

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas



VOLUMEN 63 No. 1

ENERO - MARZO 2018

ISSN 0526-717X

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 63 No. 1
Enero-marzo 2018

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
Dr. Luis G. Hernández Sandoval
Universidad Autónoma de Querétaro
M. en C. Aurora Chimal Hernández
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 Politécnico Nacional, Unidad Sinaloa

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 Rebmán
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, marzo de 2018

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:
Ferocactus haematacanthus (Salm-Dyck) Bravo
Benito Vázquez-Quesada



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 y se encuentran bajo la licencia Creative Commons .

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

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

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

Correo electrónico: mrojas@ecologia.unam.mx

Suscripciones



El costo de suscripción y envío a la revista es de \$480.00 para México y 45 USD o 39 € para el extranjero. Suscripción y entrega en Lab. Genética y Ecología, Instituto de Ecología, UNAM (Dra. Mariana Rojas) \$400.00.

• Pago de suscripción mediante depósito en BBVA Bancomer a la cuenta: 0446308554 a nombre de Palabra en Vuelo SA de CV.

• Para transferencia en el mismo banco y cuenta con la CLABE: 012180004463085547.

• Para transferencia internacional añadir la clave: BCMRMXMMPYM.

• Mediante PayPal enviar a la cuenta con el correo:

palabraenvuelo1@gmail.com

Enviar comprobante de pago a los correos: mrojas@ecologia.unam.mx y palabraenvuelo@yahoo.com.mx

Subscription rates (includes shipment): 45.00 USD or 39.00 €.

• For national bank transfer in BBVA Bancomer with the account: 0446308554, CLABE: 012180004463085547.

• For international bank transfer in the same bank and account add the code: BCMRMXMMPYM.

• For payment via PAYPAL, send the paid amount to palabraenvuelo1@gmail.com, then send proof of payment to mrojas@ecologia.unam.mx and palabraenvuelo@yahoo.com.mx

Consulta de la revista en formato digital en la siguiente liga (electronic editions available at the following link): web.ecologia.unam.mx/cactsucmex



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 coediición y el financiamiento de esta publicación a los fondos aportados por la Universidad Autónoma de Querétaro.



CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 63 No. 1 enero - marzo 2018



Contenido

Patrones de supervivencia y reproducción en dos poblaciones de <i>Ferocactus haematacanthus</i> (Salm-Dyck) Bravo (Cactaceae) en la región de Tehuacán Valverde T & Vázquez-Quesada B.....	4
Efecto de tratamientos pregerminativos, edad de las semillas y sustrato, en la germinación y crecimiento de plántulas de <i>Mammillaria mystax</i> Navarro Carbajal MC, Eliosa León HR, González Machorro EM & Hernández Pelcastre C.....	16
Lista de revisores durante 2017	29
Normas editoriales	30
<i>Opuntia stenopetala</i> Engelm. Briseño-Sánchez I	32

Contents

Survival and reproduction patterns in two populations of <i>Ferocactus haematacanthus</i> (Salm-Dyck) Bravo (Cactaceae) in the Tehuacan region Valverde T & Vázquez-Quesada B.....	4
Effect of pregerminative treatments, seed age and substrate in germination and seedlings growth of <i>Mammillaria mystax</i> Navarro Carbajal MC, Eliosa León HR, González Machorro EM & Hernández Pelcastre C.....	16
List of reviewers during 2017	29
Instructions for authors	30
<i>Opuntia stenopetala</i> Engelm. Briseño-Sánchez I	32

Patrones de supervivencia y reproducción en dos poblaciones de *Ferocactus haematacanthus* (Salm-Dyck) Bravo (Cactaceae) en la región de Tehuacán

Valverde Teresa^{1*} & Vázquez-Quesada Benito¹

Resumen

Las especies raras y amenazadas frecuentemente presentan problemas de regeneración a nivel poblacional, ya sea por una baja supervivencia o por una reproducción poco exitosa. En este trabajo estudiamos el comportamiento de la supervivencia y la reproducción de individuos de *Ferocactus haematacanthus* de diferentes categorías de tamaño en dos poblaciones en la región de Morelos Cañada, Tehuacán (MC, fuera de la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán) y Santiago Nopala (SN, dentro de la Reserva). La densidad poblacional fue de un orden de magnitud mayor en MC que en SN, y las estructuras poblacionales difirieron marcadamente, encontrándose mayores evidencias de regeneración poblacional en MC. La mortalidad fue menor y la reproducción fue mayor en las categorías de tamaño más grandes en ambas poblaciones. En SN se observó un gran porcentaje de mortalidad como producto de la corta de tallos por parte de los pobladores locales. Esto también provocó que la reproducción fuera mucho menor en esta población en comparación con MC. Se analizó la frecuencia de reproducción en 2010 y 2011 y se observó que las plantas que se reprodujeron en un año mostraron una alta probabilidad de reproducirse también en el año siguiente, mientras que el no haberse reproducido en 2010 no se tradujo en una alta probabilidad de reproducirse en 2011. Se encontraron pocas evidencias de un costo de la reproducción. El hecho de que la población de SN se encuentre dentro de la Reserva no se tradujo en menores valores de mortalidad y mayor reproducción en comparación con la población fuera de la Reserva; más bien todo lo contrario. Aunado al decreto de un área protegida, deben dedicarse esfuerzos a la educación ambiental y a abrir opciones productivas para los pobladores de la zona.

Palabras clave: Biznaga barril, costo de la reproducción, herbivoría, mortalidad dependiente del tamaño, reproducción residual.

Abstract

Rare and endangered species frequently show regeneration problems at the population level, either due to a low survival rate or to low reproductive success. In this study we examined the survival and reproduction patterns of two populations of the rare *Ferocactus haematacanthus*, one population within the area of the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve (Santiago Nopala, SN), and the other one outside the Reserve area (Morelos Cañada, MC). We recorded population

¹ Grupo de Ecología de Poblaciones, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Circuito Exterior, México D.F. 04510, México.

* Correo electrónico: teresa.valverde@ciencias.unam.mx

density and subdivided the population in six size categories according to plant height to describe population structure. Population density was one order of magnitude higher in MC than in SN, and population structures were dramatically different, with no evidence of population regeneration in SN. Mortality rate was lower and reproduction higher in larger size categories in both populations. In SN we observed a high mortality rate due to plant damage by local peasants. This also resulted in a lower reproductive success compared to MC. We analyzed the frequency of reproduction in 2010 and 2011 and observed that plants that reproduced in 2010 had a high probability of reproducing again in 2011. Also, plants that showed no reproduction in 2010 did not have a high probability of reproducing in 2011. Thus, there was little evidence of a reproductive cost. The fact that SN population is located within a Reserve area did not result in higher survival and reproduction compared to the population outside the Reserve. In fact, the opposite pattern was found. Therefore, in addition to the establishment of protected areas, it is necessary to dedicate efforts to environmental education and to ensure productive alternatives for local people.

Key words: Barrel cactus, biznaga, cost of reproduction, herbivory, residual reproduction, size-dependent mortality.

Introducción

El comportamiento de las poblaciones vegetales en lo que respecta a sus patrones de supervivencia y reproducción puede explicar aspectos muy importantes de su distribución geográfica, su abundancia, sus preferencias de hábitat, sus rutas evolutivas y su nivel de rareza (Silvertown & Charlesworth 2009). Se sabe que muchas especies raras y/o amenazadas presentan problemas para la regeneración de sus poblaciones, ya sea por una baja supervivencia o por una reproducción poco exitosa (Gaston 1994; Esparza-Olguín 2004).

En este trabajo estudiamos a dos poblaciones de *Ferocactus haematacanthus* (Salm-Dyck) Bravo, la cual se considera una especie rara, pues su distribución se encuentra limitada a unas cuantas poblaciones pequeñas en la región de Tehuacán-Cuicatlán. Deseábamos indagar en qué medida las causas de la rareza de esta especie se relacionan con sus patrones reproductivos y de supervivencia, pues particularmente estos dos parámetros demográficos son los que moldean el comportamiento demográfico de las poblaciones (Jordan & Nobel 1981; Valiente-Banuet & Ezcurra 1991; Byers & Maegher 1997).

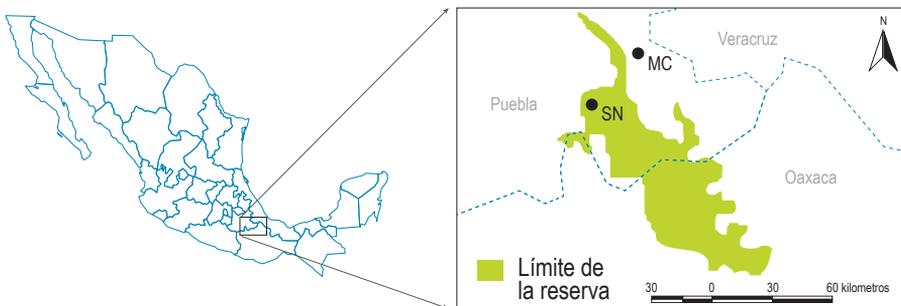


FIGURA 1. Localización de las dos poblaciones de estudio. Del lado izquierdo aparece México con su división política, y del lado derecho un acercamiento de la región donde se encuentra la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán (en verde). Como puede verse, el sitio de estudio en Morelos Cañada está fuera de los límites de la Reserva, mientras que el de Santiago Nopala está dentro de la Reserva.

Los procesos de reproducción, crecimiento y supervivencia se reflejan en la abundancia, la estructura poblacional y la distribución espacial (García-Naranjo & Mandujano 2010) y, a su vez, determinan la dinámica de las poblaciones y su viabilidad a largo plazo (Godínez-Álvarez *et al.* 1999; Esparza-Olguín *et al.* 2005). El conocimiento de estos procesos en especies raras o amenazadas nos posibilita el definir estrategias de conservación y planes de manejo *ad hoc*. Una de las formas en las que el ser humano ha intentado proteger a las poblaciones de plantas y animales y aumentar su viabilidad poblacional ha sido a través del establecimiento de reservas y áreas de protección de diferentes tipos. En el caso de *Ferocactus haematacanthus*, la mayor parte de su área de distribución se encuentra en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán (RBTC); sin embargo, hay algunas poblaciones fuera del polígono de la Reserva. Así, decidimos utilizar este aspecto de la distribución de esta especie para examinar de qué manera el decreto de la RBTC, que data de la década de 1998, ha impactado la viabilidad poblacional de esta especie. Entonces, de las dos poblaciones que elegimos para llevar a cabo este estudio, una se encuentra dentro de la RBTC (Santiago Nopala) y la otra está en uno de los municipios externos a la Reserva (Morelos Cañada). En principio, podemos suponer que, si la RBTC está cumpliendo sus objetivos, la población que está dentro de la Reserva tendrá mayores valores de supervivencia y reproducción en comparación con la población que se encuentra fuera de la Reserva (Caro 2001; Ewers & Rodrigues 2008). A su vez, se espera que este comportamiento, si es que se presenta, sea visible también a nivel de la abundancia y de la estructura poblacional. A pesar de que la

RBTC es relativamente reciente, ya son casi 20 años a partir de su decreto y es razonable esperar que sus efectos ya sean visibles aun en poblaciones de especies longevas, como es el caso de nuestra especie de estudio. Por supuesto, hay otros factores que difieren entre los dos sitios de estudio (como se verá más adelante), así es que la diferencia en cuanto a su categoría de protección no es el único factor en juego. Sin embargo, nos parece interesante considerarlo como un acercamiento preliminar al tema de la efectividad de las áreas de protección.

Material y métodos

Especie de estudio

Ferocactus haematacanthus (Salm Dyck) Bravo es una planta con crecimiento de barriliforme a columnar, con un tallo simple de forma esférica a cilíndrica, de color verde oscuro y espinas de color rojo sangre, característica de la que proviene su nombre (Foto 1a). El diámetro de tallo va de 25 a 35 cm y su altura de 30 a 120 cm; presenta de 13 a 17 costillas con areolas cuyas espinas centrales (4) miden de 4 a 8 cm, mientras que las espinas radiales (6-7) tienen una longitud de 2.5 a 3.5 cm.

