctuaciones de temperatura que ocurren en los ambientes áridos pueden tener una fuerte interacción con la respuesta de las semillas a la luz en algunas especies con semillas fotoblásticas (Rojas-Aréchiga *et al.* 1997), coincidiendo con Pons (1984) en el sentido de que un pretratamiento a bajas temperaturas (como pueden ser las de invierno en zonas áridas) provocan un efecto favorable en la germinación de semillas en relaciones R/RL bajas. Las semillas de *A. myriostigma* a 25 °C de temperatura constante, tuvieron altos porcentajes de germinación en los 3 tipos de luz, por lo que se consideran fotoblásticas positivas. Arredondo-Gómez & Camacho-Morfín (1995) reportaron para semillas de esta especie, almacenadas en sobres de papel durante poco tiempo, altos porcentajes de germinación (94%) en condiciones de luz difusa durante 12.5 h a 25 °C. Beristaín (1997), utilizó semillas de la misma procedencia del trabajo de

Arredondo-Gómez & Camacho-Morfín (1995) sometidas a tratamientos de luz, oscuridad, oscuridad por 7 días y después a luz, a 25 °C, las que se comportaron como fotoblásticas positivas, con un promedio de germinación de 91.6% en luz y de 80.6% en oscuridad + luz; tiempo de germinación de 4.3 días en luz y de 11.9 días en oscuridad + luz, y el tiempo de latencia de 4 días en luz. Sin embargo no puede hacerse una mayor comparación debido a que las semillas no se sometieron a luz roja ni roja-lejana y desconocemos las condiciones de almacenamiento y edad de las semillas.

El requerimiento de luz también puede estar asociado a la forma de vida debido al efecto de plantas nodriza (Vega-Villasante *et al.* 1996; Nolasco *et al.* 1996). Rojas-Aréchiga *et al.* (1997) sometieron semillas de especies columnares y globosas a luz roja, roja-lejana, blanca y oscuridad a temperatura constante (25 °C) y fluctuante (15–30 °C y 20–30 °C); las columnares fueron indiferentes y las globosas fotoblásticas positivas a temperatura constante y alternante, respuestas que pueden deberse a un efecto materno inducido por la temperatura, aunque especifican que no puede establecerse una clara relación todavía entre la forma de vida y el requerimiento de luz, tal como se demuestra en este trabajo. Tampoco *Opuntia rastrera* difirió en sus respuestas a diferentes calidades de luz (Mandujano *et al.* 1997). La germinación de *C. gigantea* se estimuló en luz roja y blanca e incrementó cuando se expusieron a la luz roja + la luz roja lejana (Alcorn & Kurtz 1959). *M. magnimamma* se reporta como fotoblástica positiva (Ruedas *et al.* 2000). Flores *et al.* (2006) estudiaron a 25 °C el efecto luz (14/10),

oscuridad continua (30 días) + luz en 28 especies con diferentes formas de vida del desierto Chihuahuense, tiempo de almacenamiento de 1 a 21 meses; todas las especies fueron fotoblásticas positivas con porcentajes de germinación entre 5 y 98% y 18 especies con valores mayores al 50%; en oscuridad+luz la germinación decreció en la mayoría de las especies excepto en *Mammillaria crinita* y *Thelocactus conothelos* subsp. *frailensis*.

Los resultados del presente trabajo indican que *Astrophytum myriostigma* es una especie termófila con un amplio rango de respuesta germinativa a la temperatura, la mayor a los 25 °C y la menor a los 15 °C. Sus respuestas a las diferentes calidades de luz fueron muy altas y similares, por lo que puede considerarse fotoblástica positiva, aunque debe tomarse en cuenta que en oscuridad obtuvo un porcentaje de germinación cercano al 50% a 25 °C

