

# CACTÁCEAS y suculentas mexicanas



VOLUMEN 66 No. 1

ENERO - MARZO 2021

ISSN 0526-717X



# CACTÁCEAS y *suculentas mexicanas*

Volumen 66 No. 1  
Enero-marzo 2021

**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**  
Dra. Sonia Vázquez Santana  
Facultad de Ciencias, 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**  
Solicita la impresión bajo demanda al correo  
palabraenvuelo@yahoo.com.mx  
o al tel. 55-5271-3845

## SOCIEDAD MEXICANA DE CACTOLOGÍA, AC

**Presidenta Fundadora**  
Dra. Helia Bravo-Hollis †


**Fotografía de portada:**  
*Ferocactus robustus*  
L Eder Ortiz Martínez

*Cactáceas y Suculentas Mexicanas* es una revista trimestral de circulación internacional y arbitrada, publicada 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* 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, Aptdo. Postal 70-275, Cd. Universitaria, 04510, Ciudad de México, México.

Correo electrónico: [cactsucmex@ieciologia.unam.mx](mailto:cactsucmex@ieciologia.unam.mx)

## Suscripciones



*Cactáceas y suculentas mexicanas* únicamente se imprime bajo demanda. El costo por número es de \$230.00 mexicanos más gastos de envío. Se recomienda solicitar años completos o la suscripción anual para pagar un sólo envío. El costo de suscripción a la revista por un año completo es de \$1,040.00 para México e incluye envío. La suscripción y entrega en el Lab. Genética y Ecología, Instituto de Ecología, UNAM (Dra. Mariana Rojas) es de \$920.00. Solicitar el precio para el extranjero a los correos: [palabraenvuelo@yahoo.com.mx](mailto:palabraenvuelo@yahoo.com.mx) y [mrojas@ecologia.unam.mx](mailto:mrojas@ecologia.unam.mx).

- 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: BCMRMXMMMPYM.
  - Mediante PayPal enviar a la cuenta con el correo: [palabraenvuelo1@gmail.com](mailto:palabraenvuelo1@gmail.com)
- Enviar comprobante de pago a los correos: [mrojas@ecologia.unam.mx](mailto:mrojas@ecologia.unam.mx) y [palabraenvuelo@yahoo.com.mx](mailto:palabraenvuelo@yahoo.com.mx)

*Cactáceas y suculentas mexicanas* exclusively prints on demand. We recommend the full year subscription to pay a single shipment. For prices and shipping rates to your country contact the following email addresses: [palabraenvuelo@yahoo.com.mx](mailto:palabraenvuelo@yahoo.com.mx) and [mrojas@ecologia.unam.mx](mailto:mrojas@ecologia.unam.mx).

- 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: BCMRMXMMMPYM.
- For payment via PAYPAL, send the paid amount to [palabraenvuelo1@gmail.com](mailto:palabraenvuelo1@gmail.com), then send proof of payment to [mrojas@ecologia.unam.mx](mailto:mrojas@ecologia.unam.mx) and [palabraenvuelo@yahoo.com.mx](mailto: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](http://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.

*Cactáceas y Suculentas Mexicanas* agradece la edición y el financiamiento de esta publicación a los suscriptores y al Dr. Jorge Meyrán.

# CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 66 No. 1 enero - marzo 2021

## Contenido

<b>Abundancia y distribución vertical de los cactus epífitos <i>Rhipsalis baccifera</i> (J. Miller) Stearn y <i>Selenicereus spinulosus</i> (DC.) Britton &amp; Rose en la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas</b> de la Rosa-Manzano E, Aguilar-Dorantes KM, Arellano-Méndez LU & Torres-Castillo JA.....	4
<b>Efecto de la condición de almacenamiento en la viabilidad y germinación de semillas de <i>Ferocactus robustus</i> (Link y Otto)</b> Flores-Martínez A & Trujillo Tovar A .....	14
<b>Lista de revisores durante 2020 .....</b>	29
<b>Normas editoriales.....</b>	30
<b><i>Kalanchoe delagoensis</i> Eckl. &amp; Zeyh.</b> Aranda Pineda JA.....	32

## Contents

<b>Abundance and vertical distribution of the epiphytic cactus <i>Rhipsalis baccifera</i> (J. Miller) Stearn and <i>Selenicereus spinulosus</i> (DC.) Britton &amp; Rose</b> de la Rosa-Manzano E, Aguilar-Dorantes KM, Arellano-Méndez LU & Torres-Castillo JA.....	4
<b>Storage effect in the viability and germination of seeds of <i>Ferocactus robustus</i> (Link &amp; Otto)</b> Flores-Martínez A & Trujillo Tovar A .....	14
<b>List of reviewers during 2020.....</b>	29
<b>Instructions for authors .....</b>	30
<b><i>Kalanchoe delagoensis</i> Eckl. &amp; Zeyh.</b> Aranda Pineda JA.....	32

# Abundancia y distribución vertical de los cactus epífitos *Rhipsalis baccifera* (J. Miller) Stearn y *Selenicereus spinulosus* (DC.) Britton & Rose en la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas

de la Rosa-Manzano Edilia<sup>1\*</sup>, Aguilar-Dorantes Karla María<sup>2</sup>, Arellano-Méndez Leonardo Uriel<sup>1</sup> & Torres-Castillo Jorge Ariel<sup>1</sup>

## Resumen

La distribución de las epífitas está dada por las condiciones microclimáticas que prevalecen en los bosques tropicales y subtropicales; además, son estructuralmente dependientes de los árboles hospederos. Se planteó evaluar la abundancia y distribución vertical de los cactus epífitos *Rhipsalis baccifera* y *Selenicereus spinulosus* en la selva baja caducifolia y el bosque mesófilo de montaña en la Reserva de la Biósfera El Cielo. Se trazaron 20 parcelas (400 m<sup>2</sup> cada una) y se tomaron datos de la altura a la que se encontraban los cactus epífitos en el hospedero, así como la identidad de los árboles hospederos. Se encontraron 343 individuos de ambas especies de estudio en el bosque mesófilo de montaña y 143 individuos en la selva baja caducifolia. *Rhipsalis baccifera* fue la especie más abundante en los dos sitios de estudio, la cual mostró una preferencia por la zona media de los hospederos. *Selenicereus spinulosus* siguió el mismo patrón de distribución vertical que *R. baccifera*. Estos resultados nos permiten entender el papel ecológico que juega cada una de las especies y que pueden ser utilizados en los programas de manejo y conservación.

**Palabras Clave:** abundancia, cactáceas, El Cielo, hospederos, zonas de Johansson.

## Abstract

Epiphyte distribution is influenced by the microclimatic conditions that prevail in tropical and subtropical forests. Furthermore, epiphytes are structurally dependent on host trees. The aim of this study was to evaluate the abundance and vertical distribution of the epiphytic cacti *Rhipsalis baccifera* and *Selenicereus spinulosus* in the dry deciduous forest and the tropical mountain cloud forest at El Cielo Biosphere Reserve. Twenty plots (400 m<sup>2</sup> each) were traced and the height at which the epiphytic cacti were found in the host was recorded, as well as the identity of the host trees. 343 individuals of both study species were found in the tropical mountain cloud forest and 143 individuals in the dry deciduous forest. *Rhipsalis baccifera* was the most abundant species in the two study sites, showing preference for the middle zone of the hosts. *Selenicereus spinulosus*

<sup>1</sup>Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Avenida División del Golfo Núm. 356, Colonia Libertad, Ciudad Victoria, 87019, Tamaulipas, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Avenida Universidad Núm. 1001, Colonia Chamilpa, Cuernavaca, 62209, Morelos, México.

\* Correo: ermanzano@uat.edu.mx

followed the same vertical distribution pattern as *R. baccifera*. These results allow us to understand the ecological role that plays each one of the species.

**Key Words:** abundance, Cactaceae, El Cielo, phorophyte, Johansson zones.

## Introducción

Las plantas epífitas crecen sobre las ramas y troncos de los árboles sin obtener de ellos nutrientes, por lo que el hospedero solo tiene la función de soporte (Benzing 1990). Las epífitas constituyen el 10% de todas las plantas vasculares del mundo (Gentry & Dodson 1987). Tienen gran importancia ecológica debido a que pueden encontrarse desde el tronco hasta la copa del dosel, lo que ofrece una gran variedad de nichos y recursos que son aprovechados por diversos grupos taxonómicos que van desde artrópodos, hasta anfibios y aves (Richardson *et al.* 2000; Barthlott *et al.* 2001). Además, estas especies contribuyen en los ciclos del agua y de los nutrientes, ya que pueden interceptar grandes cantidades de agua en los bosques tropicales nublados (Rhoades 1995; Nadkarni & Matelson 1991; Hietz 2010).

En el ambiente epífito, las plantas se enfrentan a una variación en las condiciones microambientales, tales como humedad, temperatura, intensidad de luz, velocidad del viento y evaporación, lo que condiciona el establecimiento y el desarrollo en diversos sitios del mismo dosel (Gentry & Dodson 1987; Zotz & Andrade 2002; Benzing 1995; Martínez-Meléndez *et al.* 2008). Otro factor importante que condiciona la distribución de las epífitas es la estructura y el tamaño de los hospederos (e.g. el grosor de las ramas, la posición, la inclinación y la composición y acumulación del suelo) que puede contribuir a una diversidad adicional (Benzing 1990; Woods 2017; Victoriano-Romero *et*

*al.* 2019) y determinar su producción de biomasa (Benzing 1990).