Las flores son de color rojo carmín (Foto 1a) y se producen entre marzo y mayo. Los frutos miden de 2.2 a 3.5 cm de largo y 1.8 a 3.4 cm de ancho, y son de forma elipsoide a globosa, de color púrpura, cubiertos por brácteas carnosas, de pulpa jugosa rojo-púrpura (Foto 1b) y se producen entre julio y septiembre (Vázquez-Quesada 2013). Las semillas miden de 1.4 a 1.9 mm de largo, son piriformes y de color negro.

Ferocactus haematacanthus se distribuye en las zonas altas que limitan el valle de Tehuacán y es endémica de esa región. Sus poblaciones se encuentran principalmente en la sierra de Tecamachalco, la sierra de Tehuacán, la sierra de Zapotitlán y los lomeríos aledaños, en

altitudes de 1800 a 2400 m snm. Los tipos de vegetación en los que se le encuentra son matorrales xerófilos de alta elevación, generalmente sobre suelos calizos poco profundos (Arias *et al.* 1997); más específicamente, se trata de matorrales rosetófilos sub-montanos o matorrales xerófilos sub-montanos (Valiente-Banuet *et al.* 2000). Debido a su distribución restringida y a las fuertes presiones de cambio de uso de suelo que se presentan en su hábitat, se le considera en la categoría de *sujeta a protección especial* (SEMARNAT 2010). Por otro lado, la IUCN la clasifica con “en peligro” (Arias *et al.* 2013).

Sitio de estudio

a) *Morelos Cañada* (MC): Este sitio de estudio se encuentra en las coordenadas 18° 42' 24" latitud Norte y 97° 24' 04" latitud Oeste, al sureste del poblado de Morelos Cañada, en el municipio de Cañada Morelos, Puebla, fuera de los límites del polígono de la RBTC (Fig. 1). Su altitud es de 2300-2400 m snm. La precipitación anual es de 376.5 mm y la temperatura media anual es de 13.4 °C (CONAGUA 2010; Estación climatológica Cañada Morelos). El clima es de tipo BS₁kw(w)igw", semiseco a templado con lluvias en verano (García 2004); el suelo se deriva de rocas calizas y es poco profundo, con afloramientos de roca madre. El tipo de vegetación es un matorral rosetófilo sub-montano, con dominancia de *Dasyllirion serratifolium* (Karw. ex Schult. & Schult.F.) Zucc. y *Quercus sebifera* Trel., y los elementos fisonómicos importantes son, además de la especie de estudio, *Agave potatorum* Zucc., *Agave macroacantha* Zucc., *Lippia graveolens* Kunth., *Yucca periculosa* Baker y *Salvia thymiodes* Benth. (Valiente-Banuet *et al.* 2000).

b) *Santiago Nopala* (SN): Este sitio de estudio se encuentra en las coordenadas 18° 27' 59" de latitud Norte y 97° 38' 48" de longitud Oeste, dentro de los límites de la RBTC a una altitud de 2350 a 2450 m snm (Fig. 1), junto al poblado

de dicho nombre. La estación climatológica más cercana al sitio de estudio es la de Cacaloapan, la cual se encuentra aproximadamente a 14 km al noreste, a una altitud de 1900 m snm, y cuyo tipo de clima es BS₁kw(w)g(i)w", semiseco a templado con lluvias en verano, con una precipitación anual de 547.6 mm y una temperatura media anual de 17.3 °C (CONAGUA 2010). El suelo también es derivado de rocas calizas, poco profundo y con afloramientos de roca madre. La vegetación es un matorral de arbustos esclerófilos perennifolios, sin espinas (Mexical, *sensu* Valiente-Banuet *et al.* 2000), con presencia de *Agave potatorum*, *Yucca periculosa* y *Brahea nitida* André, siendo esta última el elemento dominante.

Observaciones y registros de campo

En mayo de 2010 se recorrieron ampliamente las dos zonas de estudio, abarcando aproximadamente 41 ha en MC y 29 ha en SN (áreas estimadas en Google Earth <http://www.daftlogic.com/projects/google-maps-area-calculator-tool.htm>). Todos los individuos de *F. haematocanthus* que se encontraron en estos recorridos se marcaron y se geoposicionaron. En total, se etiquetaron 145 individuos en MC y 83 en SN. Utilizando una imagen digital del área muestreada y los datos de la geoposición de cada individuo, se estimó la densidad de ambas poblaciones (individuos /100 m²), así como una medida de error asociada a la densidad.

Se tomaron datos de la altura de cada individuo, así como del número de estructuras reproductivas (que en ese momento eran botones florales o flores maduras). Se anotó también si había indicios de herbivoría o de algún otro tipo de daño. Al cabo de un año, en mayo de 2011 se regresó a los sitios de estudio, se relocalizó a los individuos y se volvieron a recabar medidas e información de estructuras y herbivoría.

Para describir la estructura de las poblaciones, se definieron seis categorías de tamaño según la



FOTO 1a) Ejemplar adulto de *Ferocactus haematacanthus* con flor en el ápice, en la que se aprecia su forma de crecimiento, entre barriliforme y columnar; nótese la coloración de las espinas. b) Detalle de los frutos de *Ferocactus haematacanthus* producidos en el ápice del tallo; nótese las semillas en los frutos abiertos.

altura de los individuos (Cuadro 1). También se utilizó esta subdivisión de la población en categorías de tamaño para analizar la supervivencia y la reproducción de los individuos de una manera más detallada, tomando como base los datos de campo de 2010 y 2011.

Resultados

Densidad y estructura poblacional

Al analizar la densidad poblacional en ambas poblaciones, se observó que ésta fue mucho mayor en MC (0.266 ± 0.095 individuos/100 m²; media \pm EE) que en SN (0.035 ± 0.014 EE individuos/100 m²; media \pm EE). La diferencia entre ambas poblaciones fue de un orden de magnitud, siendo más densa la población de MC, que se encuentra fuera de la RBTC. La estructura poblacional también fue muy diferente en ambos sitios y esta diferencia fue estadísticamente significativa (prueba de ji-cuadrada; $\chi^2=20.22$, gl=5, $P=0.001$). En MC los individuos de la categoría 5 fueron los más abundantes y, en términos generales, la abundancia relativa tendió a aumentar hacia las categorías de mayor tamaño (con excepción de la categoría 6, en

la que se observó una disminución) (Fig. 2). Por otro lado, en SN la categoría 3 fue la de mayor abundancia relativa. En conjunto, las categorías 3, 4 y 5 conformaron el 61.4% de la muestra de este sitio, mientras que no se encontraron individuos de la categoría 1, y los de la categorías 2 fueron menos del 10% del total (Fig. 2).

Mortalidad

En lo que respecta a los patrones de mortalidad, en MC que está fuera de la RBTC, el porcentaje total de mortalidad entre 2010 y 2011 fue de 8.27% (12 individuos, de un total de 145), mientras que en SN que está dentro de la RBTC fue de 30.12% (25 individuos de un total de 83). De manera más detallada, en términos proporcionales por categorías de tamaño, la tasa de mortalidad (el equivalente de q_x , en una tabla de vida) en MC fue aumentando al disminuir el tamaño de los individuos (Fig. 3). De hecho, en la categoría 1 la mortalidad fue del 66.67%, mientras que en la categoría 6 no se presentó mortalidad.

Por su parte, en SN se presentó aproximadamente el mismo patrón de mortalidad

CUADRO 1. Categorías de tamaño definidas para describir la estructura poblacional de *Ferocactus haematacanthus*. Se muestran las características de cada categoría en términos de la altura de los individuos y su condición reproductiva potencial. También se detalla el número de individuos por categoría (n) en cada sitio (MC y SN) según los datos de mayo de 2010.

Categoría	Intervalo de altura (cm)	¿Potencialmente reproductivo?	Sitio MC (n)	Sitio SN (n)
1 Plántula	0.1 a 1	No	6	0
2 Juvenil	1.1 a 10	No	12	8
3 Adulto 1	10.1 a 35	Sí	18	28
4 Adulto 2	35.1 a 50	Sí	33	13
5 Adulto 3	50.1 a 75	Sí	53	23
6 Adulto 4	Más de 75	Sí	23	11

que en MC en términos de la disminución de q_x al aumentar el tamaño de las plantas (representado por la categoría), aunque como no había plántulas en la muestra de esa población, no se pudo evaluar la tasa de mortalidad de la categoría 1 (Fig. 3). Al comparar las barras de mortalidad en la figura 3, se puede ver con claridad que la tasa de mortalidad fue más alta en SN que en MC en todas las categorías. De hecho, en la categorías de la 3 a la 6 el contraste entre ambas poblaciones fue muy marcado. La principal causa de la alta mortalidad en los individuos adultos en SN tuvo que ver con

el daño observado en la región apical de las plantas, como producto de cortes de origen humano (Foto 2a).

Reproducción

En cuanto a la reproducción, se analizaron varios aspectos de manera independiente. El primero de ellos fue el número de semillas por fruto, que se evaluó en 2010 y en 2011 para cada población. En MC el número promedio de semillas por fruto fue de 289.7 en 2010 y de 461.5 en 2011 ($N=7$ y 12 frutos, respectivamente). Por su parte, en SN el número promedio de semillas por fruto fue



Benito Vázquez-Quesada

Foto 2a) Tallo de *Ferocactus haematacanthus* dañado en el ápice, en la población de Santiago Nopala. b) Una vez que se efectúa el corte, el ganado lo amplía al extraer el tejido húmedo para masticarlo.

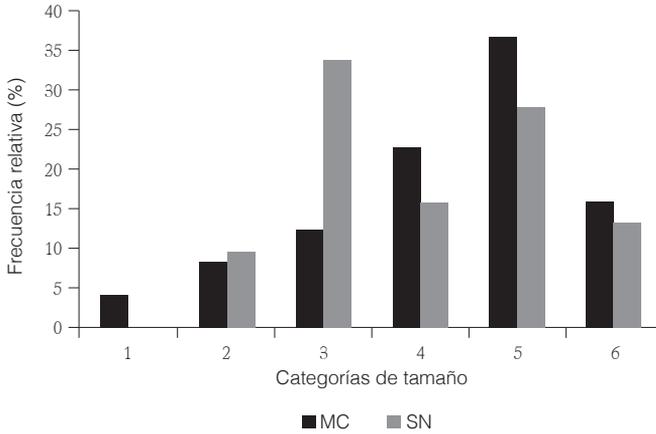


FIGURA 2. Estructura poblacional de las poblaciones de *Ferocactus haematacanthus* en Morelos Cañada (MC, barras oscuras) y Santiago Nopala (SN, barras claras) en términos de la frecuencia relativa de las diferentes categorías de tamaño, tal como se definen en el Cuadro 1.

de 272.7 en 2010 y de 341.1 en 2011 ($N=3$ y 8 frutos, respectivamente). Aunque los datos parecen sugerir que en 2011 los frutos tuvieron una mayor cantidad de semillas, el análisis estadístico (GLM, con distribución Poisson) no mostró diferencias significativas, ni entre años, ni entre poblaciones; y tampoco la interacción entre ambos factores fue significativa ($\chi^2=0.84$, $gl=1$, $P=0.36$ para el factor Población; $\chi^2=3.13$, $gl=1$, $P=0.08$ para el factor Año; y $\chi^2=0.35$, $gl=1$, $P=0.55$ para la interacción entre ambos factores).

La proporción de individuos reproductivos en 2010 varió tanto entre categorías,

como entre poblaciones (Cuadro 2). En MC, la gran mayoría de los individuos de las categorías adultas se reprodujeron, y la proporción de individuos reproductivos creció al aumentar la categoría de tamaño. Así mismo, el número promedio de frutos por individuo también mostró ese mismo comportamiento (Cuadro 2). Por otro lado, en SN la proporción de individuos reproductivos fue menor (entre 56 y 82 %), y aunque también se evidenció una tendencia hacia una mayor proporción de individuos reproductivos en las categorías de mayor tamaño, la categoría 5 se salió por completo de dicha

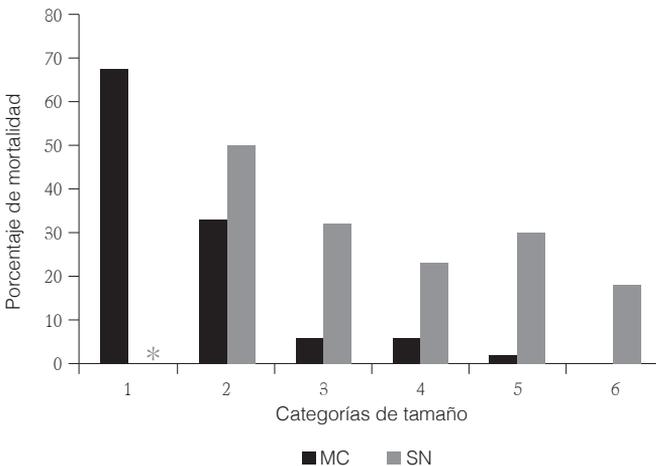


FIGURA 3. Porcentaje de individuos de *Ferocactus haematacanthus* que murieron entre mayo de 2010 y mayo de 2011 en cada categoría de tamaño y en cada población. MC = Morelos Cañada y SN = Santiago Nopala. El asterisco en la categoría 1 para SN denota que no hay datos disponibles de la mortalidad de dicha categoría, pues nuestra muestra poblacional no contenía individuos de la categoría 1 en esa población (ver Fig. 2).