Siendo la germinación una de las etapas más vulnerables en el ciclo de vida de las plantas, su estudio provee información ecofisiológica básica sobre los requerimientos para la propagación por semilla y el desarrollo y subsecuente establecimiento de plántulas. Además, resulta un método de propagación fundamental para mantener la diversidad genética de una población (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000). En el presente estudio se observó que plantas de *A. myriostigma* mantenidas en condiciones de invernadero son capaces de producir semillas viables, con altos porcentajes de germinación a las temperaturas que generalmente prevalecen en sus sitios naturales de distribución, lo cual es un método para mantener germoplasma. Coincidiendo con Flores *et al.* (2005), lo anterior puede beneficiar la conser-

vación *in situ* de poblaciones en peligro promoviendo el establecimiento natural de plántulas y su reintroducción en sus habitats naturales y la conservación *ex situ* promoviendo grandes números de individuos.

Agradecimientos

Al Biol. Jerónimo Reyes (Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM) por la donación de las semillas y la fotografía de las plantas en el invernadero, a la Dra. Alma Orozco Segovia (Instituto de Ecología, UNAM) por las facilidades para utilizar las cámaras de ambientes controlados y a la Dra. Silvia Castillo Argüero por sus comentarios al manuscrito.

Literatura Citada

- Alcorn SM & Kurtz E. 1959. Some factors affecting the germination of seed of the saguaro cactus (*Carnegiea gigantea*). *American Journal of Botany* **46**:526-529.
- Álvarez-Aguirre MG & Montaña C. 1997. Germinación y supervivencia de cinco especies de cactáceas del Valle de Tehuacán: Implicaciones para su conservación. *Acta Botánica Mexicana* **40**:43-53.
- Anaya SA. 1986. Optimización en la proliferación de callo e inducción de brotes *in vitro* de *Astrophytum myriostigma* var. *potosina*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Anderson EF. 2001. *The Cactus family*. Timber Press Inc. Portland.
- Arredondo-Gómez A & Camacho-Morfín F. 1995. Germinación de *Astrophytum myriostigma* (Lemaire) en relación con la procedencia de las semillas y la temperatura de incubación. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **40**:34-38.
- Arias S, Guzmán U, Mandujano M, Soto M & Golubov J. 2005. Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción. I. Una comparación entre los listados NOM-059-ECOL-2001 (México). La lista Roja (UICN) y CITES. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **50**:100-125.
- Beristaín MSR. 1997. Germinación de *Astrophytum myriostigma* en relación con la disponibilidad de luz, lugar de procedencia y reguladores de crecimiento. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Bravo-Hollis H & Sánchez-Mejorada H. 1991. *Las Cactáceas de México*. Vol. 2., UNAM, D. F. México.
- Fearn B. 1981. Seed germination: the modern approach. *Cactus and Succulent Journal (G.B.)* **43**:13-16.
- Flores J & Briones O. 2001. Plant life-form and germination in a Mexican inter-tropical desert: effects of soil water potential and temperature. *Journal of Arid Environments* **47**:485-497.
- Flores J, Arredondo A & Jurado E. 2005. Comparative seed germination in species of *Turbincarpus*: an endangered cacti genus. *Natural Areas Journal* **25**:183-187.
- Flores J, Jurado E. & Arredondo A. 2006. Effect of light on germination of seeds of Cactaceae from the Chihuahuan Desert, Mexico. *Seed Science Research* **16**:149-155.
- González-Zertuche L & Orozco-Segovia A. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **58**:15-30.
- Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2003. *Catálogo de Cactáceas Mexicanas*. México: Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión

- Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Hernández H & Godínez H. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* **26**:33-52.
- Inskipp T & Gilliet H. (Eds). 2003. *Checklist of CITES species. A reference to the Appendices to the Convention*. World Conservation Monitoring Center.
- Maiti R, Perdomo H & García J. 2002. A novel technique for the germination and propagation of four species of *Astrophytum* (Cactaceae). *Crop-Research-Hisar* **24**:149-153.
- Mandujano M, Golubov J & Montaña C. 1997. Dormancy and endozoochorous dispersal of *Opuntia rastrera* seeds in the southern Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments* **36**:259-266.
- Nobel P. 1988. *Environmental biology of Agaves and Cacti*. Cambridge University Press. London.
- Nolasco H, Vega-Villasante F, Romero-Schmidt H & Díaz-Rondero A. 1996. The effects of salinity, acidity, light and temperature on the germination of seeds of cardón (*Pachycereus pringlei* (S. Wats) Britton & Rose, Cactaceae). *Journal of Arid Environments* **33**:87-94.
- Pons TL. 1984. Possible significance of changes in the light requirement of *Cirsium palustre* seeds after dispersal in ash coppice. *Plant, Cell & Environment* **7**:263-268.
- Reyes J & Arias S. 1995. Cactáceas de México: conservación y producción. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* **1**:85-92.
- Rojas-Aréchiga M, Orozco-Segovia A & Vázquez-Yanes C. 1997. Effect of light on germination of seven species of cacti from the Zapotitlán Valley in Puebla, México. *Journal of Arid Environments* **36**:571-578.
- Rojas-Aréchiga M, Orozco-Segovia A & Vázquez-Yanes C. 1998. Seed response to temperature of Mexican cacti species from two life forms: an ecophysiological interpretation. *Plant Ecology* **135**:207-214.
- Rojas-Aréchiga M & Vázquez-Yanes C. 2000. Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments* **44**:85-104.
- Ruedas M, Valverde T & Castillo S. 2000. Respuesta germinativa y crecimiento de plántulas de *Mammillaria magnimamma* (Cactaceae) bajo diferentes condiciones ambientales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **66**:25-35.
- 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.
- Semarnat. 2002. NOM-059-ECOL-2001. *Diario Oficial de la Federación*, Segunda sección. 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 *Pachycereus pecten-aboriginum* "cardón barbón". *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **41**:51-61.
- Zimmer K. 1965. Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf die Keimung von Kakteen-Kultursaatgut. I. Über die Keimung von *Astrophytum myriostigma* Lem. *Gartenbauwissenschaft* **30**:331-337.
- Zimmer K. 1967. Temperatur und Keimung verschiedenen Kakteen. *Kakteen und andere Sukkulenten* **18**:31-33.
- Zimmer K. 1968. Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf die Keimung von Kakteen-Saatgut. VII. Über die Keimung einiger mexikanischer arten. *Gartenbauwissenschaft* **33**:167-175.
- Zimmer K. 1971. Ein weiterer Beitrag zur Keimung von Kakteensamen. *Kakteen und andere Sukkulenten* **22**:153-155.

Nota

Backebergia militaris (Audot) Bravo ex Sánchez-Mejorada (Cactaceae) un recurso industrial en grave riesgo de extinción

Martínez-Palacios, Alejandro^{1*}

Resumen

Backebergia militaris es una cactácea columnar de la región centro-oeste de México, se encuentra en peligro de extinción muy probablemente por la expansión de la agricultura y ganadería, y por la explotación en el pasado de los cefalios (estructura terminal reproductiva). Esto último se pudo constatar a través de encuestas realizadas a los lugareños donde aún se distribuye la planta, existieron abundantes colectas de cefalio. Nos enfocamos a determinar qué uso se le daba a dicha estructura, se localizaron semillas de la planta en el asiento del Volkswagen Sedan 1976, se colectaron semillas y fibras del asiento y se compararon con material colectado en campo, observaciones al microscopio permitieron determinar la similitud, lo cual nos llevó a confirmar que provenían de la misma especie. Por Internet se ubicó la empresa Artifibras fundada en 1968 empresa que desde su inicio se caracterizó por fabricar asientos de vehículos para tres compañías automotrices, entre las cuales está la VW, con lo cual logramos determinar el uso que se le daba a los cefalios. Debido a la escasa disponibilidad de cefalios, se substituyó su uso por fibra de coco.