Las epífitas presentan una distribución vertical sobre los hospederos que principalmente se estudia por el método de distribución de Johansson (Ter Steege & Cornelissen 1989; Krömer *et al.* 2007; Zotz 2007; Mora-Olivo *et al.* 2018), el cual divide al hospedero en cinco zonas verticales que representan distintos estratos del dosel; la zona I y II (base del tronco) donde se encuentran la mayor parte de las especies exclusivas y las zonas III, IV y V que forman la parte interior y central del dosel (Johansson 1974; Fig. 1); cabe mencionar que las

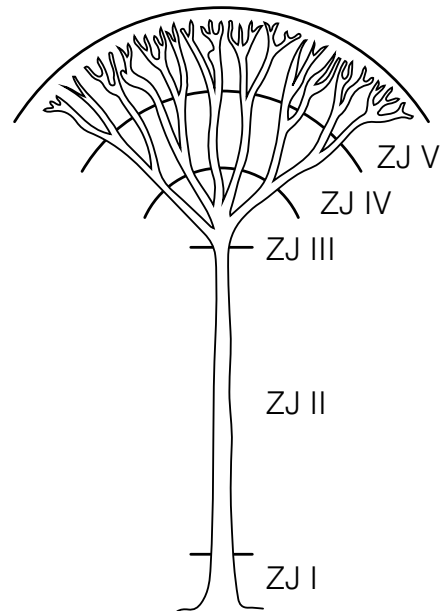


FIGURA 1. Zonas de distribución vertical de epífitas en el hospedero. ZJ (Zona Johansson). (Tomado y Modificado de Johansson 1974).

zonas III y IV es donde se encuentra la mayor abundancia y riqueza de las especies (Gentry & Dodson 1987, Zotz & Andrade 2002; Krömer *et al.*, 2007; Mora-Olivo *et al.* 2018). En estas dos últimas zonas, las epífitas encuentran las mejores condiciones microclimáticas (luz, temperatura y humedad) para su desarrollo; así como una mayor superficie para que las semillas aterricen y tengan mayor probabilidad de supervivencia (Benzing 1990).

Dentro del hábito epífita se encuentran diversas familias representadas principalmente por Orchidaceae, Bromeliaceae, Araceae, Polypodiaceae y en menor proporción por Cactaceae (Benzing 1990; Zotz 2013). En México se han reportado aproximadamente 1,813 especies de angiospermas epífitas, siendo los bosques nublados con 1,079 especies y el bosque de *Quercus* con 837 especies, los tipos de vegetación que albergan mayor riqueza (Espejo-Serna *et al.* 2021). Específicamente, para la familia Cactaceae se reportan 18 géneros con 164 especies epífitas donde los géneros más

representativos son: *Rhipsalis* (65 especies), *Epiphyllum* (21 especies) e *Hylocereus* (20 especies) (Benzing 1990). El presente estudio tiene como objetivo evaluar la abundancia de los cactus epífitos *Rhipsalis baccifera* y *Selenicereus spinulosus*, así como la distribución vertical de estas especies en los árboles hospederos en la selva baja caducifolia y el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México.

## Material y métodos

### Descripción de las especies

*Rhipsalis baccifera* es una cactácea que no presenta hojas, en su lugar cuenta con diminutas escamas cuyas areolas son muy pequeñas con setas deciduas (Bravo 1987); produce frutos blandos, pequeños (5-8 mm de diámetro), globosos, dulces y jugosos que suelen alimentar tanto a las aves como a los seres humanos (Facciola 1988). La dispersión de los frutos por medio de las aves incrementa la posibilidad de colonizar distintos microambientes en los árboles hospederos (Foto 1).



de la Rosa E

FOTO 1. Características morfológicas del cactus epífita *Rhipsalis baccifera*: flor (izquierda) y planta con frutos (derecha).



FOTO 2. Tallos y flores del cactus epífita *Selenicereus spinulosus*.

*Selenicereus spinulosus* presenta tallos de color verde claro de 4 a 6 costillas de 4-5 mm de alto y 5-9 mm de ancho en la base; areolas de 1-2 m de diámetro, distantes entre sí 1.5-2.5 cm; espinas radiales 7, 1-4 mm de largo, de las cuales las dos inferiores son más largas, subuladas, café, espina central 1, ca. 2 mm de largo, subulada, café (Bravo-Hollis 1978; Foto 2).

#### Sitio de estudio

La Reserva de la Biosfera El Cielo (RBC) comprende 144,000 ha en el norte de México. Se ubica en la Sierra Madre Oriental, una cordillera de gran complejidad ecológica e histórica (Halfpeter 1962). Las actividades humanas, como la deforestación y la agricultura, y los eventos naturales, como la caída múltiple de árboles,

causaron graves perturbaciones en la RBC antes de 1984, cuando la RBC fue declarada área natural protegida (Arriaga 2000). Actualmente, la agricultura de bajo impacto aún se practica en áreas adyacentes a la selva baja caducifolia (SBC) causando cierta perturbación (Vargas-Vázquez *et al.* 2019). Por otro lado, el bosque mesófilo de montaña (BMM) de la RBC representa el límite más norteño en la Sierra Madre Oriental (Halfiter 1962; Ponce-Reyes *et al.* 2012).

### Sitios de muestreo

Se muestrearon dos tipos de vegetación: a) la SBC (300-400 m snm) se caracteriza por un clima cálido y subhúmedo y está dominado por *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Casimiroa greggii* (S. Watson) F. Chiang, *Guazuma ulmifolia* Lam., *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) JF Macbr., *Aphanthe monoica* (Hemsl.) JF Leroy Sharp, *Cascabela thevetia* (L.) Lippold. y *Trema micrantha* (L.) Blume, entre otros, con alturas que van de 8 a 15 m; y, b) el BMM (800-1,600 m snm) se caracteriza principalmente por un clima cálido, y las especies de árboles comunes incluyen *Magnolia tamaulipana* A. Vázquez, *Quercus germana* Schlttdl. & Cham., *Q. sarorii* Liebm., *Podocarpus matudae* Lundell, *Acer skutchii* Rehder, *Cercis canadiensis* L., *Carpinus caroliniana* (Marshall) Fernald, *Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch, con alturas entre 18 y 25 m.

### Diseño experimental

Se muestrearon un total de 20 parcelas, de 400 m<sup>2</sup> cada una, donde 5 parcelas corresponden a la SBC y 15 a el BMM. El número de parcelas por tipo de vegetación se determinó según la cobertura de cada tipo de vegetación. Todas las parcelas se seleccionaron en áreas con una densidad relativamente alta de epífitas (p. ej., vegetación madura). En cada parcela se muestrearon árboles hospederos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 1 cm. Las características de los árboles hospederos, como

la altura y el DAP se midieron con un medidor de distancia (D210, Leica) y una cinta métrica, respectivamente; también se registró la identidad de las especies de los árboles. Las plántulas de las epífitas no se estudiaron por la dificultad para identificarlas, además tienen altas tasas de mortalidad (Winkler *et al.* 2005). Los individuos de los cactus epífitos agrupados se distinguieron como un solo individuo (*sensu* Sanford 1968; es decir, grupos de tallos agregados espacialmente). El muestreo a nivel de suelo se realizó con binoculares (EO-D102; óptica Eagle); y cuando los individuos estaban en las zonas más altas de los hospederos, se utilizó la técnica de escalada en cuerda simple (Perry 1978). Los ejemplares de los cactus epífitos *R. baccifera* (Foto 1) y *S. spinulosus* (Foto 2), y de los árboles hospederos fueron depositados en el herbario Francisco González Medrano del Instituto de Ecología Aplicada de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

### Análisis de datos

Los datos fueron analizados con el programa Statistica Ver. 10.0. Se aplicó una prueba de *Chi*<sup>2</sup> para comparar la abundancia de los cactus epífitos por tipo de vegetación. También se aplicó esta prueba para analizar la abundancia de cada cactus entre las zonas de Johansson. Para todos los análisis se consideró una  $\alpha < 0.05$ .

## Resultados

La abundancia absoluta de los cactus epífitos fue mayor en el bosque mesófilo de montaña (343 individuos) en comparación con la selva baja caducifolia (143 individuos). *Rhipsalis baccifera* fue notablemente más abundante que *S. spinulosus*, tanto en el bosque mesófilo de montaña ( $X^2 = 324$ ,  $P < 0.05$ ) como en la selva baja caducifolia ( $X^2 = 105$ ,  $P < 0.05$ ) (Fig. 2).



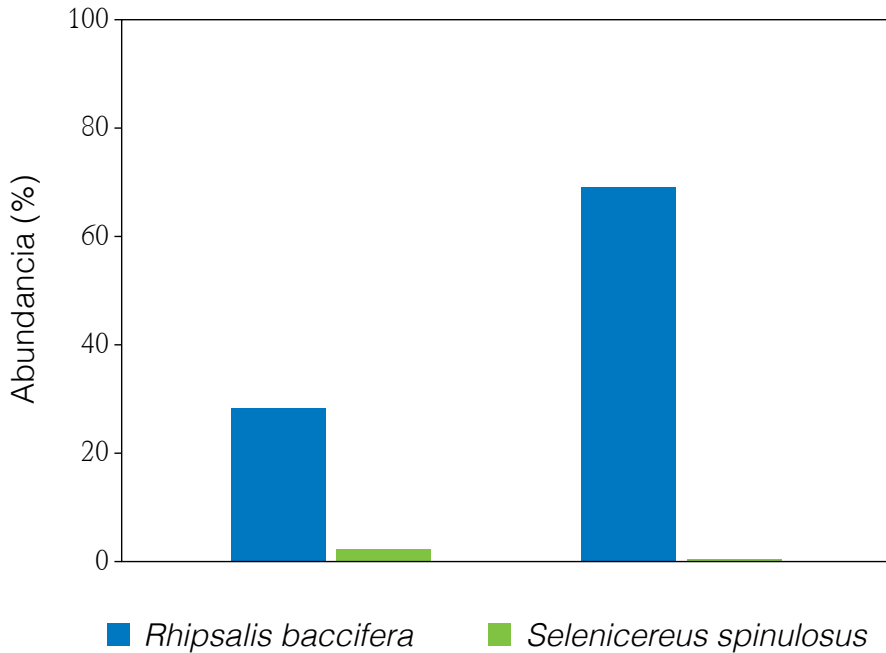


FIGURA 2. Abundancia de los cactus epífitos *Rhipsalis baccifera* y *Selenicereus spinulosus* en la selva baja caducifolia y el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas, México.

La abundancia del cactus *R. baccifera* mostró diferencias significativas entre las zonas de Johansson ( $\chi^2 = 151, P < 0.05$ ), siendo mayor en la zona de Johansson III (zona media de los hospederos), y menor en las partes más altas de los mismos (Fig. 3). De igual manera, la abundancia de *S. spinulosus* fue significativamente mayor en la zona de Johansson III ( $\chi^2 = 11.2, P < 0.05$ ), aunque solo se encontraron seis individuos en esa zona (Fig. 3).