CUADRO 2. Proporción de individuos reproductivos en 2010 por categorías de tamaño (Pr), y número promedio de frutos producidos por los individuos de cada categorías (Fr). Sólo se presentan las categorías reproductivas (según la definición del Cuadro 1).

Población	Categoría	Pr	Fr
Morelos Cañada MC	3	0.833	7.111
	4	0.879	8.121
	5	0.925	8.434
	6	0.957	12.304
Santiago Nopala SN	3	0.607	1.393
	4	0.692	2.231
	5	0.565	2.870
	6	0.818	0.636

tendencia (Cuadro 2). En lo que respecta al número promedio de frutos por individuo, los valores fueron mucho menores que en MC, y extrañamente los individuos de la categoría 6 fueron los que presentaron un menor número de frutos (Cuadro 2).

Se llevó a cabo un análisis de regresión entre la altura de los individuos y el número de frutos que produjeron en 2010 (transformado a logaritmo). Los resultados sugieren que existe una relación positiva y significativa entre ambas variables, tanto en la población de MC ($r^2=0.095$, $gl=113$, $P=0.0008$), como en la de SN ($r^2=0.088$, $gl=33$, $P=0.028$). Es decir, los individuos de mayor tamaño tienden a producir un mayor número de estructuras reproductivas.

Como se hicieron registros de la reproducción tanto en 2010 como en 2011, se clasificó a los individuos de cada categoría reproductiva en cuatro clases según su frecuencia de reproducción: A= individuos que no se reprodujeron en ninguno de los dos años; B = individuos reproductivos sólo en 2011; C = individuos reproductivos sólo en 2010; y D = individuos reproductivos en ambos años. Con estas clases se analizó la

variación observada en el comportamiento reproductivo entre años, por categoría de tamaño y por población. En MC la proporción de individuos que se reprodujo en ambos años (D) aumentó al incrementarse el tamaño de los individuos. A su vez, la proporción de individuos en las clases C y B (que sólo se reprodujeron en uno de los dos años), y en la clase A (que no se reprodujeron en ninguno de los dos años) tendió a disminuir al aumentar la categoría de tamaño (Fig. 4).

En la población de SN el comportamiento fue mucho más variable. La mayor frecuencia relativa en esta población la tuvo la clase A (individuos que no se reprodujeron en ninguno de los dos años), mientras que la proporción de individuos en la clase D (que se reprodujeron ambos años) fue muy baja (Fig. 4). De hecho, en ninguna de las categorías de tamaño la clase D fue superior a 20%.

De los individuos que no se reprodujeron en 2010, sólo el 15.4% (en MC) y el 20% (en SN) se reprodujo en 2011. Dicho de otro modo, el 84.6% (en MC) 80% (en SN) de los individuos no reproductivos en 2010, tampoco se reprodujeron en 2011 (Cuadro 3). Entonces, el no haberse reproducido en un año estuvo

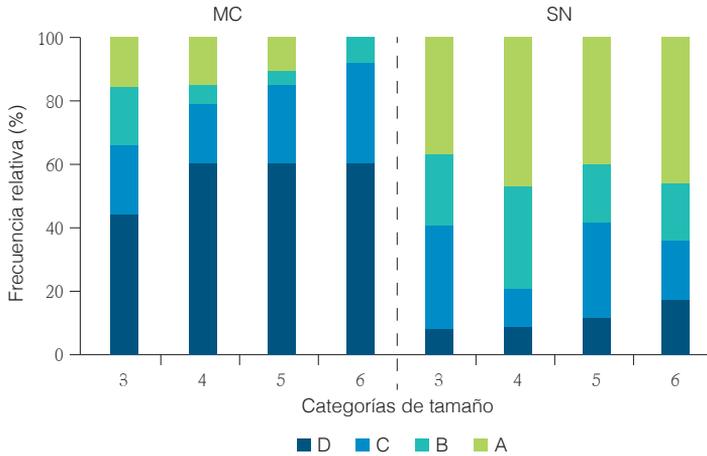


FIGURA 4. Frecuencia relativa de individuos que no se reprodujeron en ninguno de los dos años (A); individuos reproductivos sólo en 2011 (B); individuos reproductivos sólo en 2010 (C); e individuos reproductivos en ambos años (D) en cada una de las dos poblaciones de estudio (MC = Morelos Cañada y SN = Santiago Nopala).

asociado con una alta probabilidad de no reproducirse al año siguiente. A su vez, analizando sólo a los individuos que sí se reprodujeron en 2010, el 18.3 % (en MC) y el 29.3 % (en SN) ya no se reprodujo en 2011 (Cuadro 3). Se llevó a cabo una prueba de tabla de contingencia con los datos de la frecuencia de individuos reproductivos y no reproductivos en 2010 y 2011 en cada sitio. En ambos sitios se obtuvo que la frecuencia de individuos que se reprodujo en 2011 no fue independiente de la frecuencia de individuos que se reprodujo en 2010 ($\chi^2=89.8$, $P<0.00001$ para MC; y $\chi^2=52.4$, $P<0.00001$ para SN).

En la población de MC se observó que el número de estructuras reproductivas producidas en 2010 estuvo relacionado positiva y significativamente con el número de estructuras reproductivas producidas al año siguiente (correlación no paramétrica de Spearman; $R_s=0.34$, $P>0.05$). Sin embargo, en SN esta relación no fue significativa ($R_s=-0.017$, $P>0.05$).

Discusión

Contrario a lo esperado, la densidad poblacional registrada fue substancialmente mayor en

MC, que está fuera de la RBTC que en SN. En un estudio previo llevado a cabo en Morelos Cañada se había reportado una densidad de 0.082 individuos/100 m² (Gutiérrez-García 2007), mientras que nosotros encontramos una densidad de 0.266 individuos/100 m². La diferencia entre ambos datos puede deberse a que hayamos muestreado en áreas diferentes dentro del mismo sitio de estudio, pues efectivamente la densidad es variable en el espacio. Pero lo que más llama la atención es el contraste con la población de Santiago Nopala (SN), que está dentro del polígono de la reserva y cuya densidad fue escasamente de 0.035 individuos/100 m². Además, la estructura poblacional en SN muestra la total ausencia de plántulas, y un tamaño promedio de los individuos mucho menor que en MC. Y la mortalidad global observada en SN fue mucho mayor que en MC.

Cabe mencionar que, a pesar de que SN se encuentra dentro de los límites de la reserva, es evidente que en esta zona se practica ganadería extensiva de ganado caprino y equino. Se sabe que la ganadería disminuye la supervivencia de plántulas y juveniles de otras especies de *Ferocactus*, por maltrato directo, erosión del suelo, y debido

		En 2010	
		Reproductivos	No reproductivos
En 2011	Reproductivos	81.7% (MC) 70.7% (SN)	15.4% (MC) 20.0% (SN)
	No reproductivos	18.3% (MC) 29.3% (SN)	84.6% (MC) 80.0% (SN)

CUADRO 3. Porcentaje de individuos de *Ferocactus haematacanthus* reproductivos y no reproductivos en 2010 (columnas) que se reprodujeron o no se reprodujeron en 2011 (renglones). Las iniciales de cada población se presentan en paréntesis, junto a los porcentajes. El 100 % se obtiene sumando los valores de cada población que se encuentran en la misma columna.

a la reducción de la cobertura de los arbustos que funcionan como plantas nodrizas (del Castillo & Trujillo 1991; Bowers 1997, 2000). Además, los pobladores de Santiago Nopala realizan cortes en los tallos de *Ferocactus haematacanthus* para que, durante la época de secas, el ganado tenga acceso al agua contenida en ellos (Foto 2b). De hecho, ésta fue la principal causa de la alta mortalidad y la baja reproducción observada en esta población. En contraste, la población de Morelos Cañada no parece estar sujeta a una alta presión por ganadería extensiva, pues vimos pocas evidencias de esta actividad en la zona y no observamos tallos cortados de *F. haematacanthus*. Estos resultados demuestran que el simple decreto de un área de reserva no es garantía de que las poblaciones de las especies bajo alguna categoría de protección realmente estén a salvo.

En lo que respecta al comportamiento de la tasa de mortalidad en ambas poblaciones, se observó algo que es característico de la mayoría de las especies de cactáceas que se han estudiado hasta la fecha, que es que la tasa de mortalidad disminuye al aumentar el tamaño de los individuos (Godínez-Álvarez *et al.* 2003).

Relativo a la reproducción, la corta de los tallos en SN afectó directamente la pro-

ducción de frutos, pues en esta especie las estructuras reproductivas se producen en la parte apical del tallo (Peco *et al.* 2011). Además, la proporción de individuos que no se reprodujeron en ninguno de los dos años (clase A) fue muy alta, por esa misma razón. En contraste, la mayoría de los individuos de las categorías de reproductivas se reprodujeron ambos años en MC (clase D).

Según nuestros resultados, poco más de la mitad de los individuos que no se reprodujeron en 2011, sí lo habían hecho en 2010, lo que sugiere que hay un cierto costo de la reproducción en estas plantas, pues el haberse reproducido en un año reduce la probabilidad de reproducirse al año siguiente. De hecho, de todas las plantas que se reprodujeron en 2010, entre el 18 y el 29 % (en MC y SN respectivamente) ya no se reprodujo en 2011. Esto evidencia, también, que el costo de la reproducción fue más alto en SN que en MC.

Sin embargo, examinando los resultados de otra manera, se evidencia que el no haberse reproducido en un año (2010) no se tradujo en una alta probabilidad de reproducción al año siguiente (2011), como también lo muestra el resultado de la prueba de la tabla de contingencia. Adicionalmente, al menos en MC, al aumentar el número de estructuras

reproductivas producidas por individuo en 2010, aumentó el número producido en 2011. Esto sugiere que los individuos que realizaron una mayor inversión reproductiva lo hicieron ambos años; y esta inversión reproductiva, además, estuvo relacionada con el tamaño de la planta, al igual que en otras cactáceas (Godínez-Álvarez *et al.* 2003). Lo anterior sugiere que las plantas que cuentan con más recursos energéticos son las más exitosas reproductivamente (Obeso 2002), y que no hay evidencias claras de que la reproducción en un momento dado tenga un alto costo sobre la reproducción al año siguiente. Es posible que los costos de la reproducción se hagan evidentes sólo cuando la disponibilidad de recursos es excepcionalmente baja o cuando la inversión reproductiva es excepcionalmente alta (Obeso 2002). Efectivamente, la relación positiva entre el número de estructuras reproductivas en un año y en el siguiente que se encontró en MC, no se presentó en SN, donde muchas plantas fueron dañadas y presumiblemente tuvieron que reasignar recursos a la reparación de tejidos y al crecimiento (Vázquez-Quesada 2013).

Los resultados de este trabajo muestran que las dos poblaciones en estudio tienen comportamientos contrastantes en cuanto a sus patrones de mortalidad y reproducción: la población en SN (dentro de la RBTC) presenta mucha mayor mortalidad y menor reproducción que la población de MC (fuera de la RBTC). La protección que debería representar el estar dentro de una reserva de la biósfera en este caso no es efectiva, sino todo lo contrario (Françoso *et al.* 2015). De esta forma, más allá de los decretos de reservas y áreas protegidas, es importante dedicar esfuerzos a la educación ambiental, al involucramiento de las comunidades humanas

locales y, a la vez, abrir opciones productivas para los pobladores de estas zonas.