Palabras clave: *Backebergia militaris*, Cactaceae, fibra, uso industrial.

Abstract

Backebergia militaris is a columnar cactus from the west-central region of Mexico. This species is considered endangered which is likely a direct result of agricultural expansion and animal husbandry as well due to an over-collection of the “cefalios” (the tender, new growth). The collection of the “cefalios” was determined by interviews over the areas where the cactus is abundant. The focus of this study is to determine which are the primary uses for this portion of the plant, because seeds were found in the seat of a 1976 Volkswagen Sedan. The seeds and fibers collected from the seat and studied under a microscope revealed that this material belonged to the same species of cactus. Internet research also demonstrated the existence of a company called Artifibras (founded in 1968), that since its beginning it was characterized by the manufacture of vehicle seats for three automotive companies- among these, Volkswagen company. It was confirmed that the “cefalios” were used in the manufacture of these seats for that vehicle model. With the scarcity of this columnar cactus’ “cefalios”, they were substituted with coconut fiber.

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Km 9.5 carr. Morelia-Zinapécuaro, C.P. 58880, Tarímbaro Michoacán México. *Correo electrónico: marpal@zeus.umich.mx; Tel./FAX: 443-3340475 ext. 119.

Introducción

Backebergia militaris son órganos candelabriformes altos caracterizados por registrar cabeza de color que va desde el dorado hasta el negro en las partes altas de las ramas. Esta especie pertenece a la familia Cactaceae, tribu Pachycereae, subtribu Cephalocereinae, de tallo arborescente, ramificado, de 5-6 m de altura, de tronco bien definido, brazos más o menos erguidos, 12 cm de diámetro, la peculiaridad de la especie es el cefalio o cabeza crispada que se genera en la parte terminal de las ramificaciones con mayor altitud, la coloración es amarillo claro, el color cambia al amarillo oro, después al amarillo rojizo, café y finalmente al color negro (Foto 1a) (Bravo-Hollis 1978; Glass 1998), el cefalio es la zona reproductiva, puede alcanzar diámetros de 20 cm y longitud de 25-30 cm en el inicio de su formación e incluso superiores a 1 m cuando el cefalio registra varios años de edad. El cefalio nunca registra fases vegetativas, por lo que no puede fotosintetizar, se considera la estructura reproductiva donde se desarrollan las flores y se producen los frutos y semillas (Foto 1a y d), después de unos años con fases continuas de reproducción, muere y se desprende del tallo vegetativo. Este último, en la parte más próxima al cefalio desprendido puede registrar con el tiempo nuevo crecimiento vegetativo para derivar en la formación de un nuevo cefalio.

Backebergia militaris es endémica de los Estados de Guerrero y Michoacán, particularmente en la zona limítrofe de ambos estados, aunque también la han reportado en Colima y Jalisco (Bravo-Hollis 1978; Glass 1998). El cambio de uso del suelo casi la ha erradicado de la región, por lo cual se le ha enlistado en el Apéndice I de la CITES donde se incluyen todas las

especies en peligro de extinción, el comercio en especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales (CITES 2006). También está considerada en la categoría de protección especial por las leyes mexicanas (NOM-ECOL 2001).

Usos

Existen pocos registros de su uso, se incluye en el uso que registran otras cactáceas columnares, fruto comestible y forraje en época de estiaje (Casas 2002). Se sabe de casos que el cefalio joven con una parte del tallo se colectaba para su comercio como planta de ornato (Foto 1d), sin embargo, no hay evidencias claras de esta actividad. Además, los habitantes de la región mencionan que lo que ahora son predios agrícolas o de pastoreo de animales domésticos, en el pasado (20 años atrás), en la región existía abundancia de plantas de *B. militaris*. El cefalio de esta especie era colectado y transportado en camiones para un posible uso industrial y con destino desconocido. El propósito del siguiente trabajo fue investigar sobre los posibles usos que se le asignan a *Backebergia militaris*, especie endémica del Apéndice I en graves problemas de extinción, con el propósito de encontrar alternativas de uso que permitan proponer acciones de manejo y conservación *in situ*.