## Discusión

La abundancia de los cactus epífitos fue mayor en el bosque mesófilo de montaña que en la selva baja caducifolia, la cual estuvo dada principalmente por *R. baccifera*. Esta especie es un elemento característico

de los bosques tropicales húmedos, como el bosque mesófilo de montaña (Zotz 2013), tanto en el nuevo mundo (en zonas tropicales y subtropicales de América) como en el viejo mundo (trópico de África, Madagascar y Sri Lanka) (Cota-Sánchez & Bomfim-Patricio 2010; Barthlott *et al.* 2015), lo que refleja su capacidad para colonizar distintos nichos ecológicos.

La distribución de los cactus epífitos en la zona media de los hospederos confirma la idea de que la distribución de las epífitas no es azarosa, sino que está correlacionada con las condiciones microambientales en esa zona del hospedero, tales como una mayor humedad, menor temperatura y ramas gruesas que ofrecen mayor área de colonización y estabilidad estructural (Zotz 2007; de la Rosa-Manzano *et al.* 2014). *Rhipsalis baccifera* produce grandes cantidades

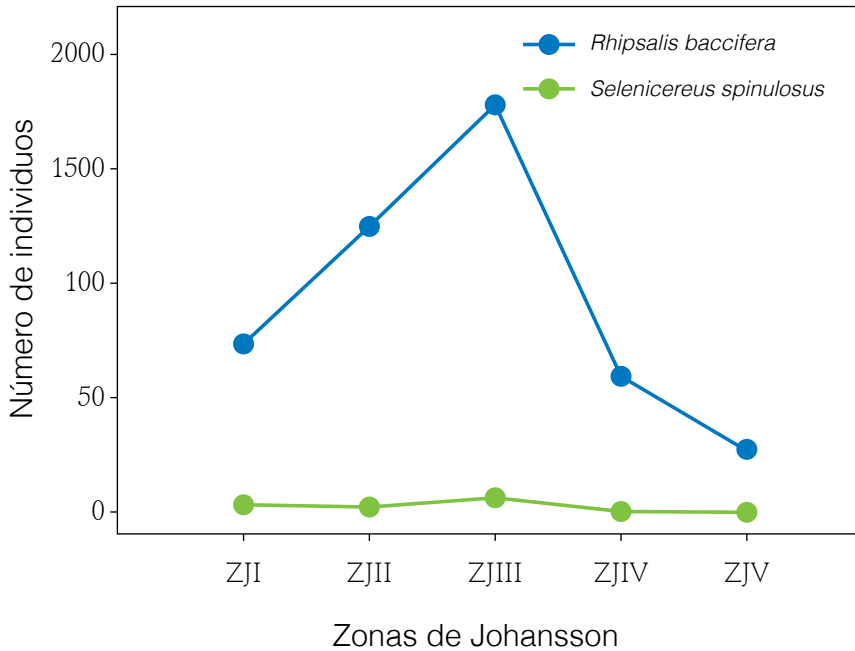


FIGURA 3. Distribución vertical de los cactus epífitos *Rhipsalis baccifera* y *Selenicereus spinulosus* en los hospederos de la selva baja caducifolia y el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas, México.

de frutos que son consumidos por aves, quienes dispersan sus semillas (Cruz-Angón & Greenberg 2005), lo cual podría contribuir a la mayor abundancia de esta especie en la zona media de los hospederos. Este patrón de distribución se ha encontrado en diversos grupos de epífitas (Benzing 1990, Nieder *et al.* 2000 Cervantes *et al.* 2005; de la Rosa-Manzano *et al.* 2017) y en distintos tipos de vegetación, incluyendo la selva baja caducifolia y el bosque de pino-encino de la reserva de la Biósfera El Cielo (de la Rosa-Manzano *et al.* 2017).

A pesar de que los cactus epífitos *R. baccifera* y *S. spinulosus* son especies resistentes a la sequía dadas sus adaptaciones xeromórficas como la baja densidad estomática, la suculencia de sus tejidos y la presencia del metabolismo ácido de las crasuláceas

(CAM, por sus siglas en inglés) (Benzing 1989), ambas especies presentaron poca abundancia en la SBC que fue el sitio más seco. Las especies CAM fijan el  $\text{CO}_2$  en la noche para disminuir la pérdida de agua por transpiración y prevenir la fotorrespiración, la cual es desfavorable durante la fijación de carbono (Benzing 1989); sin embargo, se ha encontrado que *R. baccifera* puede utilizar otros mecanismos para fijar el  $\text{CO}_2$  dependiendo de la disponibilidad de agua en el hábito epífito (de la Rosa-Manzano 2008), lo que apoya la amplia distribución de esta especie.

La baja abundancia de *S. spinulosus* y su limitación en la selva baja caducifolia de la Reserva El Cielo coincide con el estudio de Domínguez-Gómez *et al.* (2013), en donde reportan un solo individuo de esta es-

pecie en el matorral espinoso tamaulipeco. La distribución de *S. spinulosus* se restringe a Texas en E. U. A. y a Tamaulipas, Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo, Oaxaca y Chiapas en México, entre los 0 y 200 m snm (Bravo-Hollis 1978).

El conocimiento sobre la distribución de las especies en los distintos tipos de vegetación y en los árboles hospederos nos permiten entender el papel ecológico que juega cada especie, y a la vez, nos da la pauta para aplicar esos conocimientos en los programas de manejo y conservación de estas especies. Dada la baja abundancia de *S. spinulosus* en la Reserva El Cielo, posiblemente esta especie sea más vulnerable a la variación climática que experimentarán los bosques tropicales de acuerdo con los posibles escenarios del cambio climático (Ponce-Reyes *et al.* 2012); sin embargo, es necesario explorar estos aspectos.

### Literatura citada

- Arriaga L. 2000. Gap-building-phase regeneration in a tropical montane cloud forest of north-eastern Mexico. *J Trop Ecol* **16**:535-562.
- Barthlott W, Schmit-Neuerburg V, Nieder J. & Engwald S. 2001. Diversity and abundance of vascular epiphytes: a comparison of secondary vegetation and primary montane rain forest in the Venezuelan Andes. *Plant Ecol* **152**:145-156.
- Barthlott W, Burstedde K, Geffert JL, Ibisch PL, Korotkova N, Miebach A, Rafiqpoor MD, Stein A & Mutke J. 2015. Biogeography and biodiversity of cacti. *Schumannia* **7**:1-205.
- Benzing DH. 1989. The Evolution of Epiphytism, páginas 15-41. En Lüttge U (ed), *Vascular Plants as Epiphytes: Evolution and Ecology*. Springer-Verlag, Berlin.
- Benzing DH. 1990. *The Biology of Vascular Epiphytes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Benzing DH. 1995. Vascular epiphytes, páginas 225-254. En Lowman MD & Nadkarni NM (eds), *Forest canopies*. Academic Press, San Diego, CA.
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cervantes SE, Graham EA & Andrade JL. 2005. Light microhabitats, growth and photosynthesis of an epiphytic bromeliad in a tropical dry forest. *Plant Ecol* **179**:107-118.
- Cota-Sánchez JH & Bomfim-Patricio Mc. 2010. Seed morphology, polyploidy and the evolutionary history of the epiphytic cactus *Rhipsalis baccifera* (Cactaceae). *Polibotánica* **29**:107-12.
- Cruz-Angón A. & Greenberg R. 2005. Are epiphytes important for birds in coffee plantations? An Experimental Assessment. *J Appl Ecol* **42**:150-159.
- de la Rosa-Manzano E, Andrade JL, Zotz G, & Reyes-García C. 2014. Epiphytic orchids in tropical dry forests of Yucatan, Mexico -Species occurrence abundance and correlations with host tree characteristics and environmental conditions. *Flora* **209**:100-109.
- de la Rosa-Manzano E. 2008. Efecto de la luz y el agua en la germinación y fotosíntesis del cacto epífita *Rhipsalis baccifera* (J. S. Miller) Stearn del bosque nublado. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz.
- de la Rosa-Manzano E, Guerra-Pérez A, Mendietta-Leiva G, Mora-Olivo A, Martínez-Ávalos JG & Arellano-Méndez LU. 2017. Vascular epiphyte diversity in two forest types of "El Cielo" Biosphere Reserve, Mexico. *Botany* **95**:599-610.

- Espejo-Serna A, López-Ferrari AR, Mendoza-Ruiz A, García-Cruz J, Ceja-Romero J & Pérez-García B. 2021. Mexican Vascular Epiphytes: Richness and Distribution. *Phytotaxa* **503**:1-124.
- Facciola S. 1998. *Cornucopia II: A Source Book of Edible Plants*. Kampong Publications: Vista, CA, USA.
- Gentry AH & Dodson CH. 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Ann Miss Bot Gard* **74**:205-233.
- Domínguez-Gómez TG, González RH, Ramírez LRG, Estrada CAE, Cantú SI, Gómez MMV, Villarreal QJÁ, Alvarado MD & Alanís FG. 2013. Diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco durante las épocas seca y húmeda. *Rev Mex Cienc Forest* **4**:106-122.
- Halffter G. 1962. Preliminary explanation of the geographical distribution of the Mexican Scarabaeidae. *Acta Zool Mex* **5**:1-17.
- Hietz P. 2010. Ecology and ecophysiology of epiphytes in tropical montane cloud forests, páginas 67-76. En Bruijnzeel LA, Scatena FN & Hamilton LS (eds), *Tropical Montane Cloud Forests*. Science for conservation and management Cambridge. Cambridge University Press.
- Johansson DR. 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. *Acta Pharm Suec* **59**:1-136.
- Krömer T, Kessler M & Gradstein SR. 2007. Vertical stratification of vascular epiphytes in submontane and montane forest of the Bolivian Andes: the importance of the understory. *Plant Ecol* **189**:261-278.
- Martínez-Meléndez N, Farrera MA & Flores-Palacios A. 2008. Estratificación vertical y preferencia de hospederos de las epífitas vasculares en un bosque nublado de Chiapas, México. *Rev Biol Trop* **56**:2068-2086.
- Mora-Olivo A, Estrada-Castillón E, Pando-Moreno M, de la Rosa-Manzano E & Jurado E. 2018. Distribución vertical de epífitas y su filogenia en un bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas. *Rev Mex Cienc Forest* **9**:74-93.
- Nadkarni NM & Matelson TJ. 1991. Fine litter dynamics within the tree canopy of a tropical cloud forest. *Ecology* **72**:2071-2082.
- Nieder J, Engwald S, Klawun S & Barthlott W. 2000. Spatial distribution of vascular epiphytes (including hemiepiphytes) in a lowland Amazonian rain forest (Surumoni Crane Plot) of southern Venezuela. *Biotropica* **32**:385-396.
- Perry DR. 1978. Factors influencing arboreal epiphytic phytosociology in Central America. *Biotropica* **10**:235-237.
- Ponce-Reyes R, Reynoso-Rosales VH, Watson JEM, VanDerWal J, Fuller RA, Pressey RL & Possingham HP. 2012. Vulnerability of cloud forest reserves in Mexico to climate change. *Nature Clim Change* **2**:448-452.
- Richardson BA, Rogers C & Richardson MJ. 2000. Nutrients, diversity and community structure of two phytotelm systems in a lower montane forest, Puerto Rico. *Ecol Entomol* **25**:348-356.
- Rhoades FM. 1995. Nonvascular epiphytes in forest canopies: worldwide distribution, abundance, and ecological roles, páginas 353-408. En Lowman M. & Nadkarni NM. (eds), *Forest Canopies*, San Diego, CA. Academic Press.
- Sanford WW. 1968. Distribution of epiphytic orchids in semideciduous tropical forest in southern Nigeria. *J Ecol* **56**:697-705.
- Ter Steege H & Cornelissen C. 1989. Distribution and ecology of vascular epiphytes in lowland rain forest of Guyana. *Biotropica* **21**:331-339.



