

# CACTÁCEAS

y suculentas mexicanas



VOLUMEN 61 No. 2

ABRIL - JUNIO 2016

ISSN 0526-717X

# CACTÁCEAS y succulentas mexicanas

Volumen 61 No. 2  
Abril-junio 2016

**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 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

**Horticultura**  
Dr. Candelario Mondragón Jacobo, INIFAP-UAQ  
Dr. Elhadi Yahia  
Universidad Autónoma de Querétaro

**Química y Biotecnología**  
Dr. Francisco Roberto Quiroz Figueroa  
Instituto de Biotecnología, UNAM

**Sistemas Reproductivos**  
Dr. Francisco Molina F.  
Instituto de Ecología Campus Hermosillo, UNAM  
Dr. Jafet Nassar  
Instituto Venezolano de  
Investigaciones Científicas

**Taxonomía y Sistemática**  
Dr. Fernando Chiang  
Instituto de Biología, UNAM  
Dr. Roberto Kiesling  
CRICYT, Argentina  
Dr. John Rebman  
Museo de Historia Natural, San Diego

**Editores**  
Dr. Jordan Golubov  
UAM-Xochimilco  
Dra. María C. Mandujano Sánchez  
Instituto de Ecología, UNAM  
Dr. Humberto Suzán Azpiri  
Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, campus Juriquilla

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

**Diseño editorial y versión electrónica**  
Palabra en Vuelo, SA de CV

**Impresión**  
Litográfica Dorantes SA de CV  
Se imprimieron 1000 ejemplares, mayo de 2016  
**SOCIEDAD MEXICANA DE CACTOLOGÍA, AC**

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

**Presidente**  
Christian Brachet Ize

**Vicepresidente**  
Alberto Pulido Aranda

**Tesorera**  
Roxana Mondragón Larios

**Vocal**  
Araceli Gutiérrez de la Rosa

**Fotografía de portada:**  
*Opuntia megarrhiza*  
Dalia Segura Venegas




*Cactáceas y Succulentas Mexicanas* es una revista trimestral de circulación internacional y arbitrada, publicada por la Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. desde 1955, su finalidad es promover el estudio científico y despertar el interés en esta rama de la botánica.

El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y se encuentran bajo la licencia Creative Commons .

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

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

The articles are under the Creative Commons license .

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

Dirección editorial (editor's address): *Cactáceas y Succulentas Mexicanas*, Instituto de Ecología, UNAM, Aptdo. Postal 70-275, Cd. Universitaria, 04510, México, D.F.

Correo electrónico: mrojas@ecologia.unam.mx

## Suscripciones



El costo de suscripción a la revista es de \$480.00 para México y 45 USD o 39 € para el extranjero. Suscripción y entrega en nuestro domicilio \$400.00.

- Pago de suscripción mediante depósito en BBVA Bancomer a la cuenta: 01947660840 a nombre de Aridamérica A.C. Enviar comprobante de pago a los correos: alberto@estrategiascmx.com y palabraenvuelo@yahoo.com.mx
- Para transferencia en el mismo banco y cuenta con la CLABE: 012180001947608401.
- Para transferencia internacional añadir la clave: BCMRMXMMPYM.
- Mediante PayPal enviar a la cuenta con el correo: alberto@estrategiascmx.com

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

- For national bank transfer in BBVA Bancomer with the account 01947660840, CLABE 012180001947608401.
- For international bank transfer in the same bank and account add the code: BCMRMXMMPYM.
- For payment via PAYPAL, user must have a PAYPAL account. Write down the following e-mail: alberto@estrategiascmx.com, then indicate the payment amount.

socmexact@yahoo.com

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



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

La Sociedad Mexicana de Cactología, AC agradece la coedición y el financiamiento de esta publicación a los fondos aportados por la Universidad Autónoma de Querétaro.





# CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 61 No. 2 abril-junio 2016



## Contenido

***Opuntia megarrhiza* (Cactaceae) en San Luis Potosí, México: uso tradicional y distribución de nuevas poblaciones**  
Segura-Venegas D & Rendón-Aguilar B .....36

**Estructura poblacional y patrón de distribución espacial de *Coryphantha elephantidens* en un sitio de selva baja caducifolia de Morelos, México**  
Martínez-Peralta MC, Rosas Echeverría MV, Platas Neri DA & Aguilar-Dorantes KM ..... 48

***Turbinicarpus pseudopectinatus* (Backeb.) Glass & R.A. Foster**  
López-Flores D & Niesel C ..... 64

## Contents

***Opuntia megarrhiza* (Cactaceae) in San Luis Potosí, Mexico: traditional use and distribution of new populations**  
Segura-Venegas D & Rendón-Aguilar B .....36

**Population structure and spatial distribution pattern of *Coryphantha elephantidens* in a tropical deciduous forest in Morelos, Mexico**  
Martínez-Peralta MC, Rosas Echeverría MV, Platas Neri DA & Aguilar-Dorantes KM ..... 48

***Turbinicarpus pseudopectinatus* (Backeb.) Glass & R.A. Foster**  
López-Flores D & Niesel C ..... 64

# *Opuntia megarrhiza* Rose (Cactaceae) en San Luis Potosí, México: Uso tradicional y distribución de nuevas poblaciones

Segura-Venegas Dalia<sup>1\*</sup> & Rendón-Aguilar Beatriz<sup>1\*</sup>

## Resumen

*Opuntia megarrhiza* es una especie endémica de México, distribuida en San Luis Potosí. Se ha reportado su uso medicinal para preparar férulas, utilizando principalmente la raíz. Sin embargo, no hay estudios sobre aspectos ecológicos de sus poblaciones, que permitan evaluar si el grado de extracción actual por los pobladores significa algún riesgo para la especie. Los objetivos del trabajo fueron: 1) documentar el conocimiento tradicional de *O. megarrhiza* en tres localidades de San Luis Potosí, 2) describir y comparar la estructura de las poblaciones en las localidades muestreadas y 3) registrar nuevas localidades de *O. megarrhiza*. Se efectuó una revisión bibliográfica sobre especies del género *Opuntia* que se utilizan en el tratamiento de huesos rotos, incluyendo a *O. megarrhiza*. Se realizaron salidas de campo y se ubicaron tres nuevas localidades. Se hizo un conteo de individuos, registrando la altura de la planta, el diámetro y la presencia de flor o fruto. Se elaboraron histogramas de frecuencia para describir la estructura de la población por categorías de tamaño. El conocimiento y uso de la especie se registró mediante encuestas a 20 personas de 30 años en adelante, a quienes también se les mostraron fotografías de la especie. Dos de las tres poblaciones presentan reclutamiento, aunque pocos individuos llegan a la edad adulta. Ambas poblaciones se encuentran en áreas poco perturbadas. Una tercera población se encuentra en una zona de pastoreo; en ésta se encontraron individuos en casi todas las categorías de tamaño, pero en general con baja frecuencia. *O. megarrhiza* aún se emplea para curar fracturas en huesos. El crecimiento urbano así como la intensidad de pastoreo propician la disminución y posible desaparición de las poblaciones, más que la extracción para uso medicinal. Es necesario realizar estudios sobre demografía, evaluar los procesos de reclutamiento y proponer medidas de conservación de las poblaciones.

**Palabras clave:** Estructura poblacional, poblaciones, San Luis Potosí, uso medicinal.

## Abstract

*Opuntia megarrhiza* is an endemic species of Mexico, distributed in San Luis Potosi state. Medicinal use has been reported to prepare splints, mainly using the root. However, there are no studies on ecological aspects, to assess whether the current level of extraction by the people means some risk to the local populations. The objectives were: 1) to document the traditional knowledge of

<sup>1</sup> Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Apartado postal 55-535, CP 09340 México, D. F., México.