Agradecimientos

Los doctores Salvador Arias, Héctor Godínez, María del Carmen Mandujano y Carlos Martorell revisaron una versión previa de este trabajo en forma de tesis de licenciatura de Benito Vázquez Quesada. Agradecemos al Dr. Pedro Eloy Mendoza, la Dra. Mariana Hernández Apolinar, Estefanía Lezama y Elizabeth Montoya por su apoyo durante el trabajo de campo.

Literatura citada

- Arias MS, López S & Guzmán LU. 1997. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*, Fascículo 14. Instituto de Biología, UNAM, México D.F.
- Arias S, Valverde T, Zavala-Hurtado A & Hernández C. 2013. *Ferocactus haematacanthus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T152800A679954. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T152800A679954.en>
- Bowers JE. 1997. Demographic patterns of *Ferocactus cylindraceus* in relation to substrate age and grazing history. *Plant Ecol* **133**:37-48.
- Bowers JE. 2000. Does *Ferocactus wislizeni* (Cactaceae) have a between-year seed bank? *J Arid Environ* **45**:197-205.
- Byers DL & Maegher TR. 1997. A comparison of demographic characteristics in a rare and a common species of *Eupatorium*. *Ecol Appl* **7**:519-530.
- Caro TM. 2001. Species richness and abundance of small mammals inside and outside an African national park. *Biol Cons* **98**:251-257.
- CONAGUA. 2010. Normales Climatológicas. <http://smn.cna.gob.mx/index.php>
- Del Castillo RF & Trujillo S. 1991. Ethnobotany of *Ferocactus histrix* and *Echinocactus platy-*

- canthus* (Cactaceae) in the Semiarid Central Mexico: Past, present and future. *Econ. Bot.* **45**:495-502
- Esparza-Olguín L. 2004. ¿Qué sabemos de la rareza en especies vegetales? Un enfoque genético-demográfico. *Bol Soc Bot Mex* **75**:17-32.
- Esparza-Olguín L, Valverde T & Mandujano MC. 2005. Comparative demographic analysis of three *Neobuxbaumia* species (Cactaceae) with differing degree of rarity. *Pop Ecol* **47**:229-245.
- Ewers RM & Rodrigues AS. 2008. Estimates of reserve effectiveness are confounded by leakage. *TREE* **23**:113-116.
- Françoso RD, Brandão R, Nogueira CC, Salmons YB, Machado RB & Colli GR. 2015. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. *Nat Con* **13**:35-40.
- García E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F.
- García-Naranjo A & Mandujano MC. 2010. Patrón de distribución espacial y nodrismo del peyote (*Lophophora williamsii*) en Cuatrociénegas, México. *Cact Suc Mex* **55**:36-55.
- Gaston KJ. 1994. *Rarity*. Chapman & Hall, Londres.
- Godínez-Alvarez H, Valiente-Banuet A & Valiente-Banuet L. 1999. Biotic interactions and the population dynamics of the long-lived columnar cactus *Neobuxbaumia tetetzo* in the Tehuacán Valley. México. *Can J Bot* **77**:203-208.
- Godínez-Alvarez H, Valverde T & Ortega-Baes P. 2003. Demographic trends in the Cactaceae. *Bot Rev* **69**:173-203.
- Gutiérrez-García K. 2007. Evaluaciones preliminares de conservación: estudio de caso de *Ferocactus haematacanthus* (Salm-Dyck) Bravo (cactaceae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México, D.F.
- Jordan PW & Nobel PS. 1981. Seedling establishment of *Ferocactus acanthodes* in relation to drought. *Ecology* **62**:901-906.
- Obeso JR. 2002. The costs of reproduction in plants. *New Phytol* **155**:321-348.
- Peco B, Borghi CE, Malo JE, Acebes P, Almirón M & Campos CM. 2011. Effects of bark damage by feral herbivores on columnar cactus *Echinopsis* (= *Trichocereus*) *terscheckii* reproductive output. *J Arid Environ* **75**:981-985.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación (Segunda Sección), 30 de diciembre de 2010, México.
- Silvertown J & Charlesworth D. 2009. *Introduction to plant population biology*. Fourth edition, Blackwell Publishing, Oxford.
- Valiente-Banuet A & Ezcurra E. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley. *J Ecol* **79**:961-971.
- Valiente-Banuet A, Casas A, Alcántara A, Dávila P, Flores-Hernández N, Arizmendi MC, Villaseñor JL & Ortega JR. 2000. La vegetación del valle de Tehuacan-Cuicatlán. *Bol Soc Bot Mex* **67**:24-74.
- Vázquez-Quesada B. 2013. Estudio demográfico de dos poblaciones de *Ferocactus haematacanthus* (Cactaceae) en el Valle de Tehuacán. Pue., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.

Efecto de tratamientos pregerminativos, edad de las semillas y sustrato, en la germinación y crecimiento de plántulas de *Mammillaria mystax*

Navarro Carbajal María del Carmen^{1*}, Eliosa León Héctor Rafael¹,
González Machorro Eva María² & Hernández Pelcastre Chantal²

Resumen

Mammillaria mystax es una especie endémica de México, con poblaciones que sufren efectos adversos por su uso ornamental y el cambio de uso de suelo de su habitat natural. El estudio de la germinación de sus semillas puede proporcionar información que contribuya a la propagación de la especie y su conservación. En este trabajo se evaluó el porcentaje y el índice de germinación de semillas de ocho edades en tres tratamientos (Ácido sulfúrico/1.5 min, Agua a 50 °C/3 min y 4 °C/2 semanas) y sembradas en dos tipos de sustrato (Tierra negra y Tierra de hoja). También se evaluó el efecto del tratamiento y sustrato en la altura de las plántulas. La germinación fue registrada durante siete semanas y la altura por cuatro meses. El tratamiento y la edad de las semillas generaron variación en la germinación ($F_{(3,128)} = 11.44$; $F_{(7,128)} = 18.59$, $P < 0.00$ respectivamente) que osciló entre 30.12% y 52.02%; así como, en el Índice de Germinación promedio ($F_{(3,128)} = 4.52$; $F_{(7,128)} = 20.77$, $P < 0.000$ respectivamente) que resultó igual a 5.5 semillas/día para el tratamiento y 11.28 semillas/día para la edad. Las plántulas más altas (11.11 mm) se registraron en el sustrato que contenía tierra de hoja.

Palabras clave: Ácido sulfúrico, cactaceae, Índice de Germinación, propagación.

Abstract

Mammillaria mystax is a Mexican endemic species, and its populations suffer adverse effects because of the ornamental use and land use change. Seed germination studies can provide information which may contribute to the propagation and conservation of species. In this work we evaluated the percentage and germination index of seeds from eight different ages by submitting them to three treatments (sulphuric acid/1.5 min, water to 50 °C/3 min and 4°C/ 2 weeks) and sowing them in two types of substrate (black soil and leaf soil). Also, we analyzed treatment and substrate effect in seedling height. Germination was registered during seven weeks and the height during four months. Treatment and seeds age generated variation in the germination ($F_{(3,128)} = 11.55$; $F_{(7,128)} = 18.59$, $P < 0.00$ respectively), the values ranged between 30.12 % and 52.02 %; as well as in the average germination index ($F_{(3,128)} = 5.52$; $F_{(7,128)} = 20.77$, $P < 0.00$ respectively) which resulted equal to 5.5 seeds/day to treatment and 11.28 seeds/day to age. The highest seedlings (11.11 mm) were registered on the substrate that contained leaf soil.

Key words: Cactaceae, Germination Index, sulphuric acid, propagation.

¹ Cuerpo académico de Biología de Grupos de Organismos.

² Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Boulevard Valsequillo y Avenida San Claudio, Ciudad Universitaria. Colonia Jardines de San Manuel. C.P. 72570.

*Correo electrónico: maria.navarro@correo.buap.mx

Introducción

La germinación es una de las etapas más críticas del ciclo de vida de las cactáceas (López *et al.* 2001) y para que suceda, deben cumplirse las siguientes condiciones: maduración del embrión, degradación de los compuestos que impiden la germinación y satisfacerse los requerimientos hídricos, lumínicos y térmicos (De la Cuadra 1993; Fenner & Thompson 2005; Baskin & Baskin 2014). Las condiciones que impiden la germinación de las semillas pueden inhibirse cuando son sometidas a escarificación (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; Ruedas *et al.* 2000) debido a que, mediante este proceso se rompe la barrera seminal y se incrementa la permeabilidad de la testa (Casado & Soriano 2010). Bajo condiciones de laboratorio este tipo de sucesos se simulan al someter las semillas a tratamientos ácidos (Larrea-Alcázar & López 2008), escarificación mecánica y distintos períodos de

estratificación (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000). Hasta el momento, a pesar de que aproximadamente el 96% de las especies del género *Mammillaria* habitan en México y 90% son endémicas (Hernández & Godínez 1994; Butterworth & Wallace 2004; Delgado 2007); sólo en algunas de ellas se ha estudiado el efecto de la escarificación en la germinación. La inhibición de semillas de *Mammillaria zephyranthoides* y *M. haageana* en ácido sulfúrico concentrado promueve su capacidad germinativa (Genis 2002; Navarro & Juárez 2006); sin embargo en semillas de *Mammillaria pectinifera* y *M. mystax*, este tratamiento no afecta la germinación (Navarro & Deméneghi 2007; Navarro *et al.* 2010).

También, se ha observado que para romper la latencia de las semillas de algunas especies se requiere someterlas a oscilaciones térmicas (Baskin & Baskin 2014) como se ha documentado en *Mammillaria mystax* (Navarro *et al.* 2010), *M. hamata* y *M. sphaecelata* (Navarro *et al.* 2008) y *M. pectinifera* (Navarro & Deméneghi 2007), en las que el uso de temperaturas altas (50 °C) favorece la germinación, resultado que contrasta con las semillas de *M. zephyranthoides* (Navarro & Juárez 2006). Por otro lado, la exposición de semillas a temperaturas bajas (4 - 7 °C) puede promover la germinación (Bewley & Black 1985; Vázquez-Yanes *et al.* 1997) como ocurre en *Pseudomitrocereus fulviceps* (Navarro *et al.* 2015), pero algunas semillas no son favorecidas como las de *Mammillaria pectinifera* y *Ferocactus robustus* (Navarro & Deméneghi 2007; Navarro & González 2007).

Se ha mencionado que la edad de las semillas tiene influencia en la germinación (Bowers 2000; Rojas-Aréchiga & Batis 2001; Flores *et al.* 2005; Mandujano *et al.* 2005; Baskin & Baskin 2014) aunque su efecto

Xochitl Fernanda Eliosa Navarro



FOTO 1. Ejemplar de *Mammillaria mystax* cultivado en el invernadero de la Colección de Cactáceas y Succulentas de Puebla "Helia Bravo-Hollis" de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

es diferencial. Las semillas de *Mammillaria huitzilopochtli* y de *M. hernandezii* disminuyen su capacidad germinativa con el transcurso del tiempo (Flores & Manzanero 2003); resultados inversos se obtienen para las de *Mammillaria haageana* (Genis 2002); mientras que, el porcentaje de germinación de semillas de *M. mystax* no difiere con la edad (Navarro *et al.* 2010).

Asimismo, se ha mostrado que el tiempo necesario para que las semillas de algunas especies de *Mammillaria* germinen está determinado por el tratamiento germinativo, la aplicación de ácido sulfúrico en semillas de *M. hamata* ocasiona que 32.2 semillas/día germinen (Navarro *et al.* 2008) y la inmersión de semillas en agua caliente en *M. sphacelata* mostró un índice de germinación de 9.81 semillas/día (Navarro *et al.* 2008), por otro lado, para *M. plumosa* y *M. prolifera* se registraron valores menores en el tiempo de germinación en semillas sin tratamientos germinativos (Salas-Cruz 2014).

El sustrato en que se siembran las semillas es otro factor determinante para la germinación (Matilla 2008), debido a que el desarrollo y el funcionamiento de las raíces están directamente relacionados con la aereación, contenido de agua y disponibilidad de nutrientes (Bunt 1998). Se han registrado valores de germinación elevados (90 a 96%) para semillas de *Mammillaria dixanthocentron*, *Coryphantha durangensis* y *Pachycereus weberi* al cultivarse en sustrato del hábitat o en el colectado debajo de plantas nodriza o en tierra de hoja (Ramos 2007; Muro 2011; Lustre *et al.* 2014), en contraste en las semillas de *Echinocactus platyacanthus* el sustrato no influye en la germinación (Navarro *et al.* 2015); sin embargo, la mezcla de tierra negra y tepojal permite mayor acumulación de biomasa en plántulas de *Pachycereus pringlei*

y *Pachycereus pecten-aboriginum* (Tejeda-Corona *et al.* 2009) y la de tierra de hoja, cacahuatillo y peat-moss favorece la altura de las plántulas de *Echinocactus platyacanthus* (Navarro *et al.* 2015).