- Vargas-Vázquez VA, Venegas-Barrera CS, Mora-Olivo A, Martínez-Avalos JG, Alanís-Rodríguez E, & de la Rosa Manzano E. 2019. Variation in the abundance of timber trees by edge effect in a tropical sub deciduous forest. *Bot Sci* **97**:35-49.
- Victoriano-Romero E, García-Franco JG, Mehltreter K, Valencia-Díaz S, Toledo-Hernández V & Flores-Palacios A. 2019. Epiphyte associations and canopy soil volume: nutrient capital and factors influencing soil retention in the canopy. *Plant Biol* **22**:541-552.
- Winkler M, Hülber K, & Hietz P. 2005. Effect of canopy position on germination and seedling 580 survival of epiphytic bromeliads in a Mexican humid montane forest. *Ann Bot* **95**:1039-1047.
- Woods CL. 2017. Primary ecological succession in vascular epiphytes: the species accumulation model. *Biotropica* **49**:452-460.
- Zotz G & Andrade J. 2002. La ecología y fisiología de las epífitas y hemiepífitas, páginas 271-296. En Guariguata MR & Kattan GH (eds), *Ecología y conservación de bosques neotropicales San José*: Libro Universitario Regional del Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Zotz G. 2007. Johansson revisited: the spatial structure of epiphyte assemblages. *J Veg Sci* **18**:123-130.
- Zotz G. 2013. Hemiepiphyte: a confusing term and its history. *Ann Bot* **111**:1015-1020.

---

Recibido: enero 2021; Aceptado: febrero 2021.  
Received: January 2021; Accepted: February 2021.



# Efecto de la condición de almacenamiento en la viabilidad y germinación de semillas de *Ferocactus robustus* (Link y Otto)

Flores-Martínez Arturo\*<sup>1</sup> & Trujillo Tovar Adriana<sup>1</sup>

## Resumen

El establecimiento de nuevos individuos por medio de semillas es un componente fundamental en la dinámica de poblaciones de las plantas. La permanencia de semillas viables en el suelo en ambientes áridos es importante para sobrevivir periodos adversos y mantener la diversidad genética. En este estudio se evaluó la respuesta germinativa de las semillas de *Ferocactus robustus*, una cactácea clonal endémica de México, sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento. Se hizo un seguimiento de la respuesta germinativa de semillas almacenadas en laboratorio y enterradas en condiciones de campo en suelo bajo la copa de arbustos y por fuera de ella. Las diferencias en la germinación máxima obtenida y la velocidad de germinación se analizaron utilizando modelos de regresión no lineales. En general se encontró que la germinación de las semillas fue mayor cuando se mantuvieron enterradas en el suelo que almacenadas en condiciones de laboratorio. La germinación de semillas enterradas en campo aumentó durante los primeros meses para después comenzar a declinar. La velocidad de germinación mostró un comportamiento contrario, al principio disminuyó y comenzó a aumentar hacia el final del periodo evaluado. Los resultados obtenidos se discuten en el contexto de la posible existencia de un banco de semillas.

**Palabras clave:** Banco de semillas, cactáceas, dormancia, longevidad de semillas, Tehuacán.

## Abstract

The establishment of new individuals through seeds is a fundamental component in the dynamics of plant populations. The permanence of viable seeds in the soil in plants of arid environments is important to withstand adverse periods and maintain population genetic diversity. In this study, the germinative response of the seeds of *Ferocactus robustus*, a clonal cacti endemic to Mexico, subjected to different storage conditions, was evaluated. The germinative response of seeds stored in the laboratory and buried under field conditions in soil under and outside of the shrub canopy was monitored for almost a year. The differences in the maximum germination obtained and the speed of germination were analyzed using non-linear regression models. We found that seeds germination was higher when they were kept buried in the soil than when they were stored under laboratory conditions. The germination of seeds buried in the field increased during the first months and then began to decline. The germination rate showed the opposite behavior, at first it

<sup>1</sup>Departamento de Botánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Prolongación Carpio y Plan de Ayala. Casco de Santo Tomás. CP 11340. Ciudad de México, México.

\*Autor de correspondencia: afloresm@ipn.mx

decreased and began to increase towards the end of the evaluated period. The results obtained are discussed in the context of the possible existence of a seed bank.

**Keywords:** Cacti, dormancy, seed bank, seed longevity, Tehuacan.

## Introducción

Las cactáceas son un grupo de especies vulnerable tanto por las fuertes presiones antropogénicas como la conversión del uso del suelo para fines agropecuarios, su extracción para fines comerciales (Sánchez-Mejorada 1982) y por sus propias características biológicas, como su metabolismo tipo CAM, asociado a un crecimiento lento (Turner *et al.* 1966), reclutamiento intermitente (Jordan & Nobel 1981; Jordan & Nobel 1982) y limitado (Steenberg & Lowe 1969) así como ciclos de vida largos (Gibson & Nobel 1986).

La producción de nuevos individuos por medio de semillas es un proceso fundamental para mantener a las poblaciones y, en ese

sentido, la longevidad de las semillas es un elemento clave, ya sea para su renovación natural o para fines de conservación vía la propagación *ex situ*. El tiempo de vida de una semilla es finito, cuando la semilla se encuentra almacenada experimenta un deterioro o pérdida de vigor de manera progresiva (Bradford *et al.* 1993) a causa, por ejemplo, de daños a nivel celular y bioquímico que disminuyen la capacidad de síntesis de DNA y proteínas (Dell 'Aquila 1987); una de las consecuencias de ese daño es el incremento del tiempo requerido para la germinación (Delouche & Baskin 1973). La longevidad de una semilla depende de las condiciones que experimente durante su almacenamiento o permanencia en el suelo (Gutterman 1993),



Ortiz Martínez LE

FOTO 1. Individuo cespitoso de *Ferocactus robustus*.



FOTO 2. Plantas de *Ferocactus robustus* en floración y fructificación.

principalmente las condiciones de humedad y temperatura (Bradford *et al.* 1993).

La germinación y el establecimiento son dos procesos fundamentales en el ciclo de vida de las plantas (Harper 1977). En ambientes áridos, donde las temperaturas y la disponibilidad de humedad muestran alta variación intra e interanual, mantener semillas viables por largos periodos de tiempo (longevidad) y evitar la germinación cuando las condiciones no sean favorables (dormancia) son adaptaciones frecuentes en plantas que habitan este tipo de ambientes (Grime 1979) y determinan, en gran parte, la posible formación de un banco de semillas (Vleeshouwers *et al.* 1995; Baskin & Baskin 1998; Bowers 2000).

Factores ambientales como la temperatura, luz, fotoperiodo, humedad, cantidad mínima de lluvia, además de las propias barreras físicas y químicas que tienen las

semillas determinan la germinación (Guterman 1993). En los desiertos la respuesta de las plantas al ambiente está fuertemente influida por la ocurrencia de lluvia, la cual es impredecible en tiempo y cantidad, ocasionando que el periodo de tiempo adecuado para la germinación y el desarrollo de la plántula sea variable (Van Rheede *et al.* 1999). En este escenario, el éxito en el establecimiento estará fuertemente determinado por la respuesta que tenga la semilla a las condiciones ambientales locales (Bewley & Black 1978) germinando cuando éstas sean propicias para que el nuevo individuo logre establecerse (Nikolaeva 1977). Una semilla debe ser capaz de detectar claves ambientales como temperatura, luz y humedad (Fenner 1985) para “decidir” el momento adecuado para germinar. Este mecanismo (que involucra el cambio del estado del ciclo de vida más resistente, la semilla, al



más vulnerable, la plántula) es uno de los más importantes para la sobrevivencia de las plantas que se desarrollan en ambientes con alta variabilidad, como son los desiertos (Guterman 1993).

Los requerimientos para la germinación y el establecimiento de nuevos individuos de cactáceas que habitan los ambientes desérticos son muy específicos y requieren, frecuentemente, de un microhábitat que amortigüe las condiciones ambientales severas del desierto (Steenberg & Lowe 1969). Existe buena información sobre la germinación en cactáceas y los factores que la afectan (ver Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000). De los factores presentes en condiciones naturales se ha documentado que la presencia de especies nodriza (Valiente-Banuet & Ezcurra 1991; Godínez-Álvarez *et al.* 1999) u otras estructuras como las rocas (Peters *et al.* 2008) promueven la germinación y sobrevivencia de las plántulas. Las semillas que se encuentran en o cerca de la superficie del suelo son humedecidas por el rocío nocturno o la lluvia, lo que puede favorecer su longevidad al permitir que se repare el daño de las semillas asociado a su edad (Karssen *et al.* 1989). En ese sentido, tanto el tiempo que ha permanecido la semilla en el suelo, como las condiciones ambientales imperantes durante ese tiempo en el microhábitat donde se encuentra la semilla afectarán su capacidad germinativa.