\* Autor de correspondencia: dsv\_55@hotmail.com, bra@xanum.uam.mx

*O. megarrhiza* in three locations of San Luis Potosi state, 2) to describe and compare populations structure sampled in the sample populations, and 3) to record new locations *O. megarrhiza*. A literature review of species of the genus *Opuntia* used in the treatment of broken bones, including *O. megarrhiza*, was made. Field trips were conducted, and three new locations were located. Counting of individuals was made, recording the plant height, diameter and the presence of flowers or fruits. Frequency histograms were elaborated to describe population size structure. Traditional knowledge and use of the species were recorded through interviews to 20 people 30 and older, those who were also shown pictures of the species. Two of the three populations are recruiting, although few individuals reach big sizes. Both populations are found in undisturbed areas. A third population is within a grazing area; here, individuals were found in almost all categories, but generally in low frequency. *O. megarrhiza* is still used to treat bone fractures. Urban growth and grazing are the main processes conducive to the reduction and eventual disappearance of populations, rather than extraction for medicinal use. Studies on demography are needed in order to propose measures for conservation of this species.

**Key words:** Medicinal use, population, population structure, San Luis Potosí

## Introducción

El género *Opuntia* se localiza en todo el Continente Americano y está representado con 164 especies, gran parte de ellas endémicas de América del Norte o de América del Sur (Bravo-Hollis 1978), de las cuales 100 se encuentran en México y 60 (aproximadamente) son endémicas (Hernández & Godínez 1994; Mangloire *et al.* 2006). De acuerdo con Mangloire *et al.* (2006) y Shedbalkar *et al.* (2010), las especies de *Opuntia* se han utilizado por las culturas nativas americanas como alimento y medicina, entre ellas se encuentran: *O. dilleni* (Loro *et al.* 1999), *O. streptacantha* (Andrade-Cetto & Wiedenfield 2011), *O. ficus-indica*, *O. imbricata* (Cuadro 1), entre otras.

Las partes utilizadas comúnmente para uso medicinal son el tallo, los cladodios, el fruto y ocasionalmente la raíz, todo esto varía de acuerdo al lugar y a la especie (Estrada-Castillón *et al.* 2012). En la actualidad, diferentes partes de la planta se aplican para el tratamiento de diabetes, dolores musculares y otras enfermedades, en forma

de polvos y píldoras, o como suplemento alimenticio.

A pesar de su uso ancestral, son escasos los estudios farmacéuticos en México para la extracción del principio activo de algunas plantas; solo el 1% se ha estudiado a fondo (González-Stuart 2010). Existen reportes de que en la familia Cactaceae, diversas especies sintetizan alcaloides y flavonoides (estos últimos presentes en los cladodios) que pueden resultar de uso farmacológico para atender problemas de salud (Shedbalkar *et al.* 2010).

*Opuntia megarrhiza* Rose es una especie endémica de México distribuida en algunas regiones del desierto Chihuahuense. Los pocos antecedentes bibliográficos, registros de herbario y las investigaciones realizadas por Hernández *et al.* (2001b) la reportan en el estado de San Luis Potosí. La raíz de *O. megarrhiza* es utilizada para preparar férulas en casos de fractura de huesos, principalmente de animales domésticos; así, la raíz es macerada y mezclada con agua para untarla en una venda y colocarla en la parte dañada (Hernández *et al.* 2001b).

CUADRO 1. Especies de *Opuntia* utilizadas para el tratamiento de huesos rotos y otras enfermedades.