Mammillaria mystax es una especie endémica de México, se distribuye en Guerrero, Oaxaca y Puebla, localmente las plantas de esta especie son usadas con fines ornamentales y medicinales (Arias *et al.* 1997; Arias-Toledo *et al.* 2000). Los estudios realizados con *M. mystax* han abordado aspectos taxonómicos, de distribución geográfica, fenológicos, germinativos y demográficos (Arias *et al.* 1997; Arias-Toledo *et al.* 2000; Benítez-Rodríguez *et al.* 2004; Rojas-Aréchiga 2008; Saldivar & Navarro 2012). El estudio de algunos de los factores que inducen la germinación de sus semillas y el crecimiento de sus plántulas proporcionará información acerca de su reproducción *ex-situ* (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; Flores *et al.* 2006) que puede ser utilizada como una estrategia para su conservación (López *et al.* 2001). Este trabajo se realizó con el objeto de evaluar el posible efecto de tratamientos pregerminativos, la edad de las semillas y el sustrato en el porcentaje, el índice de germinación y la altura de las plántulas de *M. mystax* en invernadero.

Material y métodos

Especie de estudio.

Mammillaria mystax Mart. Plantas globosas simples o cespitosas. Tallos de 16-20 cm de alto y 7-10 cm de ancho, globosos o cortamente cilíndricos; con jugo lechoso, blanco, espeso; tubérculos angulados de 8-15 mm de largo, verde grisáceos, axilas con lana y cerdas retorcidas; areolas *ca.* 3.0 mm de ancho, circulares; espinas centrales 2-4, 0.4-6.6 cm de largo; radiales 4-8,

1.3-5 mm de largo, ápice oscuro. Flores 1.7-2.6 cm de largo, campanuladas; ápice agudo, margen aserrado, blancos a rosas, franja media púrpura o pardo-anaranjado. Frutos 1.3-2.1 cm de largo, 0.4-0.7 cm de ancho, claviformes, rojos, semillas 0.9-1.2 mm de largo, reniformes, pardas (Arias *et al.* 1997 Arias *et al.* 2012). Es endémica de México, se encuentra en Guerrero, Oaxaca y Puebla en un rango altitudinal de 1000 a 2600 m snm, tienen uso ornamental y medicinal (Arias *et al.* 1997; Arias-Toledo *et al.* 2000), sus poblaciones han sido afectadas indirectamente por el cambio de uso de suelo para agricultura y ganadería (IUCN 2012).

Las semillas que se utilizaron en el presente estudio se obtuvieron de frutos de *M. mystax* colectados de abril de 2004 a abril de 2011 de 56 ejemplares pertenecientes a la Colección de Cactáceas y Suculentas de Puebla "Helia Bravo-Hollis" de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (Foto 1).

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.

En abril de 2015, las semillas fueron sometidas a tres tratamientos (Ácido sulfúrico/1.5 min; Agua a 50 °C/3 min; 4 °C/2 semanas), además se utilizó un testigo; cada uno con tres repeticiones. Se emplearon 12 unidades experimentales que contenían siete semillas.

Las semillas se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio comercial al 70% durante 3 min, se enjuagaron en agua destilada por 2 min, se les aplicó el tratamiento, se enjuagaron nuevamente en agua destilada y se introdujeron en una solución de 20 g/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 26 x 18 cm, que contenían 250 g

de dos tipos de sustrato, el primero (TH) constituido por: tierra de hoja, cacahuatillo y arena; y el segundo (TN) por tierra negra, 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 Facultad de Ciencias Biológicas 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 siete semanas.

Para estimar el Índice de Germinación (IG) para cada tratamiento 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.

En octubre de 2015, de las plántulas obtenidas en cada tratamiento que estuvieran erguidas y presentaran tres espinas se eligieron aleatoriamente 10 y mensualmente durante cuatro meses se midió su altura con un vernier digital marca Mitutoyo con una precisión de 0.01 mm.

Con la finalidad de determinar el posible efecto de la escarificación, la edad de las semillas y el sustrato en el porcentaje y en el Índice de Germinación, los datos se sometieron a análisis de varianza factorial de bloques aleatorios, con ocho niveles para la edad de las semillas, cuatro para la escarificación y dos para el sustrato; en el caso del crecimiento de las plántulas sólo se consideraron el tratamiento pregerminativo y el sustrato debido a la escasez de ellas para las diferentes edades; a los porcentajes de germinación de semillas se les aplicó la transformación angular para cubrir los supuestos de normalidad (Zar 2010). Se realizaron pruebas de Tukey para determinar las diferencias entre los promedios de cada grupo. Los análisis se efectuaron con el programa Statistica ver. 7.

Resultados

Al final del experimento el porcentaje de germinación obtenido con el tratamiento de agua a 50 °C/3 min, mostró el valor más alto $52.02\% \pm 3.58$, (media \pm EE), seguido del registrado en el tratamiento de 4°C/2 semanas y del testigo ($48.90\% \pm 3.43$ y $45.70\% \pm 3.25$ respectivamente); mientras que el menor valor ($30.12\% \pm 3.95$) se presentó en las semillas que se sometieron a inmersión en ácido sulfúrico/1.5 min.

El tratamiento y la edad de la semilla son factores que afectan significativamente la germinación en *M. mystax* ($F_{(3,128)} = 11.44$,

$P=0.000$; $F_{(7,128)} = 18.59$, $P=0.000$ respectivamente); mientras que el sustrato ($F_{(1,128)} = 0.15$; $P= 0.69$), y la interacción entre los factores no provocaron variación en la respuesta germinativa. La prueba de Tukey demostró que no existen diferencias significativas entre el testigo, el agua a 50 °C/3 min y el frío (4 °C/2 semanas) registrándose valores mayores a 45%; mientras que, en el ácido sulfúrico/1.5 min la germinación fue menor (30.12%) y difiere significativamente con respecto a la obtenida en los otros tratamientos (Fig. 1).

Para las semillas con edad de 11 años el porcentaje de germinación resultó igual

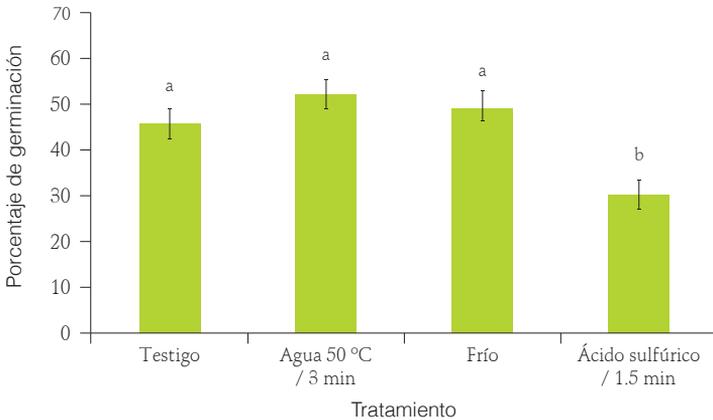


FIGURA 1. Porcentajes de germinación promedio registrados para diferentes tratamientos pregerminativos aplicados a semillas de *Mammillaria mystax*. Letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

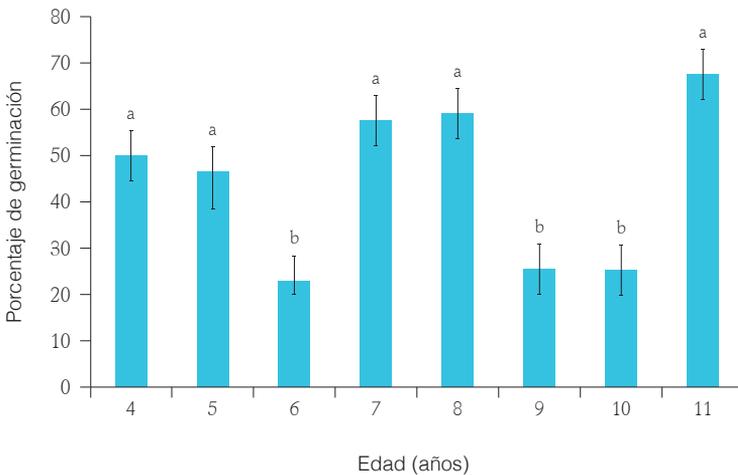


FIGURA 2. Porcentajes de germinación promedio registrados para semillas de *Mammillaria mystax* de diferentes edades de almacenaje. Letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

a $67.45\% \pm 5.4$ (media \pm EE) y no difiere significativamente del porcentaje registrado para las de 7 y 8 años (57.60 ± 4.42 y $58.97\% \pm 5.02$ respectivamente). Estas últimas tampoco mostraron variación significativa con las de 4 y 5 años ($49.71\% \pm 3.06$ y $46.47\% \pm 3.67$); mientras que, las semillas de 6, 9 y 10 años de edad, presentaron los porcentajes de germinación más bajos (22.79 ± 3.41 , 25.42 ± 3.97 y $25.09\% \pm 3.83$ respectivamente); en este caso si se observaron diferencias significativas con respecto a los otros grupos de edad (Fig. 2).

Después de una semana de haber sembrado las semillas en todos los tratamientos

se registró germinación. Los tratamientos pregerminativos y la edad mostraron efectos significativos en el Índice de Germinación de las semillas de *M. mystax* ($F_{(3,128)} = 4.52, P = 0.004$; $F_{(7,128)} = 20.77, P = 0.000$ respectivamente). El sustrato ($F_{(1,128)} = 0.10; P = 0.75$), y la interacción entre los factores no provocaron variación en esta variable. La velocidad de germinación de las semillas del grupo testigo no difiere significativamente de las que se sumergieron en agua a $50\text{ }^\circ\text{C}/3\text{ min}$, ni de las sometidas a $4\text{ }^\circ\text{C}/2\text{ semanas}$ (5.77 ± 0.56 ; 6.08 ± 0.57 y 6.19 ± 0.70 semillas/día respectivamente); a diferencia de las semillas que se trataron

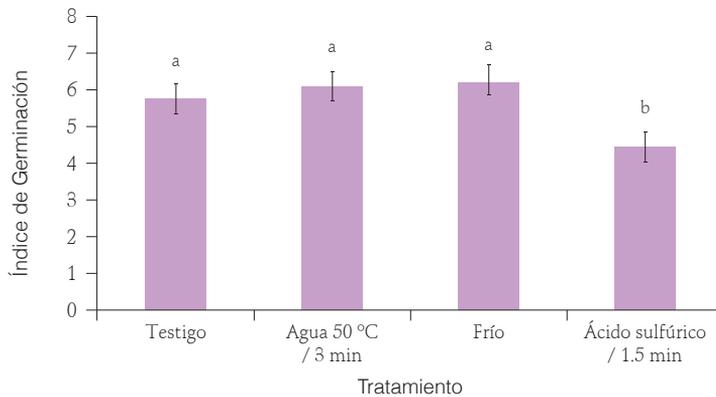


FIGURA 3. Índices de Germinación promedio registrados para semillas de *Mammillaria mystax* al someterlas a diferentes tratamientos pregerminativos. Letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

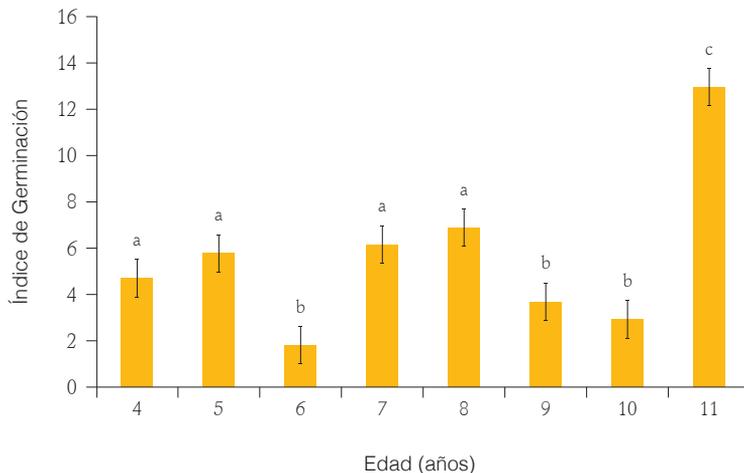


FIGURA 4. Índices de Germinación promedio registrados para semillas de *Mammillaria mystax* de diferentes edades. Letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

con ácido sulfúrico/1.5 min que germinaron más lentamente (4.44 ± 0.79 semillas/día) (Fig. 3).