Material y Métodos

El sitio de estudio en campo fue en las localidades de distribución natural, alrededores de Apatzingán, Michoacán. Se desarrollaron encuestas y se colectaron muestras de semillas y fibra del cefalio. En el laboratorio de Biotecnología y Genética del IIAF-UMS-

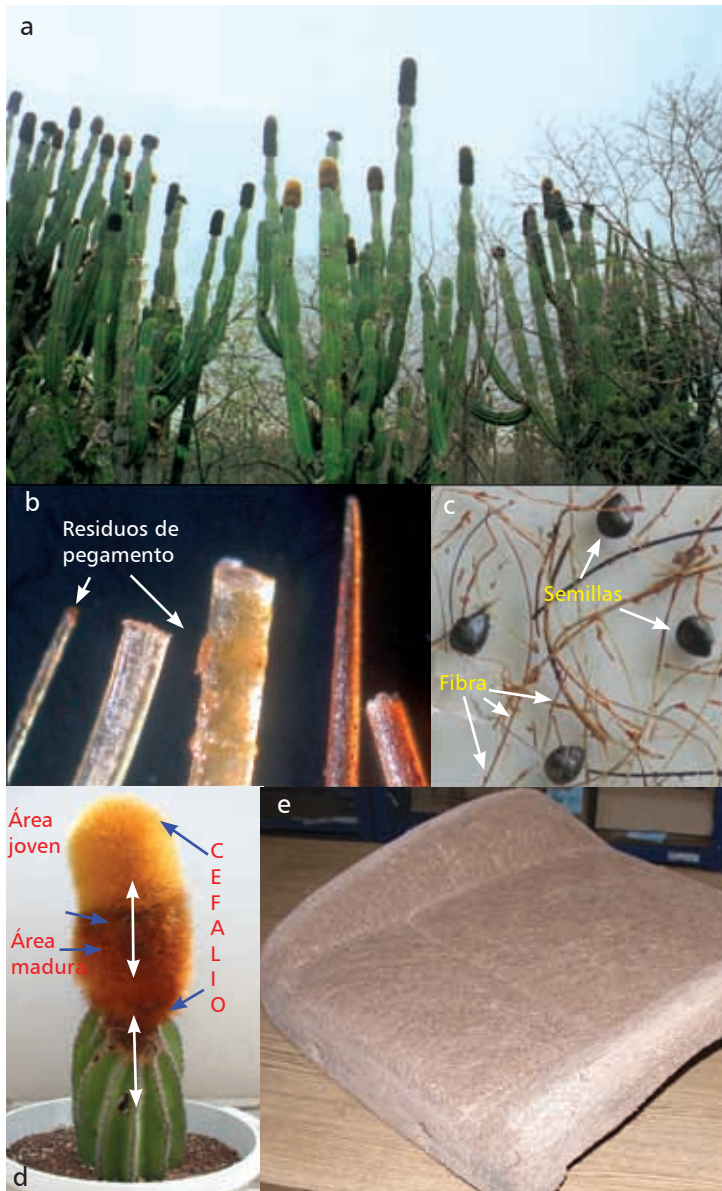


FOTO 1. *Backebergia militaris*. (a) Plantas en la zona de estudio con cefalios jóvenes y maduros; (b) Fibra de *B. militaris* vista al microscopio óptico (5X), las tres fibras de la izquierda colectadas en el asiento del auto VW Sedán 1976, las dos fibras de la derecha muestra la parte intermedia y terminar colectadas de la planta en maceta; (c) Fibra y semillas de *B. militaris* encontradas bajo el asiento del auto VW; (d) Tallo apical enraizado en maceta, con cefalio con la parte inferior en estado reproductivo y superior joven; (e) Respaldo para relleno de asiento individual delantero de VW de fibra de coco, similar al que se hacía en el pasado del cefalio de *B. militaris*.