Las semillas viables del suelo que mantienen la capacidad de germinar y establecerse constituyen el banco de semillas (Baskin & Baskin 1998). En cactáceas se ha reportado longevidad de semillas que van desde apenas un año hasta más de una década (ver Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000). Sin embargo, para que las semillas formen un banco y puedan permanecer

viables en el suelo bajo condiciones naturales son necesarias ciertas características fisiológicas, morfológicas y ecológicas (Thompson & Grime 1979; Baskin & Baskin 1998). Algunas características que permiten sugerir que una especie formaría un banco de semillas son, entre otras, el tamaño pequeño de la semilla que le permita no ser fácilmente vista y pueda escapar de la depredación (Kemp 1989; Thompson *et al.*, 1993), un requerimiento de luz para la germinación que impida la germinación cuando la semilla está enterrada (Pons 1991), el requerimiento de un periodo de post-maduración antes de poder germinar (Murdoch & Ellis 1992) y que presente ciclos anuales de dormancia/no-dormancia en respuesta a condiciones ambientales particulares (Baskin & Baskin 1998).

Algunos estudios sugieren que las cactáceas tienen el potencial de formar bancos de semillas persistentes (Bowers 2000; Montiel & Montaña 2003; Álvarez-Espino *et al.* 2014) al presentar algunas características asociadas a este comportamiento. Sin embargo, demográficamente la existencia de un banco de semillas mantiene una contribución reducida a la tasa de incremento de la población ya que ésta recae significativamente en la sobrevivencia de individuos reproductivos adultos (Godínez-Alvarez *et al.* 1999; Esparza-Olguín *et al.* 2002; 2005; Mendez *et al.* 2004; Valverde *et al.* 2004). Al margen de su importancia en la tasa de crecimiento poblacional, un banco de semillas es un reservorio de variabilidad genética de las poblaciones (Simpson *et al.* 1989), que puede tener profundas consecuencias para la persistencia y respuesta ecológica de la población (Pons 1991). La información sobre el flujo de entrada y salida de semillas del banco, tasa de muerte, depredación, germinación y en-

trada de nuevas semillas, su longevidad, los factores que inducen o rompen la dormancia y los que inducen la germinación resultan de suma importancia para comprender la ecología de las especies (Braadber 1988). De hecho, según Kemp (1989) el banco de semillas en el desierto y su relación con la vegetación es parte fundamental para el entendimiento de aquellos procesos por los cuales las plantas del desierto han llegado a adaptarse a su severo e incierto ambiente. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar si las condiciones de almacenamiento de las semillas de *Ferocactus robustus* afectan la longevidad y la respuesta germinativa de las semillas e interpretar esta información en el contexto de un posible banco de semillas para esta especie.

## Material y métodos

### Especie y sitio de estudio

*Ferocactus robustus* (Link y Otto) Britton y Rose es una cactácea globosa endémica del Valle de Tehuacán, Puebla; muy cespitosa que forman montículos que pueden medir de 3 a 5 m de diámetro (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991). *F. robustus* presenta flores todo el año, con un pico de floración en agosto y septiembre, aunque Piña (2000) reportó también para la población de Plan de Fierro un pico de floración en junio.

La población de estudio se localiza en Plan de Fierro, en el Municipio de San Juan Raya en el Valle de Tehuacán, Puebla. El clima es semiárido con lluvias de verano. La precipitación media anual es de 380 mm con una marcada sequía intraestival y con una temperatura media anual de 21 °C. (García 1981). La vegetación dominante es un matorral xerofito especies más conspicuas *Ferocactus robustus*, *Yucca periculosa*, *Prosopis laevigata*, *Beaucarnea gracilis*, *Hechtia podanta*, *Cercidium praecox* y *Mimosa luisana* (Piña 2000).

### Almacenamiento de las semillas y respuesta germinativa

Las semillas utilizadas se obtuvieron de frutos colectados al azar de la población bajo estudio en el mes de octubre. Los frutos fueron puestos a secar y posteriormente se extrajeron las semillas, las cuales se mezclaron para formar un solo lote que se utilizó para todos los experimentos. Los tratamientos consistieron en colocar semillas en tres condiciones diferentes, i) enterradas bajo la copa de arbustos (BA), enterradas fuera de la copa de arbustos (FA) y almacenadas en un recipiente a temperatura ambiente en oscuridad en el laboratorio de Ecología Vegetal de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB, IPN).

Para los tratamientos de enterramiento se hicieron lotes de 50 semillas dentro de bolsas de tela de organza; en total se enterraron 78 bolsas, 39 para cada condición; las bolsas se enterraron a dos centímetros de profundidad en condiciones de campo en un sitio semejante cercano (aproximadamente 5 km) a la población de estudio donde existía la seguridad de que se respetarían los experimentos. El arbusto seleccionado fue *Mimosa luisana* por ser uno de los más abundantes en la zona.

Las bolsas con las semillas se enterraron a finales de diciembre. Cada tres semanas aproximadamente se recogieron de manera aleatoria, tres bolsas enterradas bajo arbustos y tres bolsas localizadas fuera de la copa de los arbustos. El experimento concluyó en noviembre del siguiente año, por lo que las semillas enterradas estuvieron expuestas a un periodo seco frío (diciembre-febrero), uno seco cálido (marzo-mayo) y un periodo de lluvias (junio-noviembre) con una sequía intraestival. En total se tuvieron registros para 13 fechas para cada condición. Para el tratamiento de condición de almacenamiento de laboratorio, las semillas se obtuvieron del mismo lote mantenido en condiciones en laboratorio;

cada fecha de colecta de semillas enterradas se hacían tres lotes de 50 semillas para evaluar su respuesta germinativa en las mismas condiciones que las semillas provenientes del tratamiento en campo.

Las semillas colectadas en cada fecha (150) se colocaron en cajas Petri (una caja por cada bolsa,  $n = 50$ ) con Agar-Agar como medio y fuente de humedad; las cajas Petri con las semillas fueron selladas con plástico para evitar la pérdida de agua y se colocaron en una cámara de ambiente controlado (PERCIVAL LBI-36) a  $28\text{ °C} \pm 0.5$ , con un fotoperiodo de 12:12 luz-oscuridad, condiciones que en un experimento piloto previo se vieron como las más adecuadas (Trujillo, 2002). Cada tercer día se revisaron las cajas para contabilizar las semillas germinadas; se consideró como criterio de germinación la aparición de la radícula. Cada uno de los lotes se revisó por un periodo de 60 días para asegurar contabilizar todas las semillas que pudieran germinar.

### Análisis estadístico

Para cada lote de semillas se estimó el número máximo de semillas germinadas ( $K$ ) y el tiempo que tardó en germinar el 50% de las semillas germinadas ( $GT_{50}$ ) por medio de regresiones no lineales con un procedimiento de máxima verosimilitud utilizando el algoritmo de Leven-

berg-Marquadt para el cálculo de los mínimos cuadrados no lineales (Cornejo & Rebolledo 2016). La ecuación que se utilizó para ajustar los datos observados fue una función logística (fórmula 1).

$$G = K \frac{\exp(a + bt)}{1 + \exp(a + bt)} \quad (1)$$

donde:

$G$  = Número de semillas germinadas al tiempo  $t$

$K$  = Número de semillas germinadas máximo estimado

$a$  y  $b$  = constantes del modelo directamente relacionados con el tiempo que tarda en iniciar la germinación y la tasa de germinación.

$t$  = tiempo (días transcurridos desde el inicio del experimento)

El tiempo requerido para que gemine el 50% de las semillas germinadas ( $K$ ) se obtuvo con la fórmula 2, que se deriva directamente de la ecuación de la función logística.

$$GT_{50} = -\frac{a}{b} \quad (2)$$

Para examinar la relación entre el número máximo de semillas germinadas por lote ( $K$ ) y

CUADRO 1. Análisis de varianza del efecto de la condición de almacenamiento sobre la germinación máxima obtenida ( $K$ ) de semillas de *Ferocactus robustus*.

Fuente de variación	SC	g.l.	CM	F	P
Condición	331.6	2	165.8	0.97	0.382
Tiempo	2435.7	1	2435.7	14.28	<0.0001
Tiempo <sup>2</sup>	2684.9	1	2684.9	15.74	<0.0001
Cond x Tiempo	2646.8	2	1323.4	7.76	0.001
Cond x Tiempo <sup>2</sup>	1804.5	2	902.3	5.29	0.008
Error	18424.2	108	170.6		

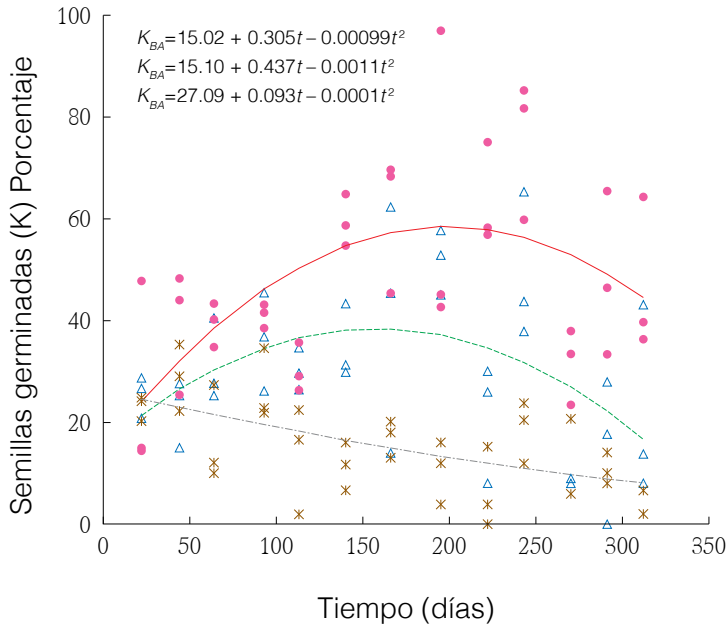


FIGURA 1. Semillas germinadas de *Ferocactus robustus* bajo diferentes condiciones de almacenamiento.  $\Delta$  BA= semillas enterradas bajo la copa de arbustos;  $\bullet$  FA=semillas enterradas en espacios fuera de la copa de arbustos;  $\times$  Lab=semillas almacenadas en condiciones de laboratorio. Las líneas corresponden al modelo ajustado (--- Est-BA, — Est-FA y --- Est-Lab).

el tiempo requerido para que germine el 50% ( $GT_{50}$ ) de ese lote se utilizaron modelos lineales generalizados utilizando como factores el tratamiento (categórico) el tiempo y el tiempo al cuadrado (continuas), utilizando el programa estadístico Minitab® 18.1 (Minitab Inc. 2017).

