

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas



VOLUMEN 67 No. 1

ENERO - MARZO 2022

ISSN 0526-717X

La publicación de este número es en junio de 2024 debido a imponderables consecuencias de la pandemia de COVID-19 por el coronavirus SARS-CoV-2.

Editor Fundador

Jorge Meyrán

Consejo Editorial

Anatomía y Morfología

Dra. Teresa Terrazas
Instituto de Biología, UNAM

Ecología

Dr. Arturo Flores-Martínez
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN
Dr. Pablo Ortega-Baés
Universidad de Salta Argentina

Etnobotánica

Dr. Javier Caballero Nieto
Jardín Botánico IB-UNAM

Evolución y Genética

Dr. Luis Eguarte
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 Rebman
Museo de Historia Natural, San Diego

Editores

Dr. Jordan Golubov
UAM-Xochimilco

Dra. María C. Mandujano Sánchez
Instituto de Ecología, UNAM

Dr. Humberto Suzán Azpíri
Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, campus Juriquilla

Asistentes editoriales

Dra. Mariana Rojas Aréchiga
Instituto de Ecología, UNAM
Dra. Guadalupe Malda Barrera
Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, campus Juriquilla

Diseño editorial y versión electrónica

Palabra en Vuelo, SA de CV

Impresión

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

Tillandsia sp creciendo sobre *Opuntia* sp
Sandra Rios Carrasco

CACTÁCEAS y *suculentas mexicanas*

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@iecolgia.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. El costo para México por un año completo es de \$1,120.00 e incluye cuatro envíos, o \$1,000.00 en un sólo 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 y 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: BCMRMXMPY.
 - 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

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 and 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: BCMRMXMPY.
- 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.

Cactáceas y Suculentas Mexicanas agradece la edición y el financiamiento de esta publicación a los suscriptores.

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 67 No. 1 enero - marzo 2022

Contenido

¿Plantas nutriéndose de otras plantas?: una mirada acerca de esta interacción en cactáceas y leguminosas Delgado-Pérez G, Sánchez D & Vázquez-Santana S	4
Listado de especies de la Familia Cactaceae en un ejido del municipio de Peñamiller, Querétaro, México Matías-Cruz JM, Briseño-Sánchez MI & Mandujano MC.....	17
Lista de revisores durante 2021	29
Normas editoriales.....	30
<i>Mammillaria guerreronis</i> (Bravo) Boed. ex Backeb. & F.M. Knuth, 1936 Pérez-Cruz P & Martínez-Molina P.....	32

Contents

Plants feeding from other plants?: a view to this interaction between cacti and legumes Delgado-Pérez G, Sánchez D & Vázquez-Santana S	4
List of species of Cactaceae from the municipality of Peñamiller, Queretaro, Mexico Matías-Cruz JM, Briseño-Sánchez MI & Mandujano MC.....	17
List of reviewers during 2021.....	29
Instructions for authors	30
<i>Mammillaria guerreronis</i> (Bravo) Boed. ex Backeb. & F.M. Knuth, 1936 Pérez-Cruz P & Martínez-Molina P.....	32

¿Plantas nutriéndose de otras plantas?: una mirada acerca de esta interacción en cactáceas y leguminosas

Delgado-Pérez Gabriela^{1,2*}, Sánchez Daniel³ & Vázquez-Santana Sonia^{1*}

Resumen

En este trabajo, presentamos una descripción del parasitismo sobre cactáceas y leguminosas, particularmente el ocasionado por parásitas haustoriales y parásitas estructurales. Se aborda la relación entre la holoparásita endófito *Tristerix aphyllus* que se desarrolla en especies de los géneros *Echinopsis* y *Eulychnia*, cactus columnares chilenos, mencionando el ciclo de vida de la planta parásita, los rasgos importantes en los hospederos para el establecimiento de *T. aphyllus* y los efectos provocados en el hospedero. Otra interacción establecida con algunas cactáceas y leguminosas es el epifitismo, particularmente con especies del género *Tillandsia*, que actúan como parásitas estructurales, definidas así por causar daños en el forófito (planta que le proporciona sostén). Se mencionan estos efectos negativos en las distintas especies de forófitos, así como algunos mecanismos de control propuestos a través de los años, utilizados para amortiguar los niveles de infestación provocados por algunas especies de *Tillandsia*.

Palabras clave: cactus, parásita estructural, parásita haustorial, parasitismo, *Tillandsia*, *Tristerix*

Abstract

In this work, we present a description of parasitism on cacti and legumes, particularly that caused by haustorial and structural parasites. The relationship between the holoparasitic endophyte *Tristerix aphyllus*, which develops on species of the genera *Echinopsis* and *Eulychnia*, Chilean columnar cacti, is discussed, mentioning the life cycle of the parasitic plant, the essential hosts traits for the establishment of *T. aphyllus*, and the effects caused in the host. Another established interaction with some cacti and legumes is epiphytism, particularly with species of the genus *Tillandsia*, which act as structural parasites, defined as such because they cause damage to the phorophyte (the plant that provides support). These adverse effects on the different species of phorophytes are mentioned, and some control mechanisms, proposed over the years, used to dampen infestation levels caused by some species of *Tillandsia*.

Keywords: cacti, haustorial parasite, parasitism, structural parasite, *Tillandsia*, *Tristerix*.

¹ Laboratorio de Desarrollo en Plantas, Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad de México, 04510, México.

² Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM, Avenida Universidad 3000, Ciudad Universitaria, 04510, Ciudad de México, México.

³ CONACYT – Laboratorio Nacional de Identificación y Caracterización Vegetal, Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, 44171, México.

* Autoras de correspondencia: gaby06@ciencias.unam.mx; svs@ciencias.unam.mx

Introducción

Parasitismo

El parasitismo es una relación ecológica entre las poblaciones de dos especies diferentes de organismos, uno de ellos es denominado parásito y el otro hospedero (Crofton 1971). Particularmente en plantas, son definidas como parásitas aquellas que se adhieren tanto morfológica como fisiológicamente a otra planta, denominada hospedera. La asociación se produce a través de la formación de haustorios, órganos multicelulares mediante los cuales obtienen agua y los nutrimentos necesarios para su propia existencia, debido a la conexión que establecen con los tejidos vasculares de la planta hospedera (Heide Jorgensen 2008; Westwood *et al.* 2010; Yoshida *et al.* 2016; Nickrent 2020).

Parásitas haustoriales

Existen alrededor de 292 géneros y 4750 especies de plantas parásitas haustoriales, lo que representa el 1.6% de las especies de angiospermas (Nickrent 2020). Estas parásitas presentan una alta diversidad morfológica y una amplia distribución, desde el ártico hasta los trópicos (Watling & Press 2001). El establecimiento de plantas parásitas dentro de la planta hospedera tiene consecuencias en diferentes niveles de organización, genera efectos sobre su crecimiento, alometría, reproducción y fisiología (Press & Phoenix 2005). A nivel de comunidad, las plantas parásitas pueden reducir la productividad o modificar los equilibrios competitivos de las especies, teniendo un efecto negativo en su diversidad. De igual forma regulan la zonificación de la vegetación, modifican los ciclos biogeoquímicos y la disponibilidad de nutrientes, participan de manera directa o indirecta en las interacciones con herbívoros,

hongos micorrícicos, polinizadores y dispersores, de manera tanto positiva, o algunas veces negativa (Press & Phoenix 2005).

Familia Cactaceae

Las especies de esta familia se caracterizan, principalmente, por presentar brotes cortos que se modifican en aréolas, donde surgen espinas, tallos y flores, de igual manera otras características distintivas son la presencia de tallos suculentos y la carencia de hojas en la mayoría de las especies (Anderson 2001). La familia Cactaceae es originaria de América y es uno de los grupos más diversificados de las angiospermas, con 150 géneros y 1851 especies aceptadas (Korotkova *et al.* 2021). En México se estima la presencia de 63 géneros con 670 especies, de los cuales 25 géneros y 581 especies son endémicos (Guzmán *et al.* 2003). Sin embargo, un alto porcentaje (35%) de estas especies se encuentran amenazadas debido a diferentes factores, como la baja tasa de crecimiento, los bajos niveles de reclutamiento o los patrones particulares de distribución (Hernández & Godínez 1994; Camacho-Velázquez *et al.* 2015). También, las acciones antropogénicas como el cambio de uso de suelo, la introducción de especies exóticas o la extracción para su venta ilegal, propician que las cactáceas se encuentren en algún nivel de amenaza (Jiménez-Sierra 2011).

Por otra parte, la supervivencia de las cactáceas puede verse afectada por factores bióticos o abióticos, tales como herbívoros, depredadores de frutos, parásitos, heladas, sequías prolongadas o daños provocados por los humanos. Un factor biótico poco conocido es el parasitismo que ocurre en cactus columnares de Sudamérica. *Tristerix aphyllus* (Miers ex DC.) Barlow & Wiens es una planta parásita haustorial, la cual



FOTO 1. Inflorescencias de *Tristerix aphyllus* en el cactus columnar *Echinopsis* sp. (iNaturalist Chile: iNaturalist.org/photos/40456702)

ha sido reportada creciendo sobre algunas especies del género *Echinopsis* Zucc, de la tribu Trichocereae y algunas especies del género *Eulychnia* Phil, perteneciente a la tribu Notocactae (Bravo-Aviles *et al.* 2019).

Tristerix aphyllus (Foto 1) es un muérdago perteneciente a Loranthaceae, familia que se distingue por agrupar especies hemiparásitas (fotosintéticas) y holoparásitas (no fotosintéticas). Particularmente, *T. aphyllus* es un muérdago holoparásito endófito (Mauseth *et al.* 1985), es decir, no presenta hojas ni realiza fotosíntesis, incluso los genes del cloroplasto asociados a esta función se han perdido o convertido en pseudogenes (Roquet *et al.* 2016). El cuerpo vegetativo de *T. aphyllus* es reducido y crece completamente dentro del hospedero y emerge sólo durante

la floración para efectuar la reproducción sexual (de Vega *et al.* 2010). *Tristerix aphyllus* es endémica de las regiones áridas y semiáridas de Chile, presenta hojas reducidas a escamas diminutas (Kuijt 1969; 1988). Algunas especies hospederas reportadas son *Echinopsis chilensis* (Colla) Friedrich & G.D. Rowley, *E. coquimbana* (Molina) H. Friedrich & G.D. Rowley, *E. littoralis* (Johow) Friedrich & G.D. Rowley, *E. skottsbergii* (Backeb. ex Skotts.) Friedrich & G.D. Rowley, *E. spinibarbis* (Otto ex Pfeiff.) A.E. Hoffm., *Eulychnia acida* Phil. y *E. breviflora* M. Lowry (Medel *et al.* 2002).