FOTO 2. Artífibras S.A. de C.V. Imagen superior: fábrica en Boulevard Industrial 445, Col. Eduardo Ruiz, Uruapan – 60130 Michoacán, Fundada en 1968. Imagen inferior izquierdo: producción de rollos de fibra natural, en la actualidad es de origen de coco; Imagen inferior centro y derecho: los productos que se desarrollan para la industria automotriz. (Fuente: Anónimo 2007).

NH, con ayuda de un microscopio óptico Carl Zeiss (Stemi 2000) se observaron y analizaron las fibras y semillas colectadas en campo y las descubiertas en el relleno del asiento de un vehículo Volkswagen Sedan 1976. El uso del Internet permitió localizar la fábrica que desde 1968 elaboró asientos para vehículos de tres compañías automotrices.

Resultados y Discusión

A mediados del año 2006 tuve la oportunidad de apoyar al grupo de la Dra. María C. Mandujano Sánchez (Laboratorio Dinámica de Poblaciones y Evolución de Historias de Vida, Departamento de Ecología de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, UNAM), quienes estudiaban algunas localidades de distribución de *B. militaris* en la región de tierra caliente cerca de la ciudad de Apatzingán, Michoacán, y estaban realizando estudios demográficos y de biología reproductiva en una zona de distribución natural de *B. militaris*. En dicha salida apoyé marcando ramas de las plantas en estudio

y en la colecta de semillas de cefalios desprendidos.

Seis meses después, haciendo arreglos mecánicos en la parte posterior de mi vehículo marca Volkswagen tipo Sedan modelo 1976, fue curioso observar que en el asiento trasero, entre la fibra que se desprende del asiento con los años de uso, existieran estructuras negras brillantes similares a las observadas y colectadas meses atrás en la localidad de Apatzingán. A simple vista la fibra desprendida (Foto 1c) podría haberse dicho que era de la fibra del fruto del coco (*Cocos nucifera*), la presencia de semillas me obligó a hacer algunas observaciones al microscopio, analizando las fibras tomadas directamente del asiento del automóvil y algunas fibras colectadas en campo (Foto 1c). Una primera revisión indicaba diferencias aparentes, lo que era claro es que la fibra por la forma bien definida o en forma de espina larga y delgada con punta en el extremo terminal, características que evidentemente lo diferenciaban de la fibra de coco, revisiones más profundas nos permitieron observar que las fibras del auto registraban una cubierta, sin embargo, algunas partes de las fibras carecían de esta

cubierta, lo cual resultó ser similar a la fibra de la colecta en campo de *B. militaris*. La búsqueda se amplió a observar fibras libres de esa cubierta y comprobar que no existían diferencias en la morfología de ambas fibras. Pero ¿qué era esa cubierta de color café? Haciendo acercamientos al microscopio de dicha corteza, se observaron fragmentos quebradizos cristalinos, similares a lo que deja el pegamento de cola al secarse y estar sujeta a su doblamiento (Foto 1b), dicho pegamento era probablemente aplicado en forma líquida durante la compactación de los cefalios para moldear los rellenos de los asientos de los vehículos. El vehículo es modelo 1976, los autos Volkswagen en un principio se exportaban de Alemania y los primeros vehículos hechos en México correspondían a los modelos de finales de los años 60's o inicio de los 70's, inicio que pudo haber coincidido con la fecha que se decidió utilizar las fibras naturales mexicanas para estos fines, lo que nos hace plantearnos las siguientes preguntas ¿cuántos años posteriores a 1976 se continuó usando este recurso? ¿en qué otros tipos de autos Volkswagen (Combi, Safari, etc.) se usó este recurso? y ¿la cantidad de vehículos producidos o material utilizado en estos vehículos?, respuestas que no las hay por el momento, aunque sería interesante saberlo, sin embargo, el simple hecho de haber tenido un uso industrial nos deja extrapolar que debió ser abundante el recurso natural que se distribuía en esta región.