## Resultados

El número máximo de semillas germinadas fue afectado significativamente por las condiciones de almacenamiento y el tiempo que estuvieron almacenadas (Tabla 1). La respuesta de las semillas que fueron enterradas en condiciones de campo fue marcadamente diferente a la que mostraron las semillas almacenadas en condiciones de laboratorio. En promedio, el porcentaje de germinación

de las semillas mantenidas en laboratorio fue de 15.2% (EE=1.46), el de las enterradas bajo arbustos de 29.9% (EE=2.50) y las enterradas fuera de la copa de arbustos de 47.96% (EE=3.00). Sin embargo, la respuesta en la germinación a través del tiempo fue muy diferente para los tres tratamientos. El porcentaje de germinación de semillas almacenadas en laboratorio fue consistentemente menor en comparación con las semillas enterradas en suelo en condiciones naturales (Fig. 1). La germinación del lote mantenido en el laboratorio mostró una tendencia a disminuir de manera constante en función de la edad de las semillas, mientras que las semillas enterradas, tanto bajo como fuera de la copa de los arbustos, mostraron un incremento en la germinación durante los



CUADRO 2. Análisis de varianza para el tiempo de germinación ( $GT_{50}$ ) de semillas de *Ferocactus robustus* sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento. Como el tratamiento de semillas almacenadas en condiciones de laboratorio no mostró ningún efecto significativo de los factores probados se simplificó el modelo incluyendo solo los tratamientos de enterramiento en campo.

Fuente de variación	SC	g.l.	CM	F	P
Condición	4.98	1	4.98	1.11	0.295
Tiempo	607.52	1	607.52	135.87	<0.0001
Tiempo <sup>2</sup>	384.01	1	384.01	85.88	<0.0001
Cond x Tiempo	1.10	1	1.10	0.25	0.622
Cond x Tiempo <sup>2</sup>	0.24	1	0.24	0.05	0.819
Error	317.47	71	317.47		

primeros cinco o siete meses de permanecer enterradas para después reducir el porcentaje de las semillas que germinan (Fig. 1). La dinámica mostrada fue estadísticamente diferente entre los tratamientos ya que en el modelo, las interacción de la condición con el tiempo lineal y cuadrático fueron estadísticamente significativas ( $F_{(2,108)}=7.76$ ,  $P=0.001$ ;  $F_{(2,108)}=5.29$ ,  $P=0.008$ , respectivamente; Tabla 1). Las semillas enterradas en espacios abiertos mostraron los valores más altos de germinación, según el modelo ajustado el valor máximo de germinación alcanzado fue cercano al 60%, en contraste con el tratamiento de bajo arbustos que alcanzó un máximo esperado de 38%; las semillas almacenadas en laboratorio no superaron el 25% de germinación (Fig. 1). En el primer registro de germinación (enero 18) cuando las semillas tenían dos meses de haber sido colectadas (un mes de enterradas) los porcentajes de germinación fueron relativamente bajos, rondando el 20%.

Los valores máximos registrados en la germinación de las semillas enterradas (entre los días 150 y 200) coincidió con la presencia de la temporada de lluvias en la

zona de estudio, mientras que la disminución observada coincide con el fin de la temporada de lluvias y el inicio de la temporada fría. Aunque el comportamiento general de la germinación de las semillas enterradas en campo es similar, (bajo arbustos y sitios expuestos), la germinación de semillas colocadas bajo arbustos fue consistentemente menor que las enterradas en sitios fuera de la copa de arbustos.

Al igual que lo encontrado para el número máximo de semillas germinadas, la velocidad con que germinan las semillas (medida con el  $GT_{50}$ ), también fue afectado significativamente por la condición de almacenamiento y el tiempo, aunque solo para las semillas enterradas los parámetros del modelo difirieron significativamente de un modelo nulo (Tabla 2). En términos generales la velocidad de germinación de las semillas germinadas ( $GT_{50}$ ) tuvo un comportamiento opuesto al del máximo de semillas germinadas (K). El tiempo necesario para germinar la mitad de las semillas se fue reduciendo hasta aproximadamente los siete meses para después comenzar a aumentar ligeramente (Fig. 2).

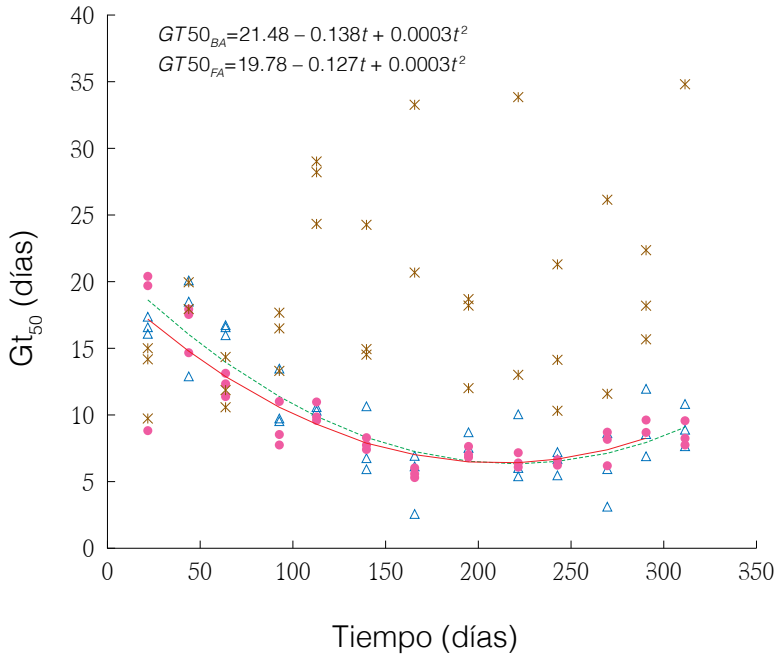


FIGURA 2. Velocidad de germinación ( $GT_{50}$ ) mostrada por semillas de *Ferocactus robustus* bajo diferentes condiciones de almacenamiento.  $\triangle$  BA = semillas enterradas bajo la copa de arbustos;  $\bullet$  FA = semillas enterradas en espacios fuera de la copa de arbustos;  $\ast$  Lab = semillas almacenadas en condiciones de laboratorio. Las líneas corresponden al modelo ajustado (--- BA-Est y --- FA Est). Las semillas bajo condiciones de laboratorio no mostraron ninguna tendencia significativa por lo que no se muestra ninguna línea ajustada ni ecuación.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la respuesta de las semillas enterradas bajo la copa de arbustos y por fuera a través del tiempo ni en su componente lineal ni cuadrático ( $F_{(1,71)}=0.25$ ,  $P=0.622$ ;  $F_{(1,71)}=0.05$ ,  $P=0.819$ , respectivamente).

## Discusión

Las semillas de cactáceas presentan alta variación no solo en sus características morfológicas sino también en su respuesta germinativa, longevidad y respuesta al almacenamiento (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000). Aunque la información disponible sugiere que la mayoría de los

cactus tienen semillas ortodoxas (Roberts 1972), la longevidad reportada va desde uno a pocos años (Sánchez-Salas *et al.* 2006), hasta más de 10 como lo reportado para *Ferocactus herrerae* (Fearn 1977) o el saguaro *Carnegie gigantea* (Alcorn & Martin 1974). Nuestros resultados muestran que las semillas podrían mantenerse viables por al menos un año, pero depende de las condiciones en las que fueron almacenadas. Las semillas mantenidas en laboratorio mostraron una disminución progresiva en su capacidad de germinación, como lo han reportado para otras especies como *Escontria chiotilla* (Trujillo *et al.* 2007), *Ferocactus townsendianus* (Guillen-Tujillo *et al.* 2014) y Piña (2000) para esta misma especie.

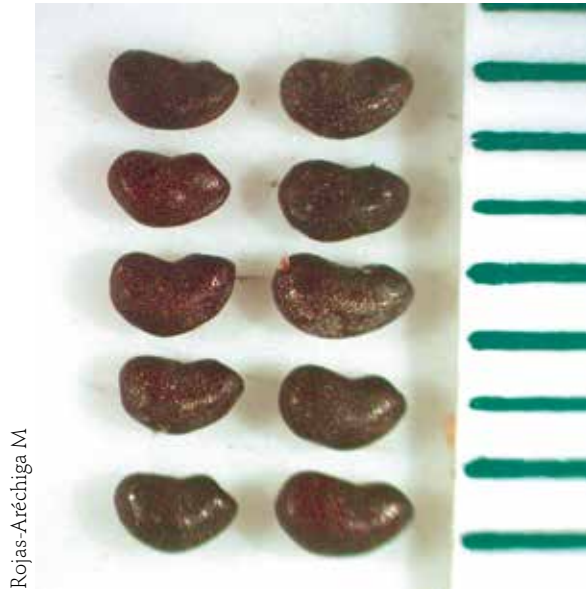


FOTO 3. Semillas de *Ferocactus robustus*. Escala en mm.

Sin embargo, las condiciones que podrían experimentar las semillas en condiciones naturales provocaron una respuesta muy diferente en *F. robustus*, ya que la permanencia de las semillas en el suelo durante los primeros meses incrementó la proporción de semillas germinadas; el porcentaje de germinación después de seis meses de estar enterradas fue al menos tres veces mayor que la germinación de semillas almacenadas en laboratorio. Este incremento en la proporción de semillas germinadas podría sugerir que las semillas requieren un tiempo para madurar, como ocurre con algunas cactáceas (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; Flores & Jurado 2011) y que las condiciones particulares de temperatura y humedad que experimentan las semillas enterradas son importantes para este proceso, lo que podría ser una característica de especies que forman banco de semillas. Un comportamiento semejante fue encontrado para *Polaskia chende* (Ordoñez-Salanueva et

al. 2017) y *Ferocactus towsendianus* (Guillen-Trujillo et al. 2014) pero en periodo de varios años y no dentro de un solo año como en nuestro caso con *F. robustus*.