La interacción de la planta parásita con los cactus ocurre cuando el ave sinsonte paseriforme *Mimus thenca* Molina dispersa las semillas de *T. aphyllus*. Esta ave ingiere los frutos maduros y defeca las semillas sobre los cactus (Medel *et al.* 2002) (Fig. 1A-C). Las semillas germinan al adherirse a los tallos o espinas de los cactus. La radícula se elonga considerablemente y se convierte en una raíz modificada (raíz haustorial) (Fig. 1D-E), la cual se adhiere a la planta hospedera mediante filamentos multiseriados, los cuales entran por el ostíolo a la cámara subestomática evadiendo la hipodermis y llegan al parénquima cortical, donde los filamentos proliferan y se establece la conexión con el floema de la planta hospedera. La planta parásita crece en el interior del cactus, por aproximadamente 18 meses, donde se desarrollan los botones florales de la planta parásita, a partir de un meristemo inicial de inflorescencia, diferenciándose flores individuales en ella, en conjunto, la inflorescencia surge de la planta hospedera mediante grietas de la epidermis e hipodermis del tallo de la cactácea o surgiendo a través de la aréola (Fig. 1F) (Mauseth *et al.* 1985). Es común que las inflorescencias

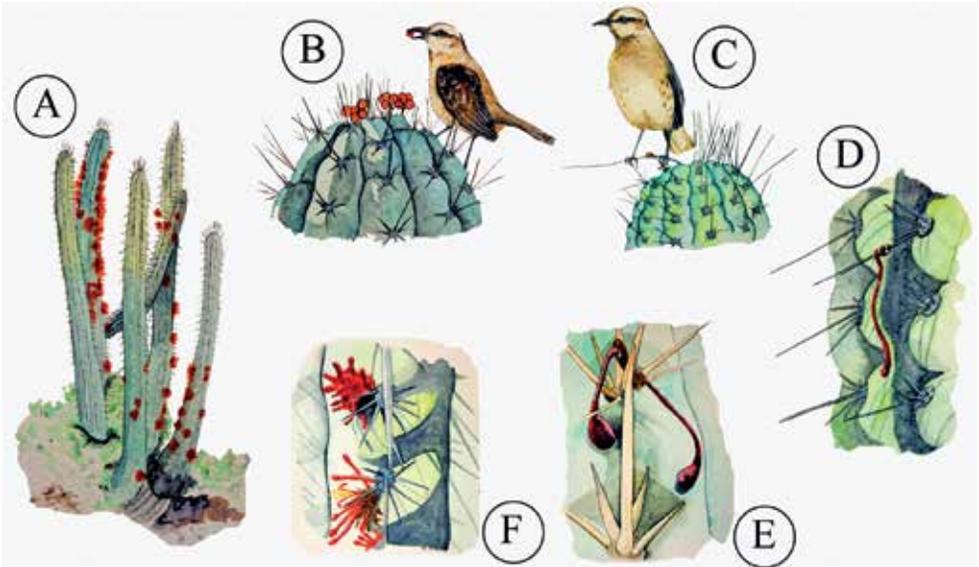


FIGURA 1. Ciclo de vida de *Tristerix aphyllus* (basado y modificado de Medel et al. 2010). A) Las inflorescencias y frutos del muérdago *Tristerix aphyllus* presentan un alto nivel de agregación sobre las plantas hospederas. B) Los frutos son los recursos alimenticios del sinsonte chileno *Mimus thenca*. C) Después de comer los frutos del muérdago, el ave suele posarse en la parte superior de los cactus y defecar las semillas pegajosas que se adhieren a la superficie o a las espinas laterales del nuevo hospedero. D) Posterior a la germinación la radícula comienza a aumentar de longitud. E) La radícula penetra la epidermis del cactus y la corteza hasta establecer la conexión vascular. F) La planta parásita crece en su interior aproximadamente durante 18 meses, tras los cuales la parte reproductora del parásito emerge de la superficie del cactus para repetir el ciclo.

presenten un alto nivel de agregación sobre las plantas hospederas y resalten por su colorido sobre los tallos de los cactus parasitados (Medel et al. 2004). Esta gran exhibición floral atractiva conlleva a un aumento en las visitas de los polinizadores (*Sephanoides sephanoides* Lesson) a las flores de *T. aphyllus* (Fernández & Fontúrbel 2021) favoreciendo la formación de frutos.

Diferentes autores han documentado algunos factores que intervienen en la incidencia de infección por semillas de *T. aphyllus* en *E. chilensis* y *E. acida*. Medel et al. (2004) reportan un incremento en la deposición de semillas en aquellos cactus donde existe un alto número de muérdagos establecidos, cuya presencia atrae al ave *Mimus thenca*, aumentando la agregación de nuevos muérdagos en los cactus.

De igual manera Martínez del Río et al. (1995), indican que el principal factor que determina la deposición de semillas de *T. aphyllus* es la presencia de una infección previa, porque estos cactus proporcionan frutos y sitios que funcionan como perchas para *M. thenca*. Una característica de los cactus columnares chilenos que influye en la interacción con las aves dispersoras de las semillas de *T. aphyllus* son las espinas, ya que representan la primera barrera contra el establecimiento del muérdago, debido a que actúan disuadiendo a las aves de posarse (perchase) en ellos (Medel et al. 2010). También, se reporta un mayor número de parásitos en plantas con mayor altura (2.4-3.2 m), en comparación con aquellas de menor altura (< 2 m), esto puede deberse a la presencia de ramas sin espinas en especies

más longevas (Martínez del Río *et al.* 1995). Por otro lado, el incremento de la longitud de las espinas disminuye la deposición de las semillas, siendo los individuos con espinas largas (12-15 cm) los que presentan menor tasa de visitas del ave dispersora (Medel 2000). Otra característica de la cual depende el establecimiento de *T. aphyllus* sobre los cactus que parasita es la longitud de la radícula. La longitud de las radículas presenta una amplia variación, abarcando de 14 a 91 mm, elongándose hasta un máximo de 137 mm antes de penetrar los tejidos del hospedero (Martínez del Río 1995) y que facilita el contacto e invasión de los tejidos (Medel *et al.* 2010). Particularmente las semillas de *T. aphyllus* presentan las radículas más largas entre los muérdagos, lo cual contrarresta la longitud de las espinas de las cactáceas que parasita, permitiendo así que la radícula de las semillas llegue hasta la epidermis del hospedero, lo cual sugiere que esta es una adaptación para llevar a cabo el establecimiento de la planta parásita (Martínez del Río 1995). De esta forma, se establecería una coevolución entre la cactácea y la planta parásita, donde los rasgos como la longitud de las espinas evitaría o reduciría la posibilidad de infección, mientras la longitud de la radícula aumenta la posibilidad de su establecimiento (Medel *et al.* 2010).

Algunas afectaciones que han sido registradas por *T. aphyllus* en las cactáceas columnares son la reducción en la proporción de frutos en un 58.8%, reducción en la producción de semillas por fruto en un 71.3% y la producción total de semillas por cactus en un 67.1% en comparación con los individuos no parasitados (Medel *et al.* 2002). De igual forma disminuyen la producción de flores y a menudo provocan la

muerte de las ramas de la planta hospedera (Martínez del Río 1995).

Parásitas estructurales y epifitismo

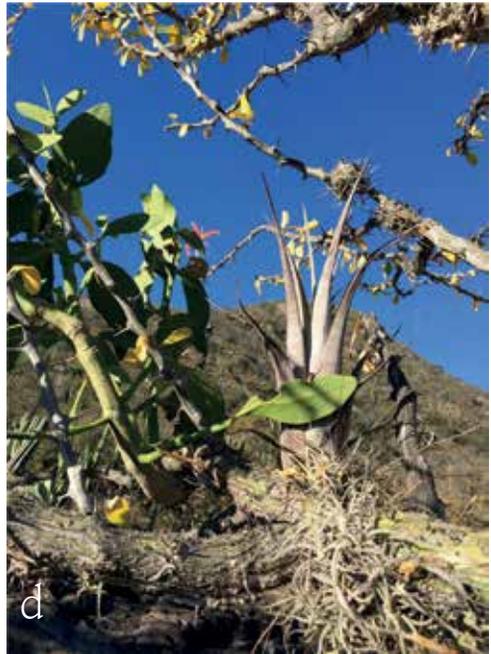
Las parásitas estructurales son aquellas plantas que generan efectos negativos en el forófito (planta que le proporciona sostén) simplemente por su contacto, sin establecer conexiones con su sistema vascular, por lo tanto, algunas epífitas han sido consideradas como parásitas estructurales (Stevens 1987). El término epifitismo se refiere a la capacidad de ciertas plantas de vivir sobre otras plantas sin extraer agua ni nutrientes, sólo estableciendo una interacción de soporte (Benzig 1990; Sáyago *et al.* 2013). Las plantas epífitas representan un grupo diverso, con más de 20 000 especies, y ecológicamente heterogéneo, con representantes xerófitos extremos hasta plantas higrófilas de sombra (Benzig 1990). Una de las familias de mayor riqueza con representantes epífitos es Bromeliaceae (Ayasta & Juarez 2020). Especialmente, el género *Tillandsia* Wilbr. presenta una distribución neotropical con alrededor de 650 especies (Ayasta & Juarez 2020). Es el género más grande de Bromeliaceae en México, con 192 especies aproximadamente, de las cuales 133 son endémicas (Espejo-Serna *et al.* 2004). El género *Tillandsia* se caracteriza por presentar hojas enteras, flores bisexuales con los sépalos connados, rara vez libres, mientras los pétalos son libres y sin apéndices, los estambres son exertos o insertos, con ovario súpero, fruto en una cápsula septicida y cuerpo vegetativo con tricomas peltados que capturan humedad y raíces modificadas (Flores-Cruz & Diego-Escobar 2008).

Diferentes especies de *Tillandsia* son epífitas de cactáceas (Foto 2, 3 y 4). Existen



Reyes M

FOTO 2. Ejemplos de parásitos estructurales sobre cactáceas de la Reserva de Tehuacán-Cuicatlán. a) *Tillandsia tehuacana* creciendo sobre *Cephalocereus columna-trajani*. b) *T. califano* en *Pilosocereus chrysacanthus*. c) *T. tehuacana* creciendo sobre *Pilosocereus chrysacanthus*. d) *T. recurvata* y *T. circinnatioides* sostenidas en *Pilosocereus chrysacanthus*.