Al escasear el recurso natural, la fibra natural que actualmente sustituye a la fibra obtenida en el pasado del cefalio de *B. militaris* es la del fruto del coco (*Cocos nucifera*), la cual se compacta y se usa para hacer asientos de los nuevos automóviles o se desarrollan moldes para reconstruir asientos usados (Foto 1e).

En una salida de trabajo en la comunidad de Oponguio en la ribera del Lago de Pátzcuaro, conocí a una persona que ha estado apoyando el desarrollo comunitario y conservación de recursos en el estado, Carlos Villaseñor Zamorano, un michoacano que además de conocer las industrias del estado, desarrolla trabajos de diseño aplicado a la ciencia, cultura y medio ambiente, dado sus antecedentes sabía que él me podía informar algo más de lo que hasta ese momento había encontrado, le pregunté si sabía de alguna empresa que procesara o maquilara asientos de autos a las compañías automotrices, me informó sobre la existencia de una empresa en Uruapan llamada Artifibras. Explorando en Internet encontré cosas interesantes, la empresa es Artifibras S.A. de C.V. (Foto 2), es una empresa 100% nacional creada en 1968 fundada en Uruapan, Michoacán, dedicada a la fabricación de productos para la Industria Automotriz. Los clientes principales son: Volkswagen de México, Ford y General Motors. Para estas compañías uno de los productos que generan es el acojinamiento de asientos y respaldos tanto delanteros como traseros utilizando fibras naturales y sintéticas y empleando látex natural como agente aglutinante (Foto 2) (Anónimo 2007). No se pudo profundizar más la información, no fue posible entrevistar al personal encargado en facilitar la información histórica, sin embargo, atando cabos, la página de Internet y la prueba del material (fibras y semillas de *B. militaris*) encontrado en el vehículo Volkswagen Sedan 1976, permite corroborar el uso industrial de la fibra, que pudo ser usada no sólo para la marca Volkswagen (VW), sino para otras dos compañías. Este recurso debió de dejarse de utilizar al escasear de forma silvestre, parte por la sobre colecta y parte por el cambio en

el uso del suelo o introducción de la agricultura, ganadería y fruticultura.

Perspectivas para el futuro. El futuro de *B. militaris* no es muy prometedor, las plantas silvestres son destruidas para ser ocupados los predios o terrenos por la agricultura, fruticultura y ganadería de la región. Se tienen propuestas a nivel de proyecto del desarrollo de una UMA (Unidad de Manejo Ambiental) para explotar el recurso natural de *B. militaris*, poblaciones silvestres distribuidas en la región de la Guacana, Municipio de Lázaro Cárdenas Michoacán. El propósito es la colecta de tallos con cefalio, para ser enraizados en vivero y poder comercializarlos como plantas de ornato, sin embargo, este sistema bajo una mala supervisión podría correr el riesgo de evitar la reproducción y por lo tanto de suspender el aporte de semillas a las poblaciones silvestres. Es un recurso natural que de acuerdo al descubrimiento sobre el uso en la industria automotriz, es necesario generar una utilidad que permitiera crear interés en los lugareños para su explotación, donde el uso no ocasione daño a las poblaciones silvestres y sí incentive su cultivo como una medida de conservación *in situ*. Por ejemplo, en el 2002 se implementó un programa de transferencia de tecnología a través del cultivo de plantas por semilla de *Agave cupreata* y desde el primer año se generaron unas 200 mil plantas, hoy existen más de 100 ha de plantaciones, algunas hasta con más de tres años de edad, con lo cual se está incentivando a las comunidades a respetar las poblaciones silvestres (Martínez Palacios *et al.* 2007). *B. militaris* es un recurso natural que por no abastecer la demanda industrial aunado a la existencia de nuevos recursos terminó en el olvido, caso similar a la fibra extraída del henequén en la península de Yucatán que ha sido desplazada casi en su totalidad por el surgimiento de la fibra sintética.