Especie	Distribución	Uso	Parte utilizada	Estatus Ecológico IUCN 2015	Referencia
<b><i>O. ficus-indica</i> (L.) Mill</b>	Aguascalientes, Distrito Federal, Durango, Puebla, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, San Luis Potosí y Zacatecas	<i>Diabetes mellitus</i> . <b>Soldar huesos rotos</b> , alimento para ganado, suplemento alimenticio, efectos analgésicos, antiinflamatorio, prevenir cáncer (ovario, cérvix, vesícula), desintoxicación para mordidas por serpientes, propiedades antioxidantes, quemaduras, edemas, indigestión, hipercolesterolemia, alergias, úlceras, fatiga, reumatismo, diurético	Cladodio, frutos, semillas, tallo, flores y raíz	Datos insuficientes	Bravo-Hollis y Scheinvar (1999), Estrada-Castillón <i>et al.</i> (2012), Mangloire <i>et al.</i> (2006) y citas dentro, Park <i>et al.</i> (1998), Tesoriere <i>et al.</i> (2005) y Zou <i>et al.</i> (2005)
<b><i>O. imbricata</i></b> (Sinonimia actual <i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) F.M. Knuth)	Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas y Estados Unidos	Tos, diabetes, <b>soldar huesos rotos</b> , diurético	Cáscara del fruto, fruto maduro sin cáscara y parénquima del tallo	Preocupación menor	Estrada-Castillón <i>et al.</i> (2012)
<b><i>O. megarrhiza</i> Rose</b>	San Luis Potosí y Tamaulipas	<b>Soldar huesos rotos</b> para personas y ganado	Raíz	En peligro de extinción	Hernández <i>et al.</i> (2001b)
<b><i>O. pachyrrhiza</i> H.M. Herm., Gómez-Hin. &amp; Bárcenas</b>	San Luis Potosí, Querétaro y Nuevo León	<b>Soldar huesos rotos</b> para personas y ganado	Raíz	En peligro de extinción	Hernández <i>et al.</i> (2001a)
<b><i>O. phaeacantha</i> Engelm</b>	Baja California, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Nuevo León, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Zacatecas y Estados Unidos (Arizona, California, Colorado, Kansas, Missouri, Nevada, Nuevo México, Oklahoma, Dakota del sur, Texas y Utah)	Abscesos, <b>soldar huesos rotos</b> , inhibición en bacterias gram negativas	Raíz y cladodio	Preocupación menor	Meza-Nivón (2011)

Especie	Distribución	Uso	Parte utilizada	Estatus Ecológico IUCN 2015	Referencia
<i>O. pseudo-tuna</i> Salm-Dyck	Caribe	<b>Soldar huesos rotos</b>	Fruto y raíz	Información insuficiente	Meza-Nivón (2011)
<i>O. tuna</i> (L.) Mill	México	<b>Soldar huesos rotos</b> , abscesos, antiparasitario, antiséptico, catártico, cistitis, diurético y uretritis	Tallo, cladodio, fruto y raíz	Información insuficiente	Meza-Nivón (2011)

Debido a su distribución, las poblaciones están expuestas a altas y bajas temperaturas, por lo que se ha reportado que los cladodios individuales pueden caducar y el rizoma tiene la capacidad de regenerar estructuras. Sin embargo, también están expuestas a incendios naturales y procesos antropogénicos, así como al forrajeo por animales (Hernández *et al.* 2001b).

El objetivo de este trabajo es 1) documentar el conocimiento tradicional de *O. megarrhiza* en tres localidades de San Luis Potosí, México, 2) describir y comparar la estructura de las poblaciones en las localidades muestreadas y 3) registrar las localidades estudiadas de *O. megarrhiza*.

## Material y métodos

### Especie de estudio

*Opuntia megarrhiza* es una especie endémica de México, se caracteriza por tener raíces largas y engrosadas, de 30 a 60 cm de longitud y 5 a 10 cm de diámetro (Fotos 1a, 1b). Tallos bajos, ramosos, de 20 a 30 cm de alto. Tallo primario largo similares a los cladodios, 30 cm de alto pero usualmente corto, 6 cm de ancho. Cladodios secundarios verde olivo en ocasiones rojizo alrededor de la areola. Espinas blancas a castañas o grises, de 3 a 5, aciculares, de 0.5 a 3.5 cm de longitud. Las flores emergen de los márgenes son de color

amarillo limón, a menudo con tinte rosado, de 3-5.5 cm de longitud; 2.5 a 6 cm de diámetro en anthesis. Frutos ovoides de 2.5 cm de longitud y semillas de color amarillo cremoso, aproximadamente de 4 mm de diámetro (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1999; Hernández *et al.* 2001b).