Reyes M

FOTO 3. Ejemplos de parásitas estructurales sobre cactáceas de la Reserva de Tehuacán-Cuicatlán. a) *T. recurvata* sostenida en *Sienocereus stellatus*. b) *T. recurvata* y *T. califanii* sostenida en *Cephalocereus fulviceps*. c) *T. tehuacana* y *T. usneoides* creciendo sobre *Opuntia* sp. d) *T. tehuacana* y *T. recurvata* sostenida en *Ipomoea arborescens*.



Reyes M

FOTO 4. Ejemplo de parásitas estructurales de *Tillandsia recurvata* sobre *Leucaena esculenta* de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, México.

reportes de la presencia de *T. recurvata* (Gaudich.) Baker creciendo sobre *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto (Janeba 2009), sobre *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F.M. Knuth, *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console y *Opuntia* sp. Desv. (Flores-Palacios *et al.* 2015). También, *T. dasylirriifolia* Baker, *T. califanii* Rauh y *T. recurvata* (Gaudich.) Baker han sido observadas sobre *Cephalocereus columna-trajani* (Karw. ex Pfeiff.) K. Schum. y en menor proporción sobre *Neobuxbaumia tetetzo* (F.A.C.Weber) Backeb. y sus híbridos (García-Suárez *et al.* 2003).

Las especies de *Tillandsia* que se desarrollan en cactáceas del valle de Zapotitlán, Puebla, México, se encuentran orientadas principalmente en la sección noroeste del cactus, para disminuir su exposición al

sol, principalmente en los meses más calurosos. De igual manera los individuos de *Tillandsia* se establecen preferentemente en individuos dañados que muestran alguna grieta o donde existen huecos de nidos de pájaros, ya que la superficie lisa de los cactus dificulta el establecimiento de la epífita. Adicionalmente, *T. califanii* se orienta en bajas proporciones (2%) en el lado opuesto del cefalio de individuos de *C. columna-trajani* (García-Suárez *et al.* 2006); mientras que *T. recurvata* tiene preferencia por establecerse en el estrato medio de la planta y en los cladodios lignificados de *O. streptacantha* Lem. (Moyers 2018).

Tillandsia recurvata es una especie epífita, considerada también como parásita estructural, común en árboles, arbustos y cactus (Apodaca & Guerrero 2019). *T. recurvata* presenta plantas adultas esféricas, de unos 10-12 cm de diámetro, con un tallo reducido y raíces no funcionales, hojas lineales cubiertas por abundantes tricomas absorbentes (Zambrano *et al.* 2009), flores pequeñas y poco llamativas (Janeba 2009). Es una especie que se autopoliniza y las semillas son dispersadas por el viento (Valverde & Bernal 2010), se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta Argentina (Benzing 1990).

Recientemente, *T. recurvata* ha sido propuesta como una parásita haustorial ya que establece conexión con el xilema de la planta, adquiriendo agua del xilema de los robles (*Quercus potosina* Trel. y *Q. castanea* G. B. Emers.) durante los meses de sequía (Rodríguez-Robles & Arredondo 2022). Entre los efectos negativos a los forófitos donde se desarrolla *T. recurvata*, se citan el daño en la corteza en las zonas de adherencia con la epífita, así como alteraciones en el floema y el xilema. Los daños en el

sistema vascular provoca la disminución en el área de conducción efectiva en el caso del mezquite *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. (Pérez-Noyola *et al.* 2021), así como la reducción en el número y diámetro de los vasos y la pérdida del orden de las fibras, por lo que hay una repercusión en la movilidad del agua y los nutrientes (Aguilar-Rodríguez *et al.* 2007).

Otro efecto negativo sobre la reproducción del forófito es la disminución del número de yemas, cladodios nuevos, flores y frutos, como se ha reportado para *O. streptacantha* (Moyers 2018). También se menciona que la alta colonización de *T. recurvata* sobre *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pav. Ex Hook.) Hawkins, provoca la mortalidad de los brotes, lo cual puede deberse a la competencia por captar luz y bloquear el intercambio de gases, afectando así la respiración, transpiración y fotosíntesis (Montaña *et al.* 1997). De igual forma, en las áreas de las ramas donde se desarrolla *T. recurvata* sobre *P. praecox*, existen modificaciones anatómicas, la epidermis se ve afectada y debajo de ella se forma súber de lesión que separa la epidermis de los tejidos internos. Debido a esto, en dichas zonas se pierde el tejido epidérmico y fotosintético y si existe una alta proporción de la epífita se genera un sobrepeso en sus ramas, lo que impide el óptimo desarrollo arquitectónico (Páez-Gerardo *et al.* 2005). En el caso de *Prosopis laevigata* la alta infestación provoca la reducción de su crecimiento y aumenta la mortalidad de sus brotes (Flores-Palacios *et al.* 2014). Otros efectos reportados en especies del género *Prosopis* son la disminución en la producción de hojas nuevas (Soria *et al.* 2014). Las raíces de *T. recurvata* segregan

compuestos denominados hidroperoxi-cloartanes, que afectan al forófito, ya que actúan como inhibidores o antibióticos alelopáticos, que pueden provocar la muerte de yemas y la abscisión del follaje (Cabrera & Seldes 1995).

Debido a todos los efectos negativos provocados sobre las distintas especies de forófitos, se han propuesto distintos métodos de control. El uso del herbicida simazina es uno de los más antiguos, el cual actúa al ser absorbido por los tricomas peltados foliares de la epífita, provocando su muerte, sin ocasionar daño al forófito (Caldiz & Beltrano 1989). Otro método es el uso de fungicidas comerciales a base de cobre y la remoción manual de las epífitas (Crow 2000). De igual manera se han llevado métodos de control mecánico, podando aquellas ramas del forófito con la presencia de la epífita para incinerarlas (CONAFOR 2007). Valencia-Díaz *et al.* (2010) probaron el efecto de diferentes diluciones de fitol (Aldrich, Fitol 97%, mezcla de isómeros) y ácido palmítico (Reasol, ácido hexadecanoico), los cuales inhibieron la germinación de las semillas de *T. recurvata* hasta 57% y 65%, respectivamente. Finalmente, el uso de bicarbonato de sodio en diferentes concentraciones ha sido utilizado para controlar las poblaciones de *T. recurvata*. Velázquez (2011) utilizó dos aplicaciones de 80g/L de bicarbonato de sodio, obteniendo un porcentaje de mortalidad del 77.5%, pero era necesaria una remoción manual, porque las plantas no se desprendieron por completo. También, el uso de bicarbonato de sodio a diferentes concentraciones ha sido evaluado en *O. streptacantha*, siendo un método eficaz para deshidratar y reducir la cobertura de *T. recurvata* (Moyers 2018).

Conclusiones

Es importante continuar con la investigación sobre interacciones entre plantas que albergan a otras plantas, para seguir esclareciendo diversos aspectos sobre la relación de los forófitos con parásitas estructurales y hospederos tanto de las plantas parásitas haustoriales como parásitas estructurales. Debido a que esta interacción, en niveles altos de infestación por parte de las plantas parásitas, genera consecuencias negativas a los hospederos, se afectan diferentes aspectos en su ciclo de vida. En este sentido, estudiar el mecanismo de *T. recurvata* al comportarse como una parásita haustorial, así como las implicaciones que conllevan dicha forma de vida tanto en el hospedero como la parásita, permitiría esclarecer las condiciones por las cuales se genera esta condición. Incluso, falta indagar si otras especies de *Tillandsia* se comportan como parásitas haustoriales y si tienen conexiones vasculares. Finalmente, debido al calentamiento global al que nos enfrentamos actualmente, los rangos de distribución de las especies parásitas o sus hospederos pueden cambiar, por lo que es importante entender estas interacciones.

Agradecimientos

Al Dr. Salvador Arias Montes por corroborar la identidad de las especies de cactus que forman parte de las fotos 2 y 3. Al Sr. Maurino Reyes del Jardín Botánico Helia Bravo por la toma de fotografías de parásitas estructurales. A Diego Almendras (iNaturalist), por el permiso otorgado por el uso de su fotografía. A Joey Santore, Fernando Useros López, Coqwallon y Juan Alarcon Valenzuela (iNaturalist) por el permiso otorgado para el uso de sus fotografías en la elaboración

de la Figura 1. A Julieta Ordoñez Barrios por la ilustración de la Figura 1, y al Dr. Aldebarán Camacho por el manejo de las imágenes. Este trabajo fue apoyado por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT, IN-222021).

Literatura citada

- Aguilar-Rodríguez S, Terrazas T, Aguirre-León E & Huidobro-Salas M. 2007. Modificaciones en la corteza de *Prosopis laevigata* por el establecimiento de *Tillandsia recurvata*. *Bol Soc Bot Méx* **81**:27-35.
- Anderson EF. 2001. *The Cactus Family*. Timber Press. Portland, Oregon, USA.
- Apodaca MJ & Guerrero EL. 2019. ¿Por qué la distribución geográfica de *Tillandsia recurvata* (Bromeliaceae) se está expandiendo hacia el sur? *Bol Soc Argent Bot* **54**:255-261.
- Ayasta J & Juarez A. 2020. El género *Tillandsia* (Bromeliaceae) en el departamento de Lambayeque, Perú. *Rev Peru Biol* **27**:189-204.
- Benzing DH. 1990. *Vascular Epiphytes: General Biology and Related Biota*. Cambridge University Press, Cambridge, KU.
- Bravo-Avilez D, Zavala-Hurtado JA & Rendón-Aguilar B. 2019. Damage in Cactaceae, their geographic distribution and new evidences. *Bot Sci* **97**:551-567.
- Cabrera GM & Seldes AM. 1995. Hydroperoxycycloartanes from *Tillandsia recurvata*. *J Nat Prod* **58**:1920-1924.
- Caldiz DO & Beltrano J. 1989. Control of the Epiphytic Weeds *Tillandsia recurvata* and *T. aeranthis* with Simazine. *For Ecol Manag* **28**:153-159.
- Camacho-Velázquez A, Vázquez-Santana S & Rodríguez S. 2015. Estado crítico de las especies dioicas del género *Leuvenbergeria* Lodé (Cactaceae) del Caribe. *Cact Suc Mex* **60**:54-60.