En ambientes como las zonas áridas donde las condiciones favorables para la germinación suelen ser inciertas, se esperaría que las plantas tuvieran estrategias que les permitieran sincronizar la germinación con condiciones favorables para el establecimiento de las plántulas (Jurado & Flores 2005), ya sea mediante mecanismos para prevenir la germinación durante condiciones desfavorables o favorecerla cuando las señales son favorables. El comportamiento observado en *F. robustus* puede interpretarse en este contexto. La mayor germinación y los tiempos más rápidos de respuesta se dieron durante la temporada de lluvias, que es la temporada más favorable para el establecimiento de las plántulas. La humedad proporcionada por la lluvia podría ya sea favorecer la reparación de posibles

daños ocasionados por el envejecimiento de las semillas (Gutterman 1993; Bradford *et al.* 1993; Gove 1965 en Abdul-Baki & Anderson 1972) o bien, debido a que “acumula” evidencia de condiciones favorables mediante lo que se denomina “memoria de hidratación” (Dubrovsky 1996) que favorecen una mayor germinación. De esta forma, cuando las condiciones para germinar son adecuadas, las semillas sujetas a un periodo de hidratación previo a la germinación germinan más rápido (Dell’Aquila 1987; Dubrovsky 1998). Esto puede tener un efecto importante para la sobrevivencia de la plántula que emergerá ya que, al germinar más pronto, puede alargar la temporada favorable para el crecimiento, por lo que podrá acumular mayor biomasa, incrementando sus posibilidades de sobrevivir durante el inmediato periodo de sequía (Jordan & Nobel 1981). Esta memoria de hidratación ya ha sido reportada para otras especies de cactáceas (Contreras-Quiroz *et al.* 2016). Además de la humedad, las semillas podrían estar respondiendo a otras condiciones ambientales que mantienen parcialmente la dormancia (Thompson *et al.* 2003). El aumento y disminución de la capacidad germinativa de las semillas enterradas en condiciones naturales podría deberse a lo que diferentes autores llaman “sensibilidad de la semilla a las claves ambientales” (Fenner 1985) interpretando la presencia de lluvias como la época adecuada para germinar y el cese de las lluvias como el fin del periodo adecuado para germinar (Jurado & Flores 2005).

Según nuestros resultados la capacidad germinativa de las semillas colocadas en sitios expuestos es mayor en comparación con aquellas que fueron colocadas bajo la copa de los arbustos (58% superior en la

germinación máxima observada según el modelo ajustado), lo cual parece resultar contradictorio, ya que se esperaría que la capacidad germinativa resultara mayor en sitios bajo arbustos, pues se ha reportado que para la mayoría de las especies de cactáceas la emergencia de plántulas y su supervivencia es mayor bajo la copa de arbustos perennes (Godínez-Alvarez *et al.* 2003). Este resultado puede deberse a las condiciones “artificiales” en los que se probó la germinación (28 °C, y humedad constante), por lo que la respuesta en condiciones naturales podría ser muy diferente, de hecho, hacia el final del experimento se encontraron algunas semillas germinadas en las bolsas colocadas enterradas bajo arbustos, lo que no se observó en las semillas colocadas fuera de la protección de la sombra de arbustos. Desafortunadamente no registramos cuantitativamente esta germinación en campo por lo que no pudimos analizarla estadísticamente ni cuantificar su importancia en el contexto de un banco de semillas transitorio.

La relevancia ecológica de la longevidad de las semillas y su respuesta germinativa se da en contexto de la posible existencia de un banco de semillas en el suelo. La existencia de un banco de semillas se ha descrito frecuentemente para especies anuales de ambientes áridos altamente impredecibles (Saatkamp *et al.* 2014; Gremer *et al.* 2016); para el caso de cactáceas, aunque las semillas pueden mantener la viabilidad de sus semillas por más de un año y, por lo tanto, podrían formar un banco de semillas, su ocurrencia e importancia demográfica no es muy clara. Las semillas de *F. robustus* presentan ciertos atributos que parecen insinuar la formación de un banco de semillas persistente por parte de

esta especie: su fotoblastismo e, incluso, su capacidad de germinar en rojo-lejano, que le permite germinar aunque se encuentre un poco enterrada (Rojas-Aréchiga, 1995); el tamaño pequeño de la semilla (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada, 1991); la capacidad de permanecer viable por un año o más, y el hecho de que la semilla en campo parece responder a claves ambientales, principalmente la lluvia.

Para especies del género *Ferocactus* no parece haber estudios demográficos publicados y reportados en la base de datos COMPADRE (<https://compadre-db.org/>, consultada febrero 2022) por lo que no es posible explorar la importancia del peso demográfico del banco de semillas en la tasa de crecimiento en especies cercanas. Sin embargo, más allá de su posible efecto en la tasa de crecimiento la formación de un banco de semillas persistente puede presentar varias otras ventajas a la especie que lo forma; por ejemplo, puede actuar desde ser un amortiguador de los cambios genéticos (Clarence 1962), una ventaja para enfrentar la variabilidad ambiental, una reserva de propágulos para cuando las condiciones son favorables para el establecimiento (Saatkamp *et al.* 2014) e, incluso, un amortiguador de la depredación a nivel de semillas y plántulas (Bowers 2000). La variabilidad en la respuesta germinativa de las semillas de esta especie entre frutos que se forman en distinta temporada (Trujillo 2002) podría favorecer el establecimiento de plántulas y, en general, la permanencia de estas poblaciones en ambientes poco predecibles.

Para dilucidar si esta especie forma un banco de semillas funcional y demográficamente importante en el largo plazo, será necesario conocer el destino y respuesta de

semillas enterradas por periodos de tiempo, más extensos. La evidencia aquí presentada, indica que si las semillas logran persistir enterradas pueden formar un banco transitorio de un año. Asimismo, las diferencias entre el comportamiento de la germinación en las diferentes condiciones de almacenamiento probadas, muestra claramente la importancia de seguir profundizando en las mejores condiciones para almacenar las semillas, sobre todo de aquellas especies que son de importancia ecológica o que están amenazadas (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; Trujillo *et al.* 2007).

### Literatura citada

- Abdul-Baki AA & Anderson JB. 1972. Physiological and biochemical deterioration of seeds, páginas 283-315. En Kozłowski TT (ed.), *Seed Biology*, Vol. II. Academic Press Inc. New York, U.S.A.
- Alcorn SM & Martin SC. 1974. *Cereus giganteus* Engelm, páginas 313-314. En *Seeds of Woody Plants in the United States*. Forest Service U.S.A., Department of Agriculture. Washington, DC, U.S.A.
- Álvarez-Espino R, Godínez-Álvarez H & De la Torre-Almaráz R. 2014 Seed banking in the columnar cactus *Stenocereus stellatus*: distribution, density and longevity of seeds. *Seed Sci Res* **24**:315-320.
- Baskin CC & Baskin JM. 1998. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy*. Academic Press. San Diego, U.S.A.
- Bewley JD & Black M. 1978. *Physiology and Biochemistry of Seeds*. Vol. I. Development germination and growth. Springer-Verlag. Berlin, Germany.
- Bowers J. 2000. Does *Ferocactus wislizeni* (Cactaceae) have a between-year seed bank? *J Arid Environ* **45**:197-205.

- Braadber JW. 1988. *Seed Dormancy and Germination*. Chapman & Hall. New York, U.S.A.
- Bradford K, Tarquis AM & Durán JM. 1993. A population-based threshold model describing the relationship germination rates and seed deterioration. *J Ex Bot* **44**:1225-1234.
- Bravo-Hollis H & Sánchez-Mejorada H. 1991. *Las cactáceas de México. Vol. II* UNAM. México.
- Clarence RQ. 1962. *Semillas*. Departamento de agricultura de Estados Unidos de América. CECSA. Anuario de Agricultura.
- Contreras-Quiroz MM, Pando-Moreno E, Jurado E et al. 2016. Is seed hydration memory dependent on climate? Testing this hypothesis with Mexican and Argentinian cacti species. *J Arid Environ* **130**:94-97
- Cornejo O & Rebolledo R. 2016. Estimación de parámetros en modelos no lineales: algoritmos y aplicaciones. *EIA* **13**:81-98.
- Dell'Aquila A. 1987. Mean germination time as monitor of the seed ageing. *Plant Physiol Bioch* **25**:761-768.
- Delouche JC & Baskin CC. 1973. Accelerated ageing techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci Tech* **1**:427-52.
- Dubrovsky JG. 1996. Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implications. *Am J Bot* **83**:624-632.
- Dubrovsky JG. 1998. Discontinuous hydration as a facultative requirement for seed germination in two cactus species of the Sonoran Desert. *J Torrey Bot Soc* **125**:33-39.
- Esparza-Olguín L, Valverde T, & Vilehis-Anaya E. 2002. Demographic analysis of a rare columnar cactus (*Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley, Mexico. *Biol Conserv* **103**:349-359.
- Esparza-Olguín L, Valverde T & Mandujano MC. 2005 Comparative demographic analysis of three *Neobuxbaumia* species (Cactaceae) with differing degrees of rarity. *Pop Ecol* **47**:229-245.
- Fearn B. 1977. An investigation into the effect of age on the germination potential of sedes of 600 species of cacti, together with a note on the viability of *Lithops* seeds. *Excelsa* **7**:103-108.
- Fenner M 1985. *Seed Ecology*. Chapman and Hall. United Kingdom.
- Flores J & Jurado E. 2011. Germinación de especies de cactáceas en categoría de riesgo del desierto chihuahuense. *Rev Mex Cienc Forest* **2**:59-69.
- García E. 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana*. Instituto de Geografía-UNAM. México.
- Gibson AC & Nobel PS. 1986. *The Cactus Primer*. Harvard University Press. Cambridge, U.S.A.
- 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 Tehuacan valley Mexico. *Can J Bot* **77**:203-208.
- Godínez-Alvarez H, Valverde T & Ortega-Baes P. 2003. Demographic trends in Cactaceae. *Bot Rev* **69**:173-203
- Grime JP. 1979. *Plant Strategies and Vegetation processes*. J. Wiley & Sons. New York, U.S.A.
- Guillén-Trujillo A, Espinoza-Villavicencio JL, Ortega-Pérez R, Avila-Serrano N & Palacios-Espinosa A. 2014. Efecto del tiempo de almacenamiento de la semilla en la germinación y sobrevivencia de *Ferocactus townsendianus* Britt & Rose. *Interciencia* **39**:732-735.
- Gutterman Y. 1993. *Seed Germination in Desert Plants* (Adaptations of Desert Organisms). Springer-Verlag. Berlin, Germany.