### Revisión bibliográfica sobre usos del género *Opuntia*

Se efectuó una revisión bibliográfica de las especies del género *Opuntia* que se utilizan para el tratamiento de fracturas en huesos. De la misma forma, se incluyeron conocimientos sobre aspectos ecológicos, taxonómicos y etnobotánicos. La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos como: Redalyc, JSTOR, Scopus y Springer. También se revisaron ejemplares de los herbarios "Isidro Palacios" de San Luis Potosí (vía internet) y MEXU (UNAM), de donde se extrajo la información disponible en las etiquetas.

### Localización de poblaciones de *Opuntia megarrhiza*

Se tomaron en cuenta los registros y colectas reportados por Hernández *et al.* (2001b) en los herbarios MEXU y SLPM, así como las observaciones realizadas por el Dr. Joel David Reyes Silva del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) (com. pers.). Se hicieron dos exploraciones y se georreferenciaron los sitios donde se encontró la especie *O. megarrhiza*, en

Beatriz Rendón Aguilar



Dalia Segura Venegas



FOTO 1. Individuo de *Opuntia megarrhiza* planta de 15 cm de altura; rizoma de 4 cm de ancho, 32 cm de largo; gloquidios color verde, de 8 cm de largo y b) Raíz de *Opuntia megarrhiza* de 6 cm de ancho y 42 cm de longitud.

los municipios de Zaragoza y Guadalcázar, en el estado de San Luis Potosí. Cabe mencionar que en las localidades visitadas se solicitó el apoyo de los lugareños, a quienes se mostraron fotografías de la especie para que la identificaran y nos guiaran a los sitios donde la habían visto e incluso, donde la colectaban.

Posteriormente, se prepararon ejemplares herborizados y se llevaron al herbario MEXU para la determinación de la especie por parte del Dr. Héctor Hernández Macías.

### Estructura del tamaño de las poblaciones de *Opuntia megarrhiza*

En las localidades visitadas se hizo un conteo de individuos. De cada uno de ellos se registró la altura de la planta, desde el suelo hasta la punta del cladodio más alto, el diámetro menor y mayor y la presencia de flor o fruto.

Con los datos de los diámetros de cada individuo se calculó la cobertura utilizando la fórmula de la elipse para calcular el área. Con estos datos se elaboró un histograma de frecuen-



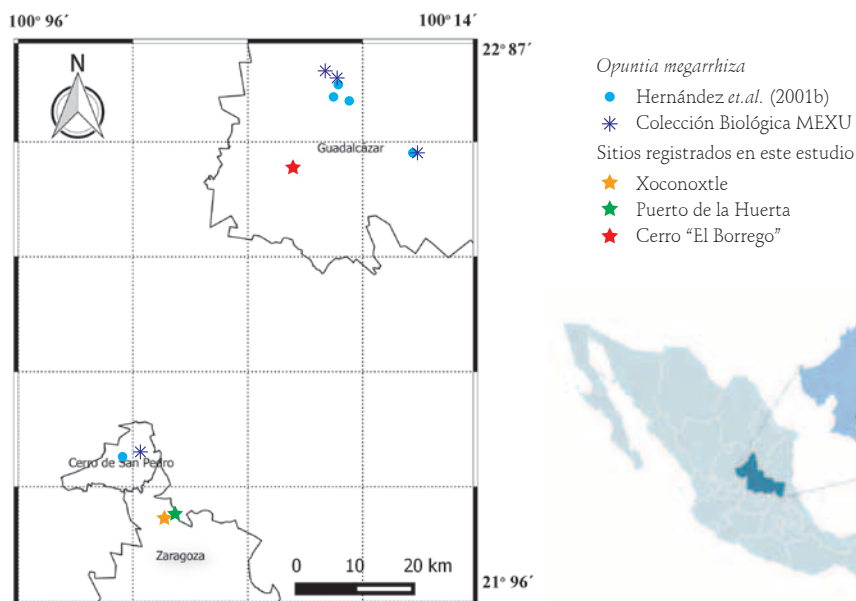


FIGURA 1. Distribución de *Opuntia megarrhiza* en el estado de San Luis Potosí, México.

cias para describir la estructura de la población por categoría de tamaño.