- CONAFOR. 2007. Manual de Sanidad Forestal. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/15/810Manual%20de%20sanidad%20forestal.pdf>. Consultado el 22 de noviembre de 2021.
- Crofton HD. 1971. A quantitative approach to parasitism. *Parasitology* **62**:179-193.
- Crow W. 2000. Ball moss. Texas Agricultural extension service. The Texas A&M University System.
- de Vega C, Arista M, Ortiz PL & Talavera S. 2010. Anatomical relations among endophytic holoparasitic angiosperms, autotrophic host plants and mycorrhizal fungi: a novel tripartite interaction. *Am J Bot* **97**:730-737.
- Espejo-Serna A, López-Ferrari AR, Ramírez-Morillo I, Holst BK, Luther H & Till W. 2004. Checklist of Mexican Bromeliaceae with notes on species distribution and levels of endemism. *Selbyana* **25**:33-86.
- Fernández VP & Fontúrbel FE. 2021. Temporal variation of daily activity on pollinator and frugivorous birds simultaneously interacting with a specialized mistletoe. *Community Ecol* **22**:217-223.
- Flores-Cruz M & Diego-Escobar MV. 2008. Una especie nueva de *Tillandsia* (Bromeliaceae) de Guerrero, México. *Bol Soc Bot Méx* **82**:15-20.
- Flores-Palacios A, Barbosa-Duchateau CL, Valencia-Díaz S, Capistrán-Barradas A & García-Franco JG. 2014. Direct and indirect effects of *Tillandsia recurvata* on *Prosopis laevigata* in the Chihuahua desert scrubland of San Luis Potosí, Mexico. *J Arid Environ* **104**:88-95.
- Flores-Palacios A, García-Franco JG & Capistrán-Barradas A. 2015. Biomass, phorophyte specificity and distribution of *Tillandsia recurvata* in a tropical semi-desert environment (Chihuahuan Desert, Mexico). *Plant Ecol Evol* **148**:68-75.
- García-Suárez MD, Rico-Gray V & Serrano H. 2003. Distribution and abundance of *Tillandsia* spp. (Bromeliaceae) in the Zapotitlan Valley, Puebla, Mexico. *Plant Ecol* **166**:207-215.
- García-Suarez MD, Rico-Gray V, Molina-Aceves N & Serrano H. 2006. In-vitro germination and clonal propagation of endemic *Tillandsia califanii* Rauh (Bromeliaceae) from Mexico. *Selbyana* **27**:54-59.
- Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2003. *Catálogo de Cactáceas Mexicanas*. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Heide-Jorgensen H. 2008. *Parasitic flowering plants*. Ed. Brill. Boston.
- Hernández HM & H Godínez A. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas amenazadas. *Acta Bot Mex* **26**:33-52.
- Janeba Z. 2009. *Tillandsia recurvata*. *Cact Succ J* **81**:256-257.
- Jiménez-Sierra CL. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Rev Digit Univ* **12**:3-22.
- Korotkova N, Aquino D, Arias S, Egli U, Franck A, Gómez-Hinostrosa C, Guerrero PC, Hernández HM, Kohlbecker A, Köhler M, Luther K, Majure LC, Müller A, Metzging D, Nyffeler R, Sánchez D, Schlumpberger B & Berendsohn WG. 2021. *Cactaceae* at Caryophyllales.org—a dynamic online species-level taxonomic backbone for the family. *Willdenowia* **51**:251-270.
- Kuijt J. 1969. *The biology of parasitic flowering plants*. University of California, Berkeley, USA.
- Kuijt J. 1988. Revision of *Tristerix* (Loranthaceae). *Syst Bot Monogr* **19**:1-61.
- Martínez del Río C, Hourdequin M, Silva A & Medel R. 1995. The influence of cactus size and previous infection on bird deposition of mistletoe seeds. *Austral Ecol* **20**:571-576.

- Mauseth JD, Montenegro G & Walckowiak AM. 1985. Host infection and flower formation by the parasite *Tristerix aphyllus* (Loranthaceae). *Can J Bot* **63**:567-581.
- Medel R. 2000. Assessment of parasite mediated selection in a host-parasite system in plants. *Ecology* **81**:1554-1564.
- Medel R, Botto-Mahan C, Smith-Ramírez C, Méndez MA, Ossa CG, Caputo L & Gonzáles WL. 2002. Historia natural cuantitativa de una relación parásito-hospedero: el sistema *Tristerix*-cactáceas en Chile semiárido. *Rev Chil de Hist Nat* **75**:127-140.
- Medel R, Mendez MA, Ossa CG & Botto-Mahan C. 2010. Arms race coevolution: the local and geographical structure of a host-parasite interaction. *Evo Edu Outreach* **3**:26-31.
- Medel R, Vergara E, Silva A & Kalin-Arroyo M. 2004. Effects of vector behavior and host resistance on mistletoe aggregation. *Ecology* **85**:120-126.
- Montaña C, Dirzo R & Flores A. 1997. Structural parasitism of an epiphytic bromeliad upon *Cercidium praecox* in an intertropical semiarid ecosystem. *Biotropica* **29**:517-521.
- Moyers-Rodríguez DA. 2018. Efecto de *Tillandsia recurvata* (L.) L. (Bromeliaceae) como parásito estructural de *Opuntia streptacantha* Lem. (Cactaceae) y propuesta de control en Cadereyta de Montes, Querétaro, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, Ciudad de México.
- Nickrent DL. 2020. Parasitic angiosperms: How often and how many? *Taxon* **69**:1-23.
- Páez-Gerardo LE, Aguilar-Rodríguez S, Terrazas T, Huidobro-Salas ME & Aguirre-Léon E. 2005. Cambios anatómicos en la corteza de *Parkinsonia praecox* (Ruiz et Pavón) Hawkins causados por la epífita *Tillandsia recurvata* L. (Bromeliaceae). *Bol Soc Bot Méx* **77**:59-64.
- Pérez-Noyola FJ, Flores J, Yáñez-Espinosa, Jurado E, González-Salvatierra C & Badano E. 2021. Is ball moss (*Tillandsia recurvata*) a structural parasite of mesquite (*Prosopis laevigata*)? Anatomical and ecophysiological evidence. *Trees* **35**:135-144.
- Press MC & Phoenix GK. 2005. Impacts of parasitic plants on natural communities. *New Phytol* **166**:737-751.
- Rodríguez-Robles U & Arredondo T. 2022. The role of the geologic substrate on *Tillandsia recurvata* infestation and the development of forest decaying on a semiarid oak forest. *Catena* **208**:105724.
- Roquet CE, Coissac C, Cruaud M, Boleda F, Boyer A, Alberti L, Gielly P, Taberlet W, Thuiller J. Van & Lavergne S. 2016. Understanding the evolution holoparasitic plants: the complete plastid genome of the holoparasite *Cytinus hypocistis* (Cytinaceae). *Ann Bot* **118**:885-896.
- Sáyago R, Lopezaraiza-Mikel M, Quesada M, Álvarez-Añorve MY, Cascante-Marín A & Bastida JM. 2013. Evaluating factors that predict the structure of a commensalistic epiphyte-photosynthetic network. *Proc Royal Soc B* **280**:20122821.
- Soria F, Torres C & Galetto L. 2014. Experimental evidence of an increased leaf production in *Prosopis* after removal of epiphytes. *Flora* **209**:580-586.
- Stevens GC. 1987. Lianas as structural parasites: the *Bursera simaruba* example. *Ecology* **68**:77-81.
- Valencia-Díaz S, Flores-Palacios A, Rodríguez-López V, Ventura-Zapata E & Jiménez-Aparicio AR. 2010. Effect of host-bark extracts on seed germination in *Tillandsia recurvata*, an epiphytic bromeliad. *J Trop Ecol* **26**:571-581.
- Valverde T & Bernal R. 2010. ¿Hay asincronía demográfica entre poblaciones locales de

- Tillandsia recurvata*?: Evidencias de su funcionamiento metapoblacional. *Bol Soc Bot Méx* **86**:23-36.
- Velázquez L. 2011. Prueba de Bicarbonato de Sodio y Rexal para el control de *Tillandsia recurvata*, en *Pinus cembroides* Zucc. en el ejido Cuauhtémoc, Saltillo Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México.
- Watling JR & Press MC. 2001. Impacts of infection by parasitic angiosperms on host photosynthesis. *Plant Biol* **3**:244-250.
- Westwood JH, Yoder JI, Timko MP & dePamphilis CW. 2010. The evolution of parasitism in plants. *Trends Plant Sci* **15**:227-235.
- Yoshida S, Cui S, Ichihashi Y & Shirasu K. 2016. The haustorium, a specialized invasive organ in parasitic plants. *Annu Rev Plant Biol* **67**:643-667.
- Zambrano A, Medina C, Rojas A, López D, Chang L & Sosa G. 2009. Distribution and sources of bioaccumulative air pollutants at Mezquital Valley, Mexico, as reflected by the atmospheric plant *Tillandsia recurvata*. *Atmospheric Chem Phys* **9**:6479-6494.

Recibido: enero 2022; Aceptado: marzo 2022.
Received: January 2022; Accepted: March 2022.
Publicado: junio 2024; Published: June 2024.

Listado de especies de la Familia Cactaceae en un ejido del municipio de Peñamiller, Querétaro, México

Matías-Cruz José Manuel^{1,2}, Briseño-Sánchez María Isabel² & Mandujano María C^{2*}

Resumen

Las cactáceas forman parte del característico paisaje de las zonas áridas de México, junto a los magueyes, los mezquites y las yucas. En la zona sur del Desierto Chihuahuense se encuentra el Semidesierto Queretano, reconocido por su alta riqueza de especies en áreas relativamente pequeñas. A pesar de ser el hábitat de varias cactáceas endémicas, la mayor parte del Semidesierto Queretano no está protegido. El objetivo de este trabajo fue realizar el listado de cactáceas de un ejido ubicado en el municipio de Peñamiller, Querétaro. Los muestreos fueron realizados de 2019 a 2020, se hicieron recorridos en el sitio, se llevó a cabo un registro fotográfico y se identificaron las especies de cactáceas a partir de listados florísticos de la región y con ayuda de la plataforma de ciencia ciudadana Naturalista. Además, se consultó si las especies se encontraban en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, y se registró su abundancia en el sitio. Se registraron 17 especies de cactáceas de 12 géneros; 5 especies de la subfamilia Opuntioideae y 12 especies de la subfamilia Cactoideae. La mayoría de los géneros estuvieron representados por una especie, a excepción de *Cylindropuntia* con 3 especies; *Opuntia*, *Coryphantha* y *Mammillaria* con 2 especies cada uno. El 50% de las especies de la subfamilia Cactoideae están incluidas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se determinó que el 65% del total de cactáceas registradas son frecuentes, mientras que la mayoría de las especies de Opuntioideae son escasas. En el ejido se encuentran especies endémicas del Semidesierto Queretano, como *Lophophora diffusa* y *Thelocactus leucacanthus* subsp. *schmollii*, lo que indica que áreas relativamente pequeñas pueden contribuir a la conservación de especies con distribución restringida.