Es necesario establecer áreas protegidas para impedir que se sigan deteriorando las poblaciones, y de esta manera evitar que *B. militaris* se extinga.

Agradecimientos

El autor desea agradecer a la Dra. María C. Mandujano Sánchez y el Dr. Jordan Golubov por su apoyo para realizar dicha investigación. Financiado por los proyectos SEMARNAT-CONACyT 0350, CONACYT-SEP 47777 y CIC-UMSNH 5.6.

Literatura Citada

- Anónimo 2007. www.computrabajo.com.mx/bt-empd-artifibra.htm
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Vol. 1. UNAM, México.
- Casas A. 2002. Uso y manejo de cactáceas columnares mesoamericanas. *Biodiversitas* **6**:18-23.
- CITES. 2006. Appendices I, II, and III to the Convention on International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora. United States Fish and Wildlife Service, Washington, D.C
- Glass ChE. 1998. *Guía para la identificación de cactáceas amenazadas de México*. CONABIO. México.
- Martínez-Palacios A, Chávez SA, Sierra ML & Gómez JM. 2007. Transferencia de Tecnología para el Cultivo del Maguey Mezcalero (*Agave cupreata*) en Comunidades de Alta Marginación en el Estado de Michoacán. COECYT-Gob. Estado Michoacán. (en prensa).
- NOM. ECOL.2001. 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. Norma Oficial Mexicana NOM-059-2001; 6 de marzo de 2002. pp. 158-169.

Fouquieria formosa H.B.K



Nombre común: Tlapacón.

Fouquieria formosa es una de las 11 especies que componen este género. La especie es endémica de México y se encuentra en los estados de Guerrero, Jalisco, Michoacán, México, Morelos, Oaxaca y Puebla. Es un arbusto ramificado de 3-8 m de altura, caducifolio. Las ramas tienen espinas cortas de 1.5 cm de largo con hojas de 2-2.5 cm de largo, y de 10-13 mm de ancho, elípticas, cuneadas en la base. Las flores son de color rojo con una corola cilíndrica de 2 cm de largo y 7 mm de diámetro. Los estambres son exsertos, de longitud diferente y a menudo el doble del largo de las corola. Típicamente florece en los meses de noviembre a febrero. Los frutos son lanceolados de 2-4 cm de largo con semillas planas y aladas. Esta especie es claramente distinta de las demás por su inflorescencia en forma de espiga. Se utiliza como leña y cerco vivo, además posee saponinas en el tallo. Desde el punto de vista filogenético, *F. formosa* forma un grupo dentro del subgénero *Fouquieria* junto con *F. ochotorenae* y *F. leonilae*. Las primeras descripciones se hicieron por DeCandolle, sin embargo no es hasta Nash (1903) que se hace la primera revisión del género. Henrickson (1972) hace una segunda revisión basada en caracteres florales y cariotípicos para *Fouquieria*, y junto con Schultheis y Baldwin (1999) confirman las afinidades taxonómicas de *F. formosa*.

Henrickson J. 1972. A taxonomic revision of the Fouquieriaceae. *Aliso* 7:439-537.

Nash GV. 1903. A revision of the family Fouquieriaceae. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 30:449-459.

Schultheis LS & Baldwin BG. 1999. Molecular phylogenetics of Fouquieriaceae: evidence from nuclear rDNA ITS studies. *American Journal of Botany* 86:578-589.

Golubov, Jordan

Lab. Ecología, Sistemática y Fisiología Vegetal, Depto El Hombre y Su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.