Las semillas de 11 años germinaron más rápido (12.95 ± 1.14 semillas/día), seguidas de las de 4, 5, 7 y 8 años con valores entre 4.70 ± 0.44 y 6.87 ± 0.58 semillas/día; mientras que, las que permanecieron almacenadas durante 6, 9 y 10 años germinaron más lento (1.83 ± 0.32 ; 3.70 ± 0.85 y 2.91 ± 0.58 semillas/día respectivamente) (Fig. 4).

La altura media observada en las plántulas mostró diferencias en función del sustrato donde se cultivaron ($F_{(1,72)} = 4.405$, $P = 0.039$) en tierra negra se registró un promedio de 9.97 ± 0.33 mm, en contraste las que se colocaron en tierra de hoja presentaron valores mayores (11.11 ± 0.42 mm). (Foto 2).

El tratamiento pregerminativo ($F_{(3,72)} = 1.068$; $P = 0.36$), y la interacción entre los factores ($F_{(3,72)} = 0.589$; $P = 0.62$) no provocaron variación en la altura de las plántulas de *M. mystax*.

Discusión

En el presente estudio los resultados mostraron que la aplicación de ácido a las semillas de *M. mystax* no induce la germinación como se había registrado para la misma especie (Navarro *et al.* 2010). Estos resultados son similares a los registrados en *M. pectinifera*, *Ferocactus robustus* y *M. huitzilopochtli* (Navarro & Deméneghi 2007; Navarro & González 2007; Flores-Martínez *et al.* 2008), lo que sugiere que probablemente en condiciones naturales las semillas de estas especies no requieren del tránsito por el tracto digestivo de herbívoros para inducir su germinación (Rosas-López & Collazo-Ortega 2004), a diferencia de lo

observado en semillas de *M. kraehenbuehlii* en las que se ha mostrado que la aplicación de ácido sulfúrico al 90%/5 min seguido de ácido giberélico (GA₃) a 10 ppm y de nitrato de potasio al 1% por 4 horas, favoreció su capacidad germinativa hasta 91.6% (Flores-Martínez *et al.* 2002). Algo similar ocurre en las semillas de *M. haageana* y *M. zephyranthoides* al someterse a ácido sulfúrico concentrado, logrando el 98% y el 52% de germinación, respectivamente (Genis 2002; Navarro & Juárez 2006). Los porcentajes de germinación observados para estas especies sugieren que la aplicación de ácido sulfúrico promueve la germinación como se ha mostrado en semillas de *Ferocactus peninsulæ*, *Melocactus violaceus*, *Echinocactus grusonii*, *E. platyacanthus* var. *visnaga*, *Astrophytum myriostigma* y *Corryocactus melanotrichus* (Romero-Schmidt *et al.* 1992; Cortés-Figueira *et al.* 1994; De la Rosa-Ibarra & García 1994; Sánchez-Salas *et al.* 2006; Larrea-Alcázar & López 2008), debido a que debilita la testa de las semillas, permitiendo la entrada de agua y el intercambio de gases, lo que posiblemente induce la maduración del embrión y la emergencia de la radícula (Pérez 2002).

Por otra parte, al no presentarse diferencia en la germinación entre las semillas tratadas con diferentes temperaturas y el grupo testigo, se sugiere que las semillas de *M. mystax* no requieren de estratificación para que se inhiban los factores que determinan la germinación, quizá estas semillas presentan algún mecanismo de latencia fisiológica que no puede ser eliminado con las variaciones térmicas (Flores & Jurado 2011), a diferencia de lo observado en semillas de *Astrophytum myriostigma* y de *Pseudomitrocereus fulviceps* donde las bajas temperaturas (5°C/12 horas; 4°C/1 sema-

na) promueven la germinación en 92% y 62.50 % respectivamente (Flores & Jurado 2011; Navarro *et al.* 2015). Posiblemente en estas últimas especies la estratificación sea determinante para inducir la maduración del embrión o inhibir las sustancias que impiden la germinación (Bewley & Black 1985; Vázquez- Yanes *et al.* 1997).

El proceso de germinación difiere entre las especies debido a que sus requerimientos también resultan distintos, se ha observado que en algunas de ellas, 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 los bajos porcentajes de germinación observados en este trabajo para las semillas de *M. myxtax* fueron determinados por alguno de los factores mencionados.

La capacidad de germinación de las semillas de *M. mystax* empleadas en este estudio no disminuye con la edad, ni se incrementa con el transcurso del tiempo, lo que sugiere que la edad de las semillas de esta especie, no tiene influencia en el porcentaje de germinación, debido posiblemente al largo período de tiempo que permanecieron almacenadas, provocando una inhibición diferencial de la latencia antes de ser usadas en los experimentos de germinación (Baskin & Baskin 2014) como sucede con las semillas de *Cereus griseus* que son latentes y cuando se almacenan en seco durante ocho semanas pierden la latencia (Williams & Arias 1978), situación que contrasta con otras especies de *Mammillaria* en las que se ha observado

que la viabilidad de sus semillas se pierde en el transcurso del tiempo, como ocurre en *M. oteroi*, *M. huitzilopochtli*, *M. monticola* y *M. pectinifera*, las cuales para que germinen las semillas deben de utilizarse el mismo año en que son colectadas debido a que se ha sugerido que su viabilidad es limitada y no presentan mecanismos de latencia (Trejo-Hernández & Garza-Castillo 1993; Flores & Manzanero 2003; Burguete-Ruíz & Navarro 2004; Martínez *et al.* 2004; Navarro & Deméneghi 2007). Para otras especies la capacidad de germinación aumenta al pasar el tiempo (Trejo-Hernández & Garza-Castillo 1993), como sucede en semillas de 17 meses de *M. haageana* (Genis 2002), debido a que poseen latencia fisiológica.

Los resultados obtenidos en el presente estudio posiblemente estén relacionados con el origen de las semillas, dado que las que se utilizaron en el experimento se adquirieron de plantas de invernadero, tal vez el manejo *ex situ* de las semillas afectó su longevidad, madurez y viabilidad (Roberts 1972; Stein *et al.* 1974; Fearn 1981; Baskin & Baskin 2014) y se puede intuir que en estas condiciones las semillas de *M. mystax* no pierden viabilidad con el transcurso del tiempo.

Se ha observado que en algunas semillas el tegumento puede estar suberizado o impregnado de sustancias diversas que lo hacen impermeable al agua y el oxígeno, y la inmersión en agua caliente, permite que las membranas se ablanden y ocasiona una rápida germinación (Sánchez-Venegas 1997; Sánchez - Salas *et al.* 2006; Baskin & Baskin 2014), lo anterior no ocurre en las semillas de *M. mystax*, pues germinaron entre 5.77 y 6.19 semillas/día. Estos valores son menores a los observados para las semillas de *M. plumosa* y *M. prolifera* (6.71 y 7.02 respectivamente) cuando no se sometieron



FOTO 2. Plántula de *Mammillaria mystax* cultivada en sustrato de tierra de hoja en el invernadero de la Colección de Cactáceas y Suculentas de Puebla “Helia Bravo-Hollis” de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

a tratamientos germinativos (Salas-Cruz 2014). Posiblemente la velocidad de germinación de las semillas de *M. mystax* no está determinada por las oscilaciones térmicas y parece ser que la inmersión en ácido sulfúrico la retrasa pues solo germinaron 4.44 semillas/día.

El IG para la edad de las semillas de *M. mystax* resultó muy variable (1.83 a 12.95 semillas/día), en las semillas de 7 y 8 años de almacenaje se registraron valores similares a los obtenidos para la misma especie (6.44 semillas/día) en semillas con un año de almacenaje (Navarro *et al.* 2010). Se ha mencionado que el tiempo transcurrido para la germinación resulta afectado por la edad de las semillas y el ambiente, además de que es un carácter heredable propio de cada especie o incluso de una variedad (Parraguirre *et al.* 1993), quizá esta sea la causa de la amplia variación observada en el IG para las semillas de *M. mystax*.

El tipo de sustrato no influye en la germinación de *M. mystax*, de manera similar a lo que sucede en *Echinocactus platyacanthus*; al parecer las semillas de estas especies ger-

minan independientemente de las características del sustrato. La mezcla cacahuatillo, arena combinada con tierra de hoja o tierra negra presenta la porosidad y humedad necesarias para permitir la aeración y facilitar el drenaje (Hartmann *et al.* 1977; Zamora *et al.* 2005; Cruz *et al.* 2010), difiriendo de lo observado para semillas de *Myrtillocactus geometrizans* que escasamente germinan en sustrato de tierra negra debido al exceso de humedad y deficiente aeración (Hernández-López *et al.* 2008); sin embargo, el sustrato determina el crecimiento de las plántulas de *M. mystax*; en el que contenía tierra de hoja fueron más altas, quizá la materia orgánica presente en este tipo de sustrato sea un factor determinante en su crecimiento (Burés 1997). Adicionalmente al mezclar la tierra de hoja con cacahuatillo y arena se genera un incremento en la aeración y la retención de agua que posiblemente puedan favorecer el crecimiento de la raíz de las plántulas de *M. mystax* (Bastida 2002). A diferencia de las plántulas de *Pachycereus pecten-aboriginum* y *Pachycereus pringlei* que crecen mejor en sustrato de tierra negra (Tejeda-Corona *et al.* 2009).

Las semillas de *Mammillaria myxtax* no requieren ser sometidas a tratamientos pregerminativos para inducir su germinación, la edad de las semillas no es un factor que determina su capacidad germinativa y se obtienen plántulas con mayores alturas en sustrato de tierra de hoja, consecuentemente la reproducción *ex situ* puede ser una alternativa viable para la propagación de la especie.

Agradecimientos.

Los autores reconocen la valiosa colaboración de Luis Manuel Martínez Martínez, sin la cual el trabajo no hubiera sido posible.

Literatura citada

- Anderson EF. 2001. *The Cactus Family*. Timber Press. Portland, Oregon, USA.
- Arias S, Gama S & Guzmán U. 1997. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Fascículo 14. Cactaceae. Instituto de Biología. UNAM. México, D. F.
- Arias S, Gama-López S, Guzmán-Cruz LU & Vázquez-Benítez B. 2012. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Fascículo 95. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F.
- Arias-Toledo A, Valverde T & Reyes J. 2000. *Las Plantas de la región de Zapotitlán Salinas, Puebla*. Instituto Nacional de Ecología. Red para el Desarrollo Sostenible, A.C. UNAM. México, D.F.
- Baskin C & Baskin JM. 2014. *Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press. San Diego U.S.A.
- Bastida TA. 2002. *Los sustratos hidropónicos. Materiales para cultivo sin suelo. Agribot*. Preparatoria Agrícola. UACH. México, D.F.
- Benítez-Rodríguez J, Orozco-Segovia A & Rojas-Aréchiga M. 2004. Light effect on seed germination on four *Mammillaria* species from Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central Mexico. *Southwest Nat* **49**:11-17.
- Bewley JD & Black M. 1985. *Seeds: Physiology of development and germination*. Plenum Press. New York.
- Bowers JE. 2000. Does *Ferocactus wislizenii* (Cactaceae) have a between-year seed bank. *J Arid Environ* **45**:197-205.
- Bunt AC. 1988. *Media and mixes for container-grown plants*. Unwin Hyman. Gran Bretaña.
- Burés S. 1997. *Sustratos*. Ediciones Agrotécnicas. Madrid, España.
- Burguete-Ruíz, DA. & Navarro MC. 2004. Estudios preliminares de germinación en *Mammillaria monticola*, página 168. En Memorias de IV Congreso Mexicano y III Latinoamericano y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas. Guadalajara, Jalisco, México.
- Butterworth CA & Wallace RS. 2004. Phylogenetic studies of *Mammillaria* (Cactaceae) - insights from chloroplast sequence variation and hypothesis testing using the parametric bootstrap. *Am J Bot* **91**:1086-1098.
- Casado B & Soriano J. 2010. Fruiting, frugivory and dispersal of the globular cactus *Melocactus schatzlii* in the semiarid enclave of Lagunillas, Mérida, Venezuela. *Ecotrópicos* **23**:18-36.
- Cortés-Figueira JE, Vasconcellos-Neto J, García MA & Teixeira de Souza AL. 1994. Saurocory in *Melocactus violaceus* (Cactaceae). *Biotropica* **26**:295-301.
- Cruz-Crespo E, Sandoval-Villa M, VolkeHaller V, Ordaz-Chaparro V, Tirado-Torres JL & Sánchez-Escudero J. 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. *Terra latinoamericana* **28**:219-229.
- De la Cuadra C. 1993. *Germinación, latencia y dormición de las semillas: Dormición de las avenas locas*. Ministerio de Agricultura pesca y desarrollo agrario. Secretaria General de Estructuras Agrarias. Hojas divulgadoras. Núm. 3/92. Madrid. España.
- De la Rosa-Ibarra M & García H. 1994. Estimulación de la germinación de cinco especies de cactáceas consideradas en peligro de extinción. *Phyton-Int J Exp Bot* **56**:147-150.
- Delgado AE. 2007. Significancia taxonómica de los perfiles fenológicos de algunas especies de la familia *Cactaceae*. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Instituto Politécnico Nacional. Durango, México.
- Fearn B. 1981. Seed germination: the modern approach. *Cact Succ J* **43**:13-16
- Fenner M & Thompson K. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge University Press. UK.