Palabras clave: ciencia ciudadana, Desierto Chihuahuense, Naturalista, Semidesierto Queretano, zonas áridas.

Abstract

Cacti are part of the characteristic landscape of the arid areas of Mexico, alongside agaves, mesquites, and yuccas. In the southern region of the Chihuahuan Desert is the Queretaroan Semi-arid region, recognized for its high species richness in relatively small areas. Despite being the habitat for numerous endemic cacti, the majority of the Queretaroan Semi-arid region is not protected. The aim of this study was to compile a list of cacti from an ejido located in the

¹ Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510 CDMX

² Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior Ciudad Universitaria, 04510 CDMX

* Autora de correspondencia: mcmandujano@iecologia.unam.mx

municipality of Peñamiller, Querétaro. The sampling was conducted from 2019 to 2020, with site surveys, photographic documentation, and species identification based on floristic lists of the region and the citizen science platform Naturalista. Additionally, we assessed the species' risk category classification in accordance with NOM-059-SEMARNAT-2010, and recorded their abundance on site. A total of 17 cactus species from 12 genera were recorded. Five species from the Opuntioideae subfamily and 12 species from the Cactoideae subfamily. Most genera were represented by one species, except for *Cylindropuntia* with 3 species, and *Opuntia*, *Coryphantha*, and *Mammillaria* with 2 species each. The 50% of the species from Cactoideae subfamily are included in some risk category in accordance with NOM-059-SEMARNAT-2010. We were determined that 65% of the total recorded cacti are frequent, while the majority of Opuntioideae species are scarce. In the ejido, species endemic to the Queretaroan Semi-arid region were present, such as *Lophophora diffusa* and *Thelocactus leucacanthus* subsp. *schmollii*, which indicates that relatively small areas can contribute to the conservation of species with restricted distribution.

Keywords: arid zones, citizen science, Chihuahuan Desert, Naturalist, Queretaroan Semi-arid region.

Introducción

En México, las zonas áridas y semiáridas ocupan más de la mitad del territorio y son sitios con altas tasas de endemismos (Rzedowski 1978, 2005; Zamudio *et al.* 1992; Medrano 2012), en estas zonas se encuentran los centros de origen y/o diversificación de familias como Agavaceae, Crassulaceae y Cactaceae (Eguiarte *et al.* 2000; Mort *et al.* 2001; Hernández-Hernández *et al.* 2014). Una de las zonas áridas más extensas del país es la del Desierto Chihuahuense, este desierto es reconocido como una región prioritaria para la conservación de la biodiversidad a nivel global por su alta riqueza de especies (Hernández-Magaña *et al.* 2012). Las diversas comunidades vegetales presentes en el Desierto Chihuahuense, entre las que encontramos al matorral alto espinoso con *Myrtillocactus geometrizans*, *Prosopis juliflora* y *Stenocereus griseus* como especies dominantes; y al matorral rosetófilo en el que destacan especies como *Agave lechuguilla*, *Hechtia glomerata*, *Yucca* spp. y *Dasyllirion* spp.; aunado a los gradientes ambientales y la variedad de

tipos de suelo (Medrano 2012), han contribuido a que el Desierto Chihuahuense sea parte importante de la historia evolutiva de familias de angiospermas como Cactaceae, para la que se reconoce como el mayor centro de diversidad (Gómez-Hinostrosa & Hernández 2000; Hernández-Oria *et al.* 2007; Hernández-Hernández *et al.* 2014), ya que más de 300 de las 600 especies de cactáceas registradas para México se encuentran en este desierto (Hernández-Oria *et al.* 2007).

En la zona sur del Desierto Chihuahuense se encuentra el Semidesierto Queretano (Sánchez *et al.* 2006; Hernández-Magaña *et al.* 2012). Esta región cubre los municipios de Cadereyta, Ezequiel Montes, Colón, Peñamiller y Tolimán; comprende alrededor del 30% de la superficie total del estado de Querétaro (Zamudio *et al.* 1992; Hernández-Magaña *et al.* 2012; de la Cruz *et al.* 2023); y presenta matorrales xerófilos como el tipo de vegetación dominante (Zamudio *et al.* 1992; Rzedowski *et al.* 2012). Diversos estudios han contribuido al conocimiento de las especies vegetales del Semidesierto Queretano (p. ej., Zamudio 1984; Argüelles

et al. 1991; Fernández & Colmenero 1997; Chávez *et al.* 2006; Hernández-Magaña *et al.* 2012; Rzedowski *et al.* 2012). Por resaltar alguno, en el trabajo de Hernández-Magaña *et al.* (2012) se reportan más de 200 especies de plantas de 63 familias para el Cuadrante Tolimán, y se destaca la familia Cactaceae ya que el 23.8% del total de especies enlistadas pertenece a esta familia botánica.

Los listados florísticos del Semidesierto Queretano muestran una alta riqueza de especies en áreas relativamente pequeñas (Fernández & Colmenero 1997; Hernández-Magaña *et al.* 2012). Esta zona semiárida es el hábitat de cactáceas endémicas como *Lophophora diffusa*, *Thelocactus leucacanthus* subsp. *schmollii*, *Echinocereus schmollii* y *Mammillaria mathildae* (Hernández & Bárcenas 1995; Scheinvar 2004), y ha sido el sitio para desarrollar diversos estudios ecológicos (p. ej., Olmos-Lau & Mandujano 2016; Fernández-Muñoz 2017; Reyes-Tovar 2019; Briseño-Sánchez *et al.* 2020; Delgado-Ramírez *et al.* 2021). Sin embargo, un punto que merece la atención es la falta de protección en la mayoría de las localidades que conforman el Semidesierto Queretano, con excepción de una porción que forma parte de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, y de un área que está bajo protección estatal (Hernández-Oria *et al.* 2007; Hernández-Magaña *et al.* 2012; de la Cruz *et al.* 2023).

Ante el acelerado cambio de uso de suelo y de otros factores de disturbio que pone en riesgo la diversidad de especies del semidesierto (Chávez *et al.* 2006; Hernández-Magaña *et al.* 2012), se reconoce la importancia de realizar estudios a nivel municipal y ejidal que contribuyan al conocimiento de la biodiversidad y permitan sumar registros de especies raras (Fernández & Colmenero 1997; Rzedowski *et al.* 2012). Además, los

listados florísticos son importantes para impulsar estudios ecológicos, genéticos y de conservación. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo realizar el listado de las cactáceas presentes en un ejido ubicado en el Semidesierto Queretano, además de conocer su abundancia en el sitio.

Material y métodos

Sitio de estudio

La localidad Agua de Ángel (Foto 1) se encuentra en el municipio de Peñamiller, en los límites del municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro, México (20° 57' y 21° 14' latitud N; 99° 42' y 100° 02' longitud O). Presenta un clima semicálido seco (BS1k), con un período de lluvias que comprende de abril a octubre, con picos en junio (81.9 mm) y septiembre (82.3 mm); con una precipitación anual promedio de 456 mm (García 1988). La temperatura anual promedio es de 21.7 °C (WU 2020). La vegetación que predomina en el sitio es matorral xerófilo micrófilo, con arbustos de hojas pequeñas como *Larrea tridentata*, *Acacia farnesiana*, *Dalea bicolor* y *Mimosa* spp. (Rzedowski *et al.* 2012; Jiménez-Guzmán 2016). Esta zona tiene un nivel considerable de perturbación debido a actividades como la ganadería y la minería (Olmos-Lau 2016).

Registro e identificación de especies

En campo, se realizaron muestreos por “vagabundeo”, los cuales consistieron en hacer recorridos en el sitio para registrar la presencia de especies de la familia Cactaceae, en un periodo comprendido entre noviembre de 2019 y diciembre de 2020. Los recorridos se llevaron a cabo por cuatro personas, de 10:00 a 14:00 h. Al final del periodo de muestreo se abarcó un área aproximada de 30,000 m². Los ejemplares de cactáceas que se encontraron fueron fotografiados y posteriormente identificados por medio

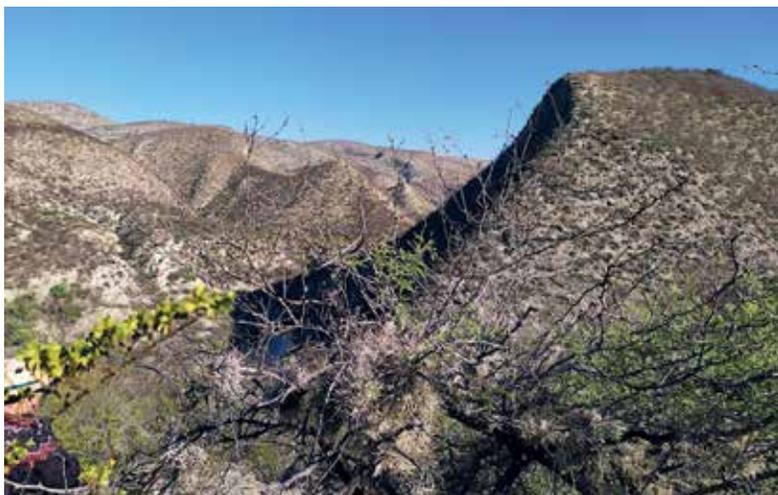


FOTO 1. Ejido de Agua de Ángel, municipio Peñamiller, Querétaro, México.

de listados florísticos del estado de Querétaro (Scheinvar 2004), y con ayuda de la aplicación de ciencia ciudadana iNaturalist. Posteriormente se determinó la riqueza de especies, y para cada especie se consultó si se encontraba incluida en alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Adicionalmente, con el fin de conocer la abundancia de las cactáceas en el sitio de estudio, durante los recorridos se registró la frecuencia relativa de las especies observadas, cada especie se clasificó según los siguientes criterios: Escasa (de 1 a 50 individuos observados) y Frecuente (más de 50 individuos observados). Se realizó una revisión bibliográfica de trabajos de la familia Cactaceae desarrollados en el ejido de Agua de Ángel para corroborar los datos de abundancia registrados en este trabajo.