- Gremer JR, Kimball S & Venable DL. 2016. Within- and among-year germination in Sonoran Desert winter annuals: bet hedging and predictive germination in a variable environment. *Ecol Lett* **19**:1209-1218.
- Harper JL. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press. London, U.K.
- Jordan PW. & Nobel PS. 1981. Seedling establishment of *Ferocactus acanthodes* in relation to drought. *Ecology* **62**:901-906.
- Jordan PW & Nobel PS. 1982. Height distributions of two species of cacti in relation to rainfall, seedling establishment and growth. *Bot Gaz* **143**:511-517.
- Jurado E & Flores J. 2005. Is seed dormancy under environmental control or bound to plant traits? *J Veg Sci* **16**:559-564.
- Karszen CM, Haigh A, Van der Toorn P & Weges R. 1989. *Physiological mechanisms involved in seed priming development and germination of seeds*. Plenum Press. New York, U.S.A.
- Kemp P. 1989. Seed Bank and Vegetation Processes in Deserts, páginas 257-281. En Leck MA, Parker VT & Simpson RL (eds.) *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, Inc. San Diego, U.S.A.
- Méndez M, Durán R & Olmstead I. 2004 Population dynamics of *Pterocereus gaumeri*, a rare and endemic columnar cactus of Mexico. *Biotropica* **36**:492-504.
- Montiel S & Montaña C. 2003. Seed bank dynamics of the desert cactus *Opuntia rastrera* in two habitats from the Chihuahuan Desert. *Plant Ecol* **166**:241-248.
- Murdoch AJ & Ellis RH. 1992. Longevity, viability and dormancy, páginas 193-229. En Fenner M (ed.), *Seeds-the ecology of regeneration in plant communities*. Commonwealth Agricultural Bureau. Wallingford, U.K.
- Nikolaeva MG. 1977. Factors controlling the seed dormancy pattern. In Khan A. A. (Ed). *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*. North – Holland Publishing Company. New York, U.S.A.
- Ordoñez-Salanueva CA, Orozco-Segovia A, Canales-Martinez M et al. 2017. Ecological longevity of *Polaskia chende* (Cactaceae) seeds in the soil seed bank, seedling emergence and survival. *Plant Biol* **19**:973-982.
- Peters E, Martorell C & Ezcurra E. 2008. Nurse rocks are more important than nurse plants in determining the distribution and establishment of globose cacti (*Mammillaria*) in the Tehuacan Valley, Mexico. *J Arid Environ* **72**:593-601
- Piña H. 2000. Ecología Reproductiva de *Ferocactus robustus* en el valle de Zapotitlán Salinas, Puebla. Tesis de Maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. México.
- Pons TL. 1991. Dormancy, Germination and Mortality of seeds in a Chalk-Grassland flora. *J Ecol* **79**:765-780
- Roberts EH. 1972. Storage environment and the control of viability, páginas 14-58. En Roberts EH (ed.), *Viability of seeds*. Chapman & Hall. London, UK.
- Rojas-Aréchiga M. 1995. Estudio sobre la germinación de cactáceas del valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología) UNAM. México.
- Rojas-Aréchiga M & Vázquez-Yáñez C. 2000. Cactus seed germination: a review. *J Arid Environ* **44**:85-104.
- Sanchez-Mejorada H. 1982. Mexico's problems and programs monitoring trade in common and endangered cacti. *Cac Suc J Gr Brit* **44**:36-38
- Sánchez-Salas J, Flores J & Martínez-García, E. 2006. Efecto del tamaño de semilla en la germinación de *Astrophytum myriostigma* Lemaire (Cactaceae), especie amenazada de extinción. *Interciencia* **31**:371-375
- Saatkamp A, Poschlod P, Venable DL. 2014. The functional role of soil seed bank in



- natural communities, páginas 263-295. En Gallagher RS (Ed). *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. 3<sup>rd</sup> Ed. CAB International, Wallington, U.K.
- Simpson RL, Leck MA & Parker VT. 1989. Seed Banks, general concepts and methodological issues, páginas 3-8. En Leck, MA; Parker VT & Simpson RL (Eds). *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, Inc. San Diego, U.S.A.
- Steenberg WF & Lowe CH. 1969. Critical factors during the first years of life of the saguaro (*Cereus giganteus*) at Saguaro National Monument, Arizona. *Ecology* **50**:825-834.
- Thompson K. & Grime JP. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *J Ecol* **67**:893-921.
- Thompson K, Band SR & Hodgson JG. 1993. Seed size and shape predict persistence in soil. *Funct Ecol* **7**:236-241.
- Thompson K, Ceriani RM, Bakker JP & Bekker RM. 2003. Are seed dormancy and persistence in soil related? *Seed Sci Res* **13**:97-100.
- Trujillo A. 2002. Germinación y establecimiento de *Ferocactus robustus* (Link & Otto) Britton & Rose. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. México.
- Trujillo-Hernández A, López-Herrera A, Mandujano-Piña M. 2007. Almacenamiento y germinación de las semillas de Jiotilla con diferente peso. *Bio Ciencias* **4**:153-163.
- Turner R, Alcorn S, Olin G & Booth JA. 1966. The influence of shade soil and water on saguaro seedling establishment. *Bot Gaz* **127**:95-102
- 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, México. *J Ecol* **79**:961-971.
- Valverde T, Quijas S, López-Villavicencio M & Castillo S. 2004. Population dynamics of *Mammillaria magnimamma* Haworth (Cactaceae) in a lava-field in central Mexico. *Plant Ecol* **170**:167-184.
- Van Rheede, van Oudtshoorn K & van Rooyen MV. 1999. *Dispersal Biology of Desert Plants*. Springer, Germany.
- Vleeshouwers LM, Bouwmeester HJ & Karssen CM. 1995. Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *J Ecol* **83**:1031-1037

---

Recibido: enero 2021; Aceptado: marzo 2021.  
Received: January 2021; Accepted: March 2021.



## Lista de revisores durante 2020



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 2020.

Dr. Alejandro Casas Fernández – *Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Morelia*

Dr. José Guadalupe Martínez Avalos – *Universidad Autónoma de Tamaulipas*

Dra. Concepción Martínez Peralta – *Universidad Autónoma del Estado de Morelos*

Dra. Mariana Rojas Aréchiga – *Instituto de Ecología, UNAM*

Dra. María Teresa Valverde Valdés – *Facultad de Ciencias, UNAM*

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](mailto: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

El texto debe ir en 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., y Meyrán J. 2019. *Las crasuláceas de México*. Vol. II. 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 subsiguientes 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(es) 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 replicarse. 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, psd, png o jpg 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. Ciudad de México, México.

Buxbaum F. 1958. The phylogenetic division of the subfamily Ceroioideae, 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 Hoelzel A R (ed.), *Molecular Genetic Analysis of Populations*. IRL Press. Oxford, England.

Kothamasi D, Kiers ET & van den Heijden MG. 2010. Mutualism and Community organization, páginas 179-192. En Verhoeff HA & Morin PJ (eds),

*Community Ecology, Processes, model and applications*. Oxford University 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 braditiana* (Cactaceae) en Cuatro Ciénegas, Coahuila. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. Ciudad de México, México.

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 a la Dra. María C Mandujano y/o Dra. Mariana Rojas-Aréchiga a los correos: [mrojas@ecologia.unam.mx](mailto:mrojas@ecologia.unam.mx) y [mcmmandujano@gmail.com](mailto:mcmmandujano@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 *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. Los manuscritos serán revisados por dos académicos especializados en el área de investigación, designados por el comité editorial o el editor.

La revista *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 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).

## ***Kalanchoe delagoensis* Eckl. & Zeyh.**

**Nombre común: Madre de millones, Kalancho**



Es una planta perenne de tallos erectos, simples, raramente ramificados, de hasta 2 m de altura. Tiene hojas sésiles casi cilíndricas de color gris o rosa-grisáceo que miden de 15 a 150 mm de longitud. Las hojas y los tallos tienen un patrón de coloración moteado más oscuro. En la punta de cada hoja tiene de 3 a 9 “dientes”: pequeñas proyecciones en donde se producen pseudobulbilos. Produce inflorescencias terminales con flores campanuladas y colgantes de color rojo, naranja o rosado-rojizo que miden de 2 a 4 cm de longitud. El fruto es un folículo que mide 1 cm de longitud y contiene numerosas semillas menores a 1 mm de longitud (BioNET-EAFRINET 2011; <https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/plants.htm>). Crece formando manchones densos de individuos y aunque puede reproducirse sexualmente, el método de dispersión más efectivo es el establecimiento de los pseudobulbilos. Además, si las hojas se desprenden o el tallo se rompe y llega al suelo, tienen la capacidad de establecerse como un nuevo individuo (BioNET-EAFRINET 2011; Golubov 2012; *Especies ornamentales invasoras: el caso de Kalanchoe delagoensis*).

*K. delagoensis* es nativa de Madagascar, y tiene un alto potencial invasor fuera de su distribución original. Ha sido introducida como una especie ornamental en países como Sudáfrica, Estados Unidos, Australia y México donde se comporta como una especie invasora (CABI 2019; <https://www.cabi.org/isc/datasheet/115050>). En México se tienen registros de su presencia en al menos 20 estados, principalmente en el centro del país (CONABIO 2022; <https://enciclovida.mx/especies/198915>). Es una especie altamente competitiva, que se establece en un rango amplio de tipos de clima, desde el templado hasta ambientes áridos. Además, tiene compuestos secundarios que son tóxicos al consumirse; se han reportado envenenamientos del ganado vacuno tras la ingesta de la planta causando cardiopatías, anorexia, diarrea e incluso la muerte. También tiene efectos alelopáticos sobre otras plantas, pues se ha visto que reduce la germinación y el crecimiento de especies como el maíz o el trigo (CABI 2019; Golubov 2012). Debido a lo anterior y a sus altas tasas de crecimiento poblacional es de difícil control. Se han hecho esfuerzos para la eliminación y control de esta especie con herbicidas, sin embargo, no garantiza la eliminación completa de las plantas pues pueden rebrotar, y es un método costoso (Golubov 2012). Para invasiones pequeñas la remoción manual es una mejor opción y finalmente para invasiones mayores, la quema controlada parece ser el método más eficaz siempre que se lleve un seguimiento que impida nuevas infestaciones (CABI 2019).