- Flores J & Jurado E. 2011. Germinación de especies de cactáceas en categoría de riesgo del Desierto Chihuahuense. *Rev Mex Cienc For* **2**:59-70.
- Flores-Martínez A & Manzanero-Medina GI. 2003. Germinación comparativa de especies del género *Mammillaria* endémicas de Oaxaca, México. *Cact Suc Mex* **48**:36-51.
- 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.
- Flores-Martínez A, Manzanero-Medina GI, Martínez GC & Pacheco GS. 2002. Aspectos sobre la ecología y reproducción de *Mammillaria kraehenbuehlii* (Kraenzl) en la Mixteca de Oaxaca, México. *Cact Suc Mex* **47**:57-68.
- Flores-Martínez A, Manzanero-Medina GI, Rojas-Aréchiga M, Mandujano MC & Golubov J. 2008. Seed age germination responses and seedling survival of an endangered cactus that inhabits cliffs. *Nat Areas J* **28**:51-57.
- Genis MF & Manzanero-Medina GI. 2002. Estudio sobre germinación y crecimiento de plántulas en *Mammillaria haageana* y *Melocactus ruestii*. Tesis de licenciatura. Escuela de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, 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
- Hartmann HT, Kester DE, Davis FT & Geneve RL. 1977. *Plant propagation: principles and practices*. Six Edition. Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River U.S.A.
- Hernández HN & Godínez H. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Act Bot Mex* **26**:33-52.
- Hernández-López D, Vaillant F, Reynoso-Camacho R & Guzmán-Maldonado SH. 2008. *Myrtillocactus* (Cactaceae): Botanical, agronomic, physicochemical and chemical characteristics of fruits. *Fruits* **63**:269-276.
- IUCN 2012. IUCN Red list of Threatened species. <http://www.iucnredlist.org>, 12 May 2017.
- 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.
- López G, Rocha L, Cantú I & Martínez A. 2001. *Evaluación de tratamientos pregerminativos para la biznaga verde Echinocactus platycanthus Link et Otto*. Tercer Taller Regional de Cactáceas del Noreste de México. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Lustre SH, Manzanero-Medina GI & Vásquez AV. 2014. Atributos demográficos y reproductivos de *Pachycereus weberi* en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. *Cact Suc Mex* **59**:36-51.
- Mandujano MC, Montaña C & Rojas-Aréchiga M. 2005. Breaking seed dormancy in *Opuntia rastrera* from the Chihuahuan desert. *J Arid Environ* **62**:15-21.
- Martínez MD, López RFM, Flores-Martínez A & Manzanero-Medina GI. 2004. Evaluación de técnicas de propagación de *Mammillaria oteroi* Glass & Foster. *Naturaleza y Desarrollo* **2**:5-12.
- Matilla AJ. 2008. Desarrollo y germinación de semillas. En: J Azcón-Bieto & M. Talón (ed.). *Fundamentos de fisiología vegetal*. 537-558. Mc Graw Hill. Interamericana, Madrid, España.

- Muro PG. 2011. Asociaciones nodriza-protégida y germinación de cactáceas en Durango y Tamaulipas. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Nuevo León. México.
- Navarro MC & Deméneghi AP. 2007. Germinación de semillas y efecto de las hormonas en el crecimiento de *Mammillaria pectinifera*. *Zonas Áridas* **11**:233-239.
- Navarro MC & González EM. 2007. Efecto de la escarificación de semillas en la germinación y crecimiento de *Ferocactus robustus* (Pfeiff.) Britton & Rose (Cactaceae). *Zonas Áridas* **11**:195-205.
- Navarro MC & Juárez S. 2006. Evaluación de algunos parámetros demográficos de *Mammillaria zephyranthoides* en Cuautinchán, Puebla, México. *Zonas Áridas* **10**:74-83.
- Navarro MC, Cervantes O & Lázaro JO. 2008. Efecto de la escarificación de semillas en la germinación de dos especies de *Mammillaria*. *Zonas Áridas* **12**:97-105.
- Navarro MC, Saldivar S & Eliosa HR. 2010. Efecto de la escarificación y edad de las semillas en la germinación de *Mammillaria myxtax*. *Zonas Áridas* **14**:196-205.
- Navarro MC, Eliosa HR, González EM & Rodríguez RL. 2015. Efecto de tratamientos pregerminativos en la germinación de semillas y supervivencia de plántulas de *Pseudomitrocereus fulviceps*. *Cact Suc Mex* **60**:68-79.
- Nobel PS, De la Barrera E, Beilman DW, Doherty JH & Zutta BR. 2002. Temperature limitations for cultivation of edible cacti in California. *Madroño* **49**:228-236.
- Parraguirre C, Chavetas J & Camacho M. 1993. Germinación de semillas de especies de vegetación primaria y secundaria. *Rev Mex Cien For* **18**:3-19.
- Pérez F. 2002. Germinación y dormición de semillas. En: Sánchez A, Arroyo M & Navarro R. (ed.) *Material Vegetal de Reproducción: Manejo, Conservación y Tratamiento*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla, España.
- Ramos A. 2007. Estudio poblacional de *Mammillaria dixanthocentron* Becket. ex Mitran en el Valle de Cuicatlán, Oaxaca. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, México.
- Roberts EH. 1972. Dormancy: a factor affecting seed survival in the soil. En: Roberts EH (ed). *Viability of Seeds*. London: Chapman & Hall.
- Rojas-Aréchiga M. & Vázquez-Yanes C. 2000. Cactus seed germination: a review. *J Arid Environ* **44**:85-104.
- Rojas-Aréchiga M. & Batis A. 2001. Las semillas de cactáceas... ¿forman bancos en el suelo?. *Cact Suc Mex* **4**:76-82.
- Rojas-Aréchiga M. 2008. Efecto del ácido giberélico en la germinación de cuatro especies del género *Mammillaria* del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Bol Soc Latin Carib Cact Suc* **5**:21-23.
- Romero-Schmidt HL, Vega-Villasante F, Nolasco H & Montaña C. 1992. The effect of darkness, freezing, acidity and salinity on seed germination of *Ferocactus peninsulæ* (Cactaceae). *J Arid Env* **23**:389-395.
- Rosas-López, U. & Collazo-Ortega M. 2004. Conditions for the germination and the early growth of seedlings of *Polaskia chichipe* (Goss.) Backeberg and *Echinocactus platyacanthus* Link and Otto fa. *grandis* (Rose) Bravo-Hollis (Cactaceae). *Phyton* **73**:213-220.
- Ruedas M, Valverde T & Castillo S. 2000. Respuesta germinativa y crecimiento de plántulas de *Mammillaria magnimamma* (Cactaceae) bajo diferentes condiciones ambientales. *Bol Soc Bot Mex* **66**:25-35.
- Salas-Cruz. 2014. Aplicación de zeolitas en la propagación, aclimatación y reintroducción

- de cactáceas en dos zonas ecológicas del Noreste de México. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.
- Saldívar S & Navarro MC. 2012. Estudio demográfico de *Mammillaria mystax* en Cañada Morelos, Puebla, México. *Cact Suc Mex* **57**:47-63.
- Sánchez-Salas J, Flores J & Martínez-García E. 2006. Efecto del tamaño de semilla en la germinación de *Astrophytum myriostigma*. *Interciencia* **31**:371-37.
- Sánchez-Venegas G. 1997. Germinación, viabilidad y características distintivas de la semilla de *Opuntia joconostle* Weber, forma cuaresmero. *Cact Suc Mex* **42**:16-21.
- Scott S, Jones R & Williams W. 1984. Review of data analysis methods for Seed germination. *Crop Science* **24**:1129-1199.
- Soriano PJ, Naranjo ME, Rengifo C, Figuera M, Rondón M & Ruíz RL. 1999. Aves consumidoras de frutos de cactáceas columnares del enclave semiárido de Lagunillas, Mérida, Venezuela. *Ecotrópicos* **12**:91-100.
- Stein WF, Slabaugh PE & Plummer AP. 1974. Harvesting, processing, and storage of fruits and seeds. En: Schopmeyer CS. (ed.) *Seeds of Woody Plants in the United States*. Forest Service U.S. Department of Agriculture. Washington. U.S.A.
- Tejeda-Corona G, Rojas-Aréchiga M & Golubov J. 2009. Efecto de tres sustratos distintos en el establecimiento de plántulas de *Pachyocereus pringlei* y *Pachycereus pecten-aboriginum*. *Cact SucMex* **54**:113-122.
- Trejo-Hernández L & Garza-Castillo MR. 1993. Efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de semillas de *Mammillaria heyderi* Muchl. en cuatro sustratos. *Biotam* **5**:19-24.
- Vázquez-Yanes C, Orozco A, Rojas-Aréchiga M, Sánchez ME & Cervantes V. 1997. *La Reproducción de las Plantas: Semillas y Meristemas*. La ciencia para todos/157. Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Verdú, M & Traveset M. 2004. Bridging meta-analysis and the comparative method: a test of seed size effect on germination after frugivores' gut passage. *Oecologia* **138**:414-418.
- Williams PM & Arias I. 1978. Physioecological studies of plant species from the arid and semiarid regions of Venezuela. I. The role of endogenous inhibitors in the germination of the seeds of *Cereus griseus* (Haw.) Br. y R. (Cactaceae). *Acta Cient Venez* **29**:93-97.
- Zamora F, Pastor J & Rodríguez N. 2005. Cambios en la biomasa microbiana y la actividad enzimática inducidos por la rotación de cultivos en un suelo bajo producción de hortalizas en el estado Falcón, Venezuela. *Multiciencias* **5**:62-70.
- Zar JH. 2010. *Biostatistical analysis*. 5ta. Edition. Ed. Pearson Prentice Hall

Recibido: noviembre 2017; Aceptado: enero 2018.
Received: November 2017; Accepted: January 2018.

Lista de revisores durante 2017



Los editores de la revista *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* agradecen a los miembros del consejo editorial y a los siguientes árbitros que generosamente dieron su tiempo para la revisión de los manuscritos que fueron publicados durante el 2017.