### Uso y manejo de poblaciones de *Opuntia megarrhiza*

Para registrar el conocimiento y uso de la especie se seleccionaron al azar 20 personas de 30 años en adelante de las localidades visitadas, a quienes se les mostraron fotografías de la especie. Si las reconocían se les realizaban las siguientes preguntas: ¿Para qué la usan? ¿Dónde la colectan? ¿Tienen la planta en su casa? ¿Cómo la usan? ¿El ganado se la come? ¿Han observado la presencia de plántulas y semillas?

## Resultados

### Revisión de los usos de *Opuntia* y *Opuntia megarrhiza*

De las 164 especies de *Opuntia* conocidas en el Continente Americano, se registró el uso de siete para el tratamiento de huesos rotos:

*O. ficus-indica*, *O. imbricata*, *O. megarrhiza*, *O. pachyrrhiza*, *O. phaeacantha*, *O. pseudo-tuna* y *O. tuna*. En todos los casos, la estructura utilizada es la raíz (Cuadro 1).

### Distribución geográfica de las poblaciones

A partir de las encuestas realizadas a los pobladores del municipio de Zaragoza y Guadalcázar, se localizaron tres nuevas poblaciones de la especie (Cuadro 2). Dos de estas ubicadas en el municipio de Zaragoza (Fig. 1): a) localidad Xoconoxtle, creciendo en un área con matorral xerófilo, y b) Puerto de la Huerta con una vegetación combinada de matorral xerófilo y encinar, esta última se encuentra actualmente utilizada por los pobladores para el pastoreo, especialmente de vacas, por lo que se encuentran pocos individuos dispersos y de tallas pequeñas. La tercera localidad se ubica en Cerro Borrego, en el municipio de Guadalcázar, en la loma

CUADRO 2. Localidades de *Opuntia megarrhiza*. 1) Registradas en este estudio, 2) por Hernández *et al.* (2001b), y en la 3) Colección biológica MEXU.

Localidad	Latitud (n)	Longitud (w)	Tipo de vegetación	Altitud (m)
<sup>1</sup> Xoconoxtle, municipio de Zaragoza, 5 m a lado de la carretera San Luis Potosí-Rio verde	22° 05' 50.4''	100° 42' 09.2''	Matorral xerófilo	2136
<sup>1</sup> Puerto de la Huerta, municipio de Zaragoza, a 2.2 km carretera San Luis Potosí-Rio verde	22° 06' 15.51''	100° 41' 3.7''	Matorral xerófilo con encinar	
<sup>1</sup> Cerro "El Borrego" municipio de Guadalcázar	22° 40' 27.2''	100° 28' 04.8''	Matorral xerófilo	2094
<sup>2</sup> Municipio Villa de Zaragoza, localidad Álvarez, Tamaulipas	23° 15' 38''	99° 31' 18''	Probablemente introducida	1405
<sup>2</sup> Municipio Cerro de San Pedro, San Luis Potosí: Monte Caldera, en las cercanías del templo	22° 12' 04''	100° 46' 35''	Encino	2100
<sup>2</sup> Municipio Guadalcázar, San Luis Potosí: 1 km S La Yerbabuena (La Yerbabuena se encuentra 15 km al N de Pozo de Acuña)	22° 41' 49''	100° 15' 20''	Matorral submontado	1505
<sup>2</sup> Municipio Guadalcázar, San Luis Potosí: Cerros al S-SO de San José de Las Flores	22° 47' 27''	100° 23' 37''	Chaparral	2195
<sup>2</sup> Municipio Guadalcázar, San Luis Potosí: Al O de San José de Las Flores por vereda a Pozas de Santa Ana	22° 49' 04''	100° 24' 05''	Chaparral	1890
<sup>2</sup> Municipio Guadalcázar, San Luis Potosí: 2 km al NO de San José de las Flores, sobre camino al Tunalillo	22° 48' 47''	100° 23' 11''	Chaparral de <i>Quercus</i>	2085
<sup>3</sup> Municipio de Guadalcázar, San Luis Potosí	22° 49' 57.00''	100° 24' 32.04''		1830
<sup>3</sup> Municipio Cerro de San Pedro, San Luis Potosí	22° 12' 34.92''	100° 44' 39.12''		2130
<sup>3</sup> Municipio Guadalcázar, San Luis Potosí	22° 41' 48.84''	100° 15' 19.08''		1505
<sup>3</sup> Municipio Guadalcázar, San Luis Potosí: al NO de San José de Las Flores	22° 49' 12''	100° 23' 22''	Chaparral de <i>Quercus</i>	2090