Resultados

Se registraron 17 especies de la familia Cactaceae, de las cuales 5 pertenecen a la subfamilia Opuntioideae (Foto 2) y 12 a la subfamilia Cactoideae (Foto 3). La subfamilia Opuntioideae fue la menos representada,

con los géneros *Cylindropuntia* y *Opuntia*. Mientras que, la subfamilia Cactoideae fue la mejor representada, con los géneros *Astrophytum*, *Coryphantha*, *Echinocactus*, *Echinocereus*, *Ferocactus*, *Lophophora*, *Mammillaria*, *Myrtillocactus*, *Strombocactus* y *Thelocactus* (Cuadro 1). La mayoría de los géneros registrados están representados por una sola especie, a excepción de *Cylindropuntia* con 3 especies; y *Opuntia*, *Coryphantha* y *Mammillaria* con 2 especies para cada género.

En cuanto a las cactáceas enlistadas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se determinó que el 50% de las especies de la subfamilia Cactoideae registradas en el sitio están incluidas en alguna categoría. Tres especies se consideran Sujetas a protección especial (Pr), 2 especies se encuentran en la categoría de Amenazadas (A), y 1 especie se considera En peligro de extinción (P) (Cuadro 2). Ninguna especie de la subfamilia Opuntioideae registrada en este estudio aparece en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Se determinó que el 65% del total de especies registradas son frecuentes en el sitio



FOTO 2. Especies de la subfamilia Opuntioideae registradas en el ejido de Agua de Ángel, Peñamiller, Querétaro. A) *Cylindropuntia kleiniae*, B) *Cylindropuntia leptocaulis*, C) *Cylindropuntia imbricata*, D) *Opuntia microdasys*, E) *Opuntia cantabrigiensis*. Fotografías por: MI Briseño-Sánchez, JA Aranda-Pineda y G Manzanarez-Villasana.

CUADRO 1. Especies de cactáceas registradas en el ejido de Agua de Ángel, Peñamiller, Querétaro. Se hace una breve descripción de la especie (Scheinvar 2004) y se indica si se encuentra en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Especie	Subfamilia	Categoría de riesgo	Descripción
<i>Strombocactus disciformis</i> (DC.) Britton & Rose	Cactoideae	Amenazada	Plantas geófitas, solitarias o cespitosas. Tallo de 4 a 8 cm de ancho, aplanado a semigloboso, con el ápice depresso. Tubérculos romboidales de color verde grisáceo, dispuestos en espiral. Espinas de 1 a 4, de color blanco grisáceo. Flores de color crema o púrpuro, apicales, surgen del centro de la planta. Fruto de color púrpura, de 7 mm de longitud, semi-carnoso al madurar.
<i>Lophophora diffusa</i> (Croizat) Bravo	Cactoideae	En peligro de extinción	Plantas geófitas, solitarias o cespitosas desde la base, pueden formar clones o colonias. Tallos de color verde glauco o verde amarillento, globoso deprimido, de 2 a 7 cm de altura. Espinas ausentes. Flores apicales rodeadas por lana, de tonalidades rosas o blancas. Fruto claviforme de color rosa.
<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto	Cactoideae	Sujeta a protección especial	Planta globosa a anchamente columnar. Tallo color verde claro, glauco, hasta 2.5 m de ancho y cerca de 3 m de altura, con lana en el ápice. Costillas de 21 a 30, en ocasiones hasta 50. Espinas color amarillento con tintes rojizos, se vuelven grisáceas con la edad. Flores color amarillo que brotan de la masa lanosa del ápice. Fruto seco, elíptico, amarillento con escamas numerosas.
<i>Thelocactus leucacanthus</i> subsp. <i>schmollii</i> (Werdern.) Mosco & Zanovello	Cactoideae	Sujeta a protección especial	Plantas solitarias o cespitosas que llegan a formar grandes clones. Tallo color verde amarillento, globoso a cilíndrico. Costillas alrededor de 12. Espinas radiales 13 a 19, espina central en ocasiones ausente. Flores de color púrpuro rosado. Fruto verde amarillento, dehiscente por un poro basal.

Especie	Subfamilia	Categoría de riesgo	Descripción
<i>Mammillaria parkinsonii</i> Ehrenb.	Cactoideae	Sujeta a protección especial	Planta solitaria o cespitosa con ramas dicotómicas, formando grandes clones. Tallo color verde azulado, punteado de blanco, depreso-globoso a cilíndrico. Espinas radiales 30 o más, espinas centrales por lo general 4. Flores amarillo pálido, cerca de 1.5 cm de longitud. Fruto rojizo, claviforme.
<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console	Cactoideae	No aplica	Planta arborescente, tallo muy ramificado, color verde glauco, candelabriforme, de 2 a 8 metros de altura. Con 3 a 5 espinas radiales y 1 central, a veces ausente. Inflorescencias cortas con 6 a 12 flores blancas a verde olivo, con tintes purpúreos. Fruto color rojo violeta, ovoide a redondo, sin espinas.
<i>Mammillaria elongata</i> (DC.)	Cactoideae	No aplica	Planta muy cespitosa desde la base, cilíndrica con el ápice redondeado, erecta o algo postrada. Tallo color verde claro. Espinas radiales 25 a 30, amarillas a marrón, espinas centrales generalmente ausentes. Flores blancas o de color rosa tenue. Fruto claviforme, de color rosa a rojo.
<i>Coryphantha erecta</i> (Lem. ex Pfeiff.) Lem.	Cactoideae	No aplica	Planta erecta, cespitosa desde la base, crece en colonias. Tallo de color verde a amarillento, cilíndrico, hasta 50 cm de altura. Espinas radiales hasta 18, de color marrón dorado, espinas centrales de color marrón amarillento. Flores amarillas subapicales, de 6 a 7.5 cm de longitud. Fruto cilíndrico de color verde.
<i>Coryphantha radians</i> (DC.) Britton & Rose	Cactoideae	No aplica	Planta solitaria, globosa. Tallo de color verde oscuro, ápice un poco aplanado, cubierto por las espinas. Tubérculos ovoides, surco bien marcado con lana grisácea. Espinas radiales color blanquecino o amarillento, de 10 a 20, espina central generalmente ausente, cuando está presente es de color negruzco. Flores de color amarillo dorado. Fruto de color verde.
<i>Astrophytum ornatum</i> (DC.) Britton & Rose	Cactoideae	Amenazada	Plantas solitarias, subglobosas, cilíndricas al crecer, pueden alcanzar más de 1 m de altura. Generalmente con 8 costillas, generalmente provistas de estigmas. Espinas de 5 a 11, color amarillo a marrón. Flores amarillas, apicales, de 7 a 9 cm de longitud. Fruto semicarnoso, abre desde la base como una estrella.
<i>Echinocereus pentalophus</i> (DC.) Lem.	Cactoideae	No aplica	Planta postrada, decumbente o erecta, cespitosa que forma clones. Tallos color verde grisáceo o verde amarillento, cilíndricos con tubérculos bajos y aréolas circulares. Espinas radiales de 4 hasta 8, blancas o amarillentas con la edad, de 1 a 3 espinas centrales. Flores subapicales de color rosa intenso a violeta, de hasta 12 cm de longitud. Fruto verde, ovoide, con espinas color marrón.
<i>Ferocactus echidne</i> (DC.) Britton & Rose	Cactoideae	No aplica	Planta solitaria, a veces cespitosa cuando es adulta. Tallo semigloboso, depreso-globoso, raramente cilíndrico, de color verde amarillento o verde oscuro. Espinas radiales de 7 a 9, amarillas y robustas, estriadas en la base. Flores color amarillo verdoso, apicales y subapicales. Fruto globoso a ovoide, carnoso, de color verde muy claro.
<i>Opuntia microdasys</i> (Lehm.) Pfeiff.	Opuntioideae	No aplica	Planta arbustiva baja, postrada o ascendente, forma matorrales de hasta 1 m de altura. Tronco sin espinas, pero con aréolas provistas con prominentes glóquidas. Cladodios de color verde claro, obovados, de 8 a 15 cm de largo. Glóquidas muy numerosas, de color amarillo dorado, rojizas o blancas. Flores amarillas con tintes rojizos. Fruto de color purpúreo con numerosas glóquidas.

Especie	Subfamilia	Categoría de riesgo	Descripción
<i>Opuntia cantabrigiensis</i> Lynch	Opuntioideae	No aplica	Planta arbustiva, de hasta 2 m de altura, tronco definido. Cladodios con epidermis glabra de color verde pálido, anchamente obovados, de entre 12 y 20 cm de largo. Aréolas distantes entre sí, circulares, con lana negruzca y glóquidas amarillas, con 3 a 6 espinas. Flores amarillas a veces con tintes rojizos o salmón. Fruto globoso, de color rojo purpúreo.
<i>Cylindropuntia kleiniae</i> (DC.) F.M.Knuth	Opuntioideae	No aplica	Planta arbustiva, hasta 3 metros de altura. Ramas verticiladas, ascendentes, de más de 20 cm de largo. Tubérculos prominentes, claviformes. Glóquidas de color amarillo claro. Espinas de 1 a 7, amarillas a grisáceas, con vaina papirácea que las recubre. Flores purpúreas a rojizas, con base vercosa. Fruto de color naranja a rojo, ovoide a cilíndrico.
<i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) F.M.Knuth	Opuntioideae	No aplica	Planta arbustiva, de 1 a 4 metros de altura. Tronco principal ramificado. Ramas ascendentes, con cladodios verticilados. Tubérculos imbricados, largamente elípticos. Espinas amarillas, no diferenciadas en radiales y centrales, con cubierta papirácea. Flores de color púrpura con la base más clara. Fruto de color amarillo verdoso, subgloboso.
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i> (DC.) F.M.Knuth	Opuntioideae	No aplica	Planta arbustiva, hasta 1.8 metros de altura. Tronco bien definido, casi no tuberculado. Ramas cilíndricas. Glóquidas de color marrón amarillento a rojizo. Espinas aciculares blancas, rojizas o grisáceas, recubiertas por una vaina papirácea. Flores amarillo-verdosas, dispuestas hacia el ápice de las ramas. Fruto rojo o anaranjado, de forma ovoide.

Nota: Existen 4 categorías de riesgo incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: 1) Probablemente extinta en vida silvestre (E), en donde no hay registro de individuos en vida silvestre, pero si en cautiverio o fuera del territorio nacional; 2) En peligro de extinción (P), en donde las especies redujeron sus poblaciones de manera drástica poniendo en riesgo su viabilidad; 3) Amenazadas (A), aquellas especies que podrían desaparecer a mediano o corto plazo si las actividades que las ponen en riesgo continúan a mayor o igual velocidad; 4) Sujetas a protección especial (Pr), aquellas especies que podrían estar amenazadas por actividades que comprometan su viabilidad.

de estudio. En cuanto a las especies registradas como escasas, se estableció que 3 de las 5 especies de la subfamilia Opuntioideae son escasas, y sólo 3 de las 12 especies de la subfamilia Cactoideae estuvieron en esta categoría (Cuadro 2).