- Dr. Salvador Arias – *Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM*
 Dr. Oscar Briones – *Instituto de Ecología, A.C*
 Dr. Alejandro Casas – *Instituto de Investigación en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM*
 Dr. Javier Caballero – *Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM*
 Dr. Israel Carrillo Angeles – *Universidad Autónoma de Querétaro*
 Dr. Fernando Chiang – *Instituto de Biología, UNAM*
 Dr. Luis Eguiarte Fruns – *Instituto de Ecología, UNAM*
 Dr. Arturo Flores Martínez – *Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN*
 Dra. Raquel Galván – *Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN*
 Dr. Roberto Kiesling – *Instituto Darwinion, Argentina*
 M. en C. Gladys Manzanero Medina – *CIIDIR, IPN, Unidad Oaxaca*
 Dr. Francisco Molina – *Instituto de Ecología, UNAM-Campus Hermosillo*
 Dr. Jafet Nassar – *Instituto Venezolano de Investigación Científica*
 Dr. Pablo Ortega Baes – *Universidad de Salta, Argentina*
 Dr. Francisco Roberto Quiroz Figueroa – *IPN, Unidad Sinaloa*
 Dra. Mariana Rojas Aréchiga – *Instituto de Ecología, UNAM*
 Dr. Humberto Suzán Azpiri – *Universidad Autónoma de Querétaro*

Asimismo, invitamos a la comunidad de expertos que estén interesados en participar en el proceso de revisión de manuscritos que versan sobre plantas suculentas a que envíen su currículum vitae y su área de especialización o interés a: mrojas@ecologia.unam.mx

Normas editoriales

(Instructions for authors)

Cactáceas y Suculentas Mexicanas es una revista trimestral de circulación internacional. Esta revista está disponible para toda contribución original científica o de divulgación sobre las cactáceas y otras plantas suculentas. La publicación contará con registro para asignar DOI en breve.

Texto

Presentarlo en hojas tamaño carta a doble espacio (incluyendo cuadros), con márgenes de 2.5 cm, numeradas consecutivamente, sin errores tipográficos, usando fuente Times New Roman de 12 puntos. Las contribuciones pueden ser en español o en inglés. Los nombres científicos para la familia Cactaceae, seguirán la nomenclatura de Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2003. *Catálogo de cactáceas mexicanas*. UNAM, Conabio. México, D.F. y para las crasuláceas: Meyrán J & López L. 2003. *Las crasuláceas de México*. Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. México, D.F. La nomenclatura de cactáceas y suculentas de otros países deben apegarse a Anderson (2001) y Hunt (2006). Los nombres científicos se anotarán con cursivas citando el género sin abreviar la primera vez que se mencione en el cuerpo del texto, las subsecuentes podrá abreviarse el género. Los encabezados de las secciones deberán estar en negritas y centrados. El texto deberá incluir los siguientes puntos: **Título.** **Autor(es):** Apellido y nombre (sin negritas) e indicar con superíndices numerados la referencia a la institución de adscripción y además con un asterisco el autor de correspondencia. El nombre y dirección del autor(es) debe incluirse como nota al pie de página, incluyendo el correo electrónico del autor(es) de correspondencia. **Resumen:** En español, máximo de 300 palabras. **Abstract:** En inglés debe proporcionar información detallada del trabajo, mencionando el objetivo, la especie y el sitio de estudio, breve metodología, resultados y conclusión. **Palabras Clave:** Máximo de seis, en ambos idiomas y ordenadas alfabéticamente, sin repetir palabras del título. **Introducción:** La introducción debe de mencionar las razones por las que se hizo el trabajo, la naturaleza de las hipótesis y los antecedentes esenciales. **Material y métodos:** Ésta sección debe de describir en suficiente detalle las técnicas utilizadas para que pueda ser repetido. Deberán incluirse descripción de la(s) especie(s) de estudio y del sitio del estudio y enviar fotografías de las especies, indicando el autor de cada foto. Los nombres científicos deberán escribirse completos con su autoridad, solo cuando

sea mencionados la primera vez (por ejemplo, *Astrophytum asterias* (Zucc.) Lem.), después se usará solo la inicial del género y el nombre completo de la especie (por ejemplo, *A. asterias*), a menos que se inicie un párrafo. **Resultados:** Los resultados deben enfocarse a los detalles importantes de los cuadros y figuras y describir los hallazgos más relevantes. **Discusión:** Debe de resaltar el significado de los resultados en relación a las razones por las que se hizo el trabajo y ponerlas en el contexto de otros trabajos. **Agradecimientos:** En forma breve. Literatura citada. Cuadros, figuras, fotos y encabezados de cuadros, pies de figura y pies de foto. Se debe usar el sistema internacional de medición (SI) con las siguientes abreviaturas: min (minutos), h (horas), d (días), mm (milímetros), cm (centímetros), m (metro(s)), km (kilómetro(s)), ha (hectarea(s)), ml (mililitro(s)), l (litro(s)); para los símbolos estadísticos se deben escribir de la siguiente manera: EE (error estándar), DE (desviación estándar), gl (grados de libertad), *N* (tamaño de muestra), *CV* (coeficiente de variación) y poner en cursivas los estimadores (p. ej. r^2 , prueba de *t*, *F*, *P*). Se deben usar las siguientes abreviaturas: m snm (metros sobre el nivel del mar), °C separado de la cifra numérica y latitud por ejemplo: 28° 57' 05.4" latitud N. Para abreviaturas poco frecuentes, aclarar el significado la primera vez que se mencionan en el texto (p. ej. K_m , K_i constante de Michaels y constante de inhibición, respectivamente). Enviar el texto en formato Word 6.0 o posterior, ASCII o RTF. Notas o reseñas de libros son bienvenidos, con una longitud máxima de 2000 (dos mil) palabras incluyendo el título de la publicación o la nota y la adscripción de los autores.

Cuadros, figuras y fotos

Cada cuadro, figura y fotografía debe de presentarse en una hoja nueva e ir numerado consecutivamente conforme se le hace referencia en el texto. Dentro del texto las citas aparecerán entre paréntesis como Cuadro número, Fig. número y Foto número (ejemplo, Fig. 2). La primera letra de cada entrada en cada columna o renglón de los cuadros debe ir en mayúscula.

Encabezados de cuadro, pies de figura y pies de foto

Deben contener información suficiente para entenderse sin ayuda del texto principal. Las especies (en letra cursiva) y los sitios de estudio deben escribirse sin abreviaturas. Cada tipo deberá enlistarse en hojas separadas a doble espacio siguiendo el formato: FIGURA o FOTO o CUADRO número, punto y enseguida el texto con mayúscula al inicio y con punto final.

Las fotografías, mapas e ilustraciones deberán mandarse en original. Los mapas, diagramas y otras ilustraciones se presentarán en hojas separadas, numeradas y en tinta negra (línea con un mínimo de 2 puntos). Las fotografías y las ilustraciones deben enviarse en formato electrónico con las siguientes características: formato Tiff de al menos 1200 dpi en tamaño media carta en el caso de las ilustraciones, y las fotografías en el mismo formato con una resolución mínima de 300 dpi a tamaño carta desde la digitalización. No se aceptará el material fotográfico o de imágenes insertadas en Word o en Power Point.

Literatura citada

La literatura citada en el texto debe de seguir el siguiente formato: un autor Buxbaum (1958), o (Buxbaum 1958), dos autores Cota y Wallace (1996) o (Cota & Wallace 1996), tres o más autores Chase *et al.* (1985) o (Chase *et al.* 1985). Referencias múltiples deben de ir en orden cronológico, separadas por punto y coma (Buxbaum 1958; Chase *et al.* 1985). La literatura citada deberá estar en orden alfabético según el siguiente formato:

Bravo-Hollis H & Sánchez-Mejorada H. 1991. *Las Cactáceas de México*. Vol 3. UNAM. D.F. México.

Buxbaum F. 1958. The phylogenetic division of the subfamily Cereoideae, Cactaceae. *Madroño* **14**:27-46.

Nolasco H, Vega-Villasante F & Díaz Rondero A. 1997. Seed germination of *Stenocereus thurberi* (Cactaceae) under different solar irradiation levels. *J. Arid Environ* **36**:123-132.

Milligan B. 1998. Total DNA isolation, páginas 29-36. En A. R. Hoelzel (ed.). *Molecular Genetic Analysis of Populations*. IRL Press. Oxford, England.

Arias S & Terrazas T. 2002. Filogenia y monofilia de *Pachycereus*, página 82. En Memorias de III Congreso Mexicano y II Latinoamericano y del

Caribe sobre cactáceas y otras plantas suculentas. Ciudad Victoria, Tamps. México.

Plascencia-López LMT. 2003. Biología reproductiva de *Opuntia bradtiana* (Cactaceae) en Cuatro Ciénegas, Coahuila. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.

IUCN 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened species. <http://www.iucnredlist.org>. Fecha de cuando se consultó la página de Internet.

Para citar un software: R Development Core Team. 2010. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

El nombre de las revistas se debe abreviar y en cursivas. Para verificar la abreviación del título de las revistas se debe consultar la siguiente página en red: <http://library.caltech.edu/reference/abbreviations/>

La revista *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* se deberá abreviar: *Cact Suc Mex*

Los manuscritos deberán enviarse por correo electrónico o entregados en un disco o en USB a la Dra. María C Mandujano o Dra. Mariana Rojas-Aréchiga en el Instituto de Ecología, UNAM. Apartado Postal 70-275, Ciudad Universitaria, UNAM. México, D.F. 04510, México. Envíos electrónicos a los correos: mrojas@ecologia.unam.mx y mcmandujano@gmail.com

Los artículos sometidos deberán cumplir con las normas editoriales establecidas para ser sujetos a revisión. La publicación del artículo es gratuita si los autores cuentan con suscripción vigente a la Sociedad Mexicana de Cactología, A. C. El autor de correspondencia debe conservar una copia para cualquier aclaración. Los manuscritos serán revisados por dos académicos especializados en el área de investigación, designados por el comité editorial o el editor.

La Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. no proporciona sobretiros al(los) autor(es). A solicitud de los autores se pueden proporcionar copias electrónicas en formato PDF de los archivos correspondientes a su publicación. El comité editorial se reserva el derecho de rechazar cualquier contribución o solicitar al autor(es) modificaciones a su trabajo, así como hacer cambios menores en el texto sin consultar al(los) autor(es).

***Opuntia stenopetala* Engelm.**

Nombre común: Arrastradillo, Nopal serrano.



Planta de crecimiento bajo, rastrera con hábito arbustivo, sin un tronco definido, usualmente formando matorrales. Cladodios obovados u oblongos verde grisáceos, en ocasiones con tintes violáceos, de 10 a 25 cm de largo y cerca de 15 cm de ancho. Presentan aréolas elípticas a ovales distantes entre sí (de 1 a 3 cm), con fieltro blanco en los cladodios más jóvenes y que adquieren una coloración negra con el tiempo. Glóquidas abundantes, amarillas y rojizas, presentan tonos negruzcos con la edad. Espinas grises, de 2 a 6, con una longitud de 1.5 hasta 5 cm, subuladas con la base aplanada, divergentes y rectas en el borde de los cladodios, en el resto encorvadas. *Opuntia stenopetala* var. *inermis* no presenta espinas. Flores pequeñas que abren someramente, de 2.5 a 3 cm de largo, unisexuadas. Segmentos del perianto muy cortos y angostos, terminan en punta, de color rojo anaranjado. Estambres anaranjados que no sobrepasan el perianto, en las flores masculinas el estilo es abortado, el ovario puede o no desarrollarse. Ovario reducido cuando está presente, vacío o con pocos óvulos no funcionales en la base. Estilo de las flores femeninas de color anaranjado con la base verde, lóbulos del estigma amarillos, de 8 a 9. Pericarpelo de color verde grisáceo con tintes rojizos. Fruto globoso, dulce con funículos jugosos, de coloración rojiza, con areolas prominentes. Semillas café amarillentas, de aproximadamente 3 mm de diámetro (Scheinvar L. 2004, *Flora Cactológica del Estado de Querétaro*; Anderson 2001, *The Cactus Family*).

Esta especie se distribuye en altitudes de 1 200 a 1 400 m snm en el Desierto Chihuahuense desde Coahuila hasta Querétaro e Hidalgo, en los estados de Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas. Crece en suelos calizos en el matorral xerófilo micrófilo, matorral rosetófilo y bosque de juniperos, pinos y encinos (Scheinvar L. 2004, *Flora Cactológica del Estado de Querétaro*). Se reporta que la floración ocurre de marzo a junio y la fructificación a partir de julio (Orozco 2012, Sistema reproductivo de *Opuntia stenopetala*. Tesis de Licenciatura. UNAM). No hay estudios ecológicos que informen sobre el estado actual de las poblaciones de *O. stenopetala*. Actualmente se ubica en la categoría de preocupación menor (Lc) (UICN 2017), por considerar que no está expuesta a ninguna amenaza importante.

Briseño-Sánchez Isabel

Lab. Genética y Ecología, Instituto de Ecología, UNAM, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510, Ciudad de México, México.

Correo electrónico: isabel.brisenosanchez@gmail.com