Discusión

Las cactáceas forman parte de los paisajes representativos de las zonas áridas y semiáridas de México (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991). El presente listado reconoce un total de 17 especies de cactáceas agrupadas en 12 géneros de dos subfamilias para un área pequeña del Semidesierto

Queretano. La mayoría de las especies registradas en este trabajo pertenecen a la subfamilia Cactoideae, lo que coincide con lo reportado en la literatura, ya que la subfamilia Cactoideae es la que concentra más especies de cactáceas, seguida de la subfamilia Opuntioideae (Anderson 2001).

Hernández-Oria *et al.* (2007) señalan que la diversidad del Desierto Chihuahuense ha sido influida por procesos regionales. El Semidesierto Queretano es reconocido por su riqueza florística y por la gran cantidad de especies endémicas (Hernández-Magaña *et al.* 2012). A pesar de ser un área pequeña, en el ejido estudiado en Agua de Ángel estuvieron presentes especies consideradas



FOTO 3. Especies de la subfamilia Cactoideae registradas en el ejido de Agua de Ángel, Peñamiller, Querétaro. A) *Coryphantha radians*, B) *Echinocereus pentalophus*, C) *Strombocactus disciformis*, D) *Astrophytum ornatum*, E) *Thelocactus leucacanthus* subsp. *schmollii*, F) *Echinocactus platyacanthus*, G) *Lophophora diffusa*, H) *Ferocactus echidne*, I) *Coryphantha erecta*, J) *Myrtillocactus geometrizans*, K) *Mammillaria elongata*, L) *Mammillaria parkinsonii*. Fotografías: MI Briseño-Sánchez, JM Matías-Cruz y JA Aranda-Pineda.

endémicas para el Semidesierto Queretano, tales como *L. diffusa* y *T. leucacanthus* subsp. *schmollii*, esto indica que áreas relativamente pequeñas pueden contribuir a la conservación de especies con distribución restringida al Semidesierto Queretano.

En cuanto a las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT, nuestros resultados señalan que las cactáceas consideradas en alguna categoría de riesgo están acotadas a la subfamilia Cactoideae, la mitad de las especies registradas de esta subfamilia aparecen como especies en peligro de extinción, amenazadas o sujetas a protección especial. Algunas de las especies incluidas en estas categorías son especies endémicas del Semidesierto Queretano como *L. diffusa* (Díaz-Segura *et al.* 2012), especies saqueadas que han estado bajo comercio ilegal como *S. disciformis* (Olmos-Lau &

Mandujano 2016) o especies que han sido explotadas para la obtención de recursos como *E. platyacanthus* (Jiménez-Sierra & Eguiarte 2010). El Semidesierto Queretano presenta altos niveles de disturbio debido a actividades como la ganadería, la agricultura y la minería (Díaz-Segura *et al.* 2012), lo que también se ha señalado específicamente para el ejido estudiado en Agua de Ángel (Olmos-Lau 2016). De manera general, se ha señalado que las principales amenazas para las cactáceas son el cambio de uso de suelo y el saqueo de ejemplares y semillas (Goettsch *et al.* 2015). A esto se suma la falta de protección de la mayoría de localidades del Semidesierto Queretano y otras amenazas como los incendios forestales (de la Cruz *et al.* 2023).

Se determinó que la mayoría de las especies registradas en este trabajo son

CUADRO 2. Frecuencia relativa de las cactáceas registradas en el ejido de Agua de Ángel, Peñamiller, Querétaro. Se siguió el siguiente criterio: Escaso (de 1 a 50 individuos observados) y Común (más de 50 individuos observados).

Especie	Frecuencia relativa	Fuente
<i>Strombocactus disciformis</i>	Común	Olmos-Lau (2016)
<i>Lophophora diffusa</i>	Común	Briseño-Sánchez <i>et al.</i> (2020)
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	Escaso	Observación personal
<i>Thelocactus leucacanthus</i> subsp. <i>schmollii</i>	Común	García-Becerril (2020)
<i>Mammillaria parkinsonii</i>	Común	Jiménez-Guzmán (2016)
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Común	Observación personal
<i>Mammillaria elongata</i>	Común	Observación personal
<i>Coryphantha erecta</i>	Escaso	Observación personal
<i>Coryphantha radians</i>	Común	Observación personal
<i>Astrophytum ornatum</i>	Escaso	Observación personal
<i>Echinocereus pentalophus</i>	Común	Reyes-Tovar (2019)
<i>Ferocactus echidne</i>	Escaso	Observación personal
<i>Opuntia microdasys</i>	Escaso	Observación personal
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	Escaso	Observación personal
<i>Cylindropuntia kleiniinae</i>	Común	Observación personal
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Escaso	Observación personal
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	Común	Observación personal

frecuentes, a excepción del 25% que fueron consideradas escasas. Se resalta la importancia de realizar estudios poblacionales para determinar las causas y consecuencias del bajo número de individuos de estas especies en el sitio. Una de las especies considerada como escasa es *A. ornatum*, ya que se registraron menos de 50 individuos durante los recorridos. De acuerdo a un estudio realizado por Carrillo-Ángeles *et al.* (2016) *A. ornatum* muestra una amplitud de nicho estrecha (las condiciones ambientales, el conjunto de recursos e interacciones bióticas necesarias para que especie habite un sitio son muy específicas), en comparación

con otras especies del mismo género, esto contribuye a que sus poblaciones sean más susceptibles a desaparecer debido al cambio climático, cambio de uso de suelo y otros factores antropogénicos, si a esto le sumamos que es una especie Amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010, la convierte en una de las especies que necesitan de acciones para su conservación en el ejido estudiado en Agua de Ángel.

A diferencia de otras localidades en el Desierto Chihuahuense en donde el género *Opuntia* predomina y se conocen poblaciones grandes de varias especies (Anderson 2001; Flores & Yeaton 2003), en el presente

trabajo las observaciones señalan que las especies de este género son escasas. Por un lado, solo se registró un individuo de *O. cantabrigiensis* durante los recorridos lo que sugiere que la población en el sitio de estudio podría no ser una población viable. Por otra parte, para la especie *O. microdasys*, además de registrarla como una especie escasa, los individuos encontrados en todos los recorridos no presentaron estructuras reproductivas (*i. e.*, flores, frutos o semillas), lo que sugiere la presencia de una población conformada en mayor proporción por individuos juveniles. Estudios posteriores deberían analizar el impacto del tamaño poblacional, el sistema reproductivo y la estructura poblacional en la conservación de las poblaciones a largo plazo y corroborar si estas poblaciones pequeñas muestran baja diversidad (Esparza-Olguín 2004). Además, hay diversos factores que pueden afectar la distribución y la abundancia de las cactáceas como la temperatura anual, la latitud, las precipitaciones, y el contenido de materia orgánica y otras propiedades del suelo como se ha reportado para el género *Neobuxbaumia* (Ruedas *et al.* 2006).

Este listado pretende ser una guía para impulsar estudios que aporten a la conservación de las especies de cactáceas. El área de estudio se encuentra en los límites de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda por lo que no está dentro de un área protegida. Se reconoce la presencia de 17 especies de cactáceas de 12 géneros y 2 subfamilias, entre las especies enlistadas hay cactáceas endémicas, en alguna categoría de riesgo y/o cactáceas registradas como escasas. Este estudio señala que áreas relativamente pequeñas pueden contribuir a la conservación de especies con distribución restringida al Semidesierto Queretano.

Agradecimientos

Agradecemos al M. en C. Daniel Alejandro Olvera Sule y a la Dra. Nancy Contreras Moreno por el impulso y sugerencias a este trabajo. Se agradece a M. en C. José Antonio Aranda-Pineda y al Biólogo Gerardo Manzanarez-Villasana por proporcionar fotografías de algunas especies de cactáceas registradas en este trabajo.

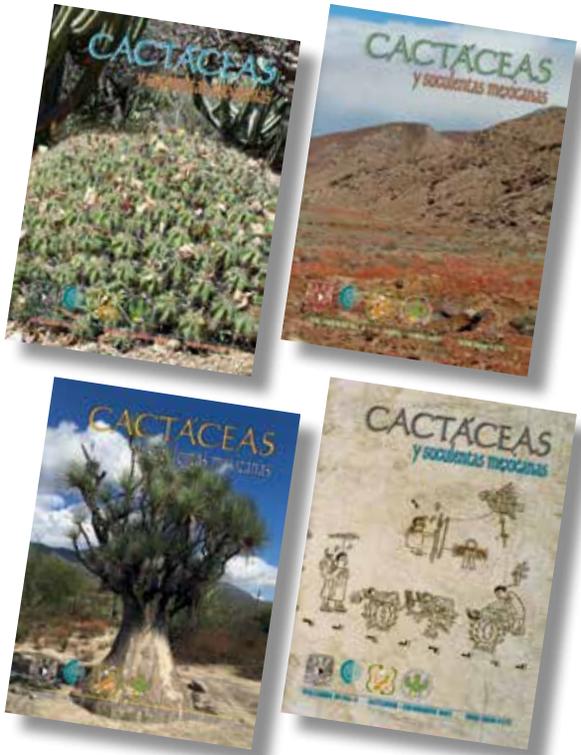
Literatura citada

- Anderson EF. 2001. *The cactus family*. Timber Press, Inc. Portland, Oregon, USA.
- Argüelles E, Fernández R & Zamudio S. 1991. *Listado florístico preliminar del estado de Querétaro*. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo complementario II. Instituto de Ecología AC, Centro Regional del Bajío, Querétaro, México.
- Bravo-Hollis H & Sánchez-Mejorada H. 1991. *Las cactáceas de México*, II. UNAM, México.
- Briseño-Sánchez MI, Martínez-Peralta C & Mandujano MC. 2020 Population structure and reproductive biology of peyote (*Lophophora diffusa*, Cactaceae), a threatened species with pollen limitation. *J Torrey Bot Soc* **147**:243-257.
- Carrillo-Angeles IG, Suzán-Azpiri H, Mandujano MC, Golubov J & Martínez-Ávalos JG. 2016. Niche breadth and the implications of climate change in the conservation of the genus *Astrophytum* (Cactaceae). *J Arid Environ* **124**:310-317.
- Chávez R, Sánchez E, Hernández M, Hernández-Oria JG & Hernández R. 2006. Propagación de especies amenazadas de la familia Cactaceae del Semidesierto Queretano. *Bol. Soc. Lat. Car. Cact Suc Mex* **3**:9-13.
- de la Cruz YHU, Aguilar BM, Martínez MMH, Díaz GDJA & Martínez ES. 2023. Perspectiva sobre los incendios forestales en el semidesierto queretano hidalguense,

- México. *Naturaleza y Sociedad. Desafíos Medioambientales* **5**:41-65.
- Delgado-Ramírez V, Camacho-Velázquez A & Vázquez-Santana S. 2021. Biología reproductiva de *Thelocactus leucacanthus* ssp. *schmollii* (Cactaceae), un cactus microendémico de Querétaro, México. *Bot Sci* **99**:791-806.
- Díaz-Segura O, Jiménez Sierra C, Matías Palafox M & Vázquez-Díaz E. 2012. Evaluación del estado de conservación del peyote queretano *Lophophora diffusa* Croizat (Bravo), cactácea endémica del desierto Querétaro-Hidalguense, México. *Cact Suc Mex* **57**:68-85.
- Eguiarte LE, Souza V & Silva-Montellano A. 2000. Evolution of the Agavaceae family: Phylogeny, reproductive biology and population genetics. *Bot Sci* **66**:131-150.
- Esparza-Olguín L. 2004. Qué sabemos de la rareza: un enfoque genético-demográfico. *Bot Soc Bot Mex* **75**:17-32.
- Fernández R & Colmenero JA. 1997. Notas sobre la vegetación y flora del municipio de San Joaquín, Querétaro, México. *Polibotánica* **4**:10-36.
- Fernández-Muñiz TY. 2017. Dinámica poblacional y evaluación del estado de conservación de un cactus endémico del Desierto Chihuahuense. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Flores FJL & Yeaton RI. 2003. The replacement of arborescent cactus species along a climatic gradient in the southern Chihuahuan Desert: competitive hierarchies and response to freezing temperatures. *J Arid Environ* **55**:583-594.
- García E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México.
- García-Becerril LG. 2020. Biología floral de *Thelocactus leucacanthus* ssp. *schmollii* (Werdern.) Mosco y Zanovello (Cactaceae) en una localidad del semidesierto queretano, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Goettsch B, Hilton-Taylor C, Cruz-Piñón G, Duffy JP, *et al.* 2015. High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nature Plants* **1**:1-7.
- Gómez-Hinostrosa C & Hernández HM. 2000. Diversity, geographical distribution and conservation of Cactaceae in the Mier y Noriega region, Mexico. *Biodivers Conserv* **9**:403-418.
- Hernández HM & Bárcenas RT. 1995. Endangered Cacti in the Chihuahuan Desert: I. Distribution Patterns. *Conserv Biol* **9**:1176-1188.
- Hernández-Hernández T, Brown JW, Schlumberger BO, Eguiarte LE & Magallón S. 2014. Beyond aridification: multiple explanations for the elevated diversification of cacti in the New World Succulent Biome. *New Phytol* **202**:1382-1397.
- Hernández-Magaña R, Hernández-Oria JG & Chávez R. 2012. Datos para la conservación florística en función de la amplitud geográfica de las especies en el Semidesierto Queretano, México. *Acta Bot Mex* **99**:105-139.
- Hernández-Oria JG, Chávez-Martínez RJ & Sánchez-Martínez E. 2007. Factores de riesgo en las Cactaceae amenazadas de una región semiárida en el sur del desierto Chihuahuense, México. *Interciencia* **32**:728-734.
- iNaturalist. Disponible en <https://www.naturalist.mx>. Consultada: noviembre de 2019 a diciembre de 2020
- Jiménez-Guzmán G. 2016. Demografía de *Mammillaria parkinsonii* Ehrenberg (Cactaceae) en la localidad Agua del Ángel en el municipio de Peñamiller, Querétaro, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Jiménez-Sierra CL & Eguiarte LE. 2010. Candy Barrel Cactus (*Echinocactus platyacanthus*

- Link & Otto: A Traditional Plant Resource in Mexico Subject to Uncontrolled Extraction and Browsing. *Econ Bot* **64**:99-108.
- Medrano FG. 2012. *Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Humanos, UNAM. México.
- Mort ME, Soltis DE, Soltis PS, Francisco-Ortega J & Santos-Guerra A. 2001. Phylogenetic Relationships and Evolution of Crassulaceae Inferred from *matK* Sequence Data. *Am J Bot* **88**:76-91.
- Olmos-Lau VR. 2016. Demografía para la conservación de *Strombocactus disciformis* (DC.) Britton & Rose, en la localidad Agua del Ángel en el Municipio de Peñamiller, Querétaro, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Olmos-Lau VR, Mandujano MC. 2016. An open door for illegal trade: online sale of *Strombocactus disciformis* (Cactaceae). *Nat Conserv* **15**:1-9.
- Reyes-Tovar JM. 2019. Efecto de la biología reproductiva sobre la dinámica poblacional de *Echinocereus pentalophus* en el estado de Querétaro, México. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Ruedas M, Valverde T & Zavala-Hurtado JA. 2006. Analysis of the factors that affect the distribution and abundance of three *Neobuxbaumia* species (Cactaceae) that differ in their degree of rarity. *Acta Oecol* **29**:155-164.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México, D.F.
- Rzedowski J. 2005. México como área de origen y diversificación de linajes vegetales. En Lorente J & Morrone JJ (eds), *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines*. Facultad de Ciencias UNAM, México.
- Rzedowski J, Calderón de Rzedowski G & Zamudio S. 2012. La flora vascular endémica en el estado de Querétaro. I. Análisis numéricos preliminares y definición de áreas de concentración de las especies de distribución restringida. *Acta Bot Mex* **99**:91-104.
- Sánchez E, Chávez R, Hernández-Oria GJ & Hernández M. 2006. *Especies de Cactaceae prioritarias para la conservación en la zona árida Queretano-Hidalguense*. Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Querétaro. Querétaro, Querétaro, México.
- Scheinvar L. 2004. *Flora cactológica del estado de Querétaro: diversidad y riqueza*. Fondo de Cultura Económica USA.
- 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 30 de diciembre del 2010.
- WU TWC. 2020. CEA-CONCYTEQ Weather.Website: https://www.wunderground.com/weather/mx/laboveda/IQUERETA15?cm_ven=pwsdash-cityforecast (consultado el 15 de diciembre de 2020).
- Zamudio S. 1984. La vegetación de la cuenca del río Estórax y sus relaciones fitogeográficas. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F., México.
- Zamudio S, Rzedowski J, Carranza E & Calderón G. 1992. *La vegetación en el estado de Querétaro*. Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Querétaro. Querétaro, Querétaro, México.

Lista de revisores durante 2021



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 2021.

Dr. Arturo Flores Martínez – *Escuela Nacional de Ciencias Biológicas - Instituto Politécnico Nacional*

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

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

M. en C. Gerardo Manzanarez Villasana – *Instituto de Ecología, UNAM*

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

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

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 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(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.
- Más de cuatro autores:
- Goettsch B, Hilton-Taylor C, Cruz-Piñón G, Duffy JP, et al. 2015. High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nat Plants* **1**:1-7.
- 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 y mmandujano@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).

Mammillaria guerreronis (Bravo) Boed. ex Backeb. & FM Knuth, 1936



Pérez Cruz P

Mammillaria guerreronis es una especie endémica del estado de Guerrero, México, principalmente se distribuye en sitios con vegetación de selva baja caducifolia. Es un cactus de tallo simple o cespitoso, en ocasiones llegando a formar grupos muy numerosos, columnar, generalmente erecto, muy alto, hasta de 60 a 70 cm de altura, de 5 a 6 cm de diámetro; ápice redondeado, ligeramente deprimido en el centro, oculto por las espinas. Tubérculos dispuestos en 8 y 13 series espiraladas, cónicos, cónico-cilíndricos, o casi cilíndricos, oscuramente cuadrángulos, de 8 a 10 mm de altura y de 5 a 6 mm de espesor en la base, de consistencia firme, con jugo semi-lechoso, de color desde verde claro hasta verde brillante, con el tiempo adquiriendo coloración grisácea. Aréolas anchamente ovales hasta redondeadas, provistas cuando jóvenes de lana blanca pronto caduca. Axilas con corta lana blanca y con 15 a 20 cerdas pilosas, blancas. Espinas radiales alrededor de 20 a 30, setosas hasta finamente aciculares, de 5 a 10 mm de longitud, las superiores más cortas que las laterales e inferiores, radiantes, horizontales, rectas, lisas, semiflexuosas, blancas, con la base de color amarillo anaranjado. Espinas centrales 2 a 4 o 5, fuertemente aciculares, lisas, rígidas; las superiores rectas, hasta de 15 mm de longitud; las laterales rectas, de alrededor de 10 mm de longitud; la inferior desde recta hasta fuertemente uncinada, más larga que las demás, hasta de 20 a 25 mm de longitud; todas de color castaño anaranjado cuando jóvenes, después de color crema con la base más o menos anaranjada a blanquecina y la punta rosada a parda. Flores campanuladas; segmentos del perianto linear-lanceolados, con el ápice agudo y el margen aserrado, de color rosado. Fruto claviforme, de 20 a 25 mm de longitud y 9 mm de diámetro, al principio verdoso casi blanco, cuando maduro de color rosa más o menos purpúreo o castaño con la base más clara, conservando adheridos los restos secos del perianto. Semillas encorvado-piriformes a casi globosas, de alrededor de 1 a 1.5 mm de longitud, y 0.8 a 1 mm de espesor; hilo lateral, subbasal; testa foveolada, brillante, de color castaño hasta castaño rojizo. Sinónimos de la especie: *M. zopilotensis*; *Neomammillaria guerrerenis* (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991).

Se encuentra catalogada en categoría de riesgo nacional / Internacional debido a su atractivo como planta de ornato y ha sido extraída de su hábitat para ser comercializada de manera ilegal es por eso que está sujeta a protección especial (Pr) según la NOM 059- SEMARNAT-2010. En la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) se encuentra en la categoría de Preocupación menor (Lc) y en el Apéndice II de CITES.

Pérez- Cruz Perla^{1*} & Martínez-Molina Pedro²

¹ Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano Guerrero.

² Lab. Genética y Ecología. Instituto de Ecología, UNAM, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510, México, Ciudad de México.

* Correo electrónico: perlaperez2000@hotmail.com