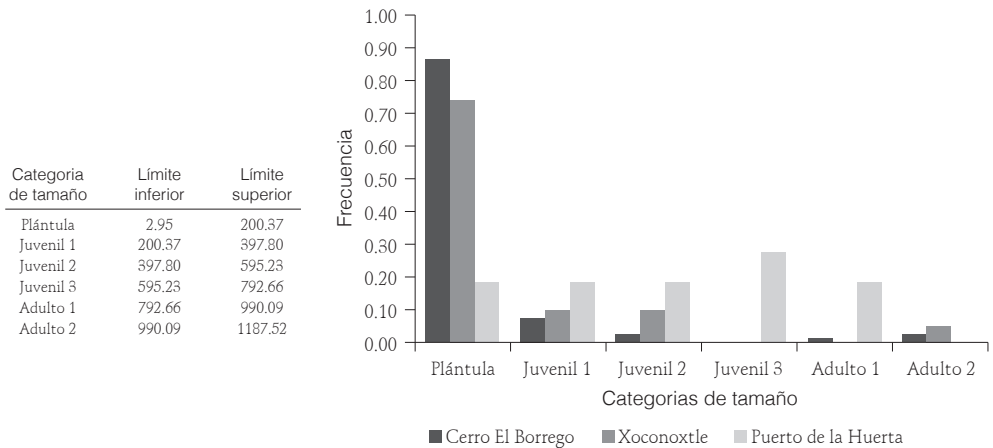


FIGURA 2. Estructura de tamaños de individuos de *Opuntia megarrhiza* de diferentes categorías con base en la cobertura ( $\text{cm}^2$ ) en tres poblaciones de la especie localizadas en San Luis Potosí, México. La categoría plántula incluye individuos pequeños que pueden ser de origen vegetativo o sexual.

de un cerro, un sitio un poco alejado de la zona urbana, por lo que la población está conformada por centenares de individuos de diferentes tamaños.

### Estructura del tamaño de las poblaciones de *Opuntia megarrhiza*

Los resultados obtenidos muestran una estructura poblacional diferente entre las localidades, siendo más contrastante entre aquellas menos impactadas por las actividades humanas y el ganado. En las localidades Cerro el Borrego y Xoconoxtle, la frecuencia de individuos en categoría plántula es muy alta (cobertura aproximada de 3-200  $\text{cm}^2$ ) y existe poca presencia de individuos de tamaño grande (Adulto 2). En la localidad Puerto de la Huerta existe una proporción de individuos en casi todas las categorías (excepto en Adulto 2). Sin embargo, la frecuencia de individuos en todas ellas es muy baja (Fig. 2).

La propagación vegetativa es muy frecuente en las tres localidades, ya que en los meses de observación (septiembre-enero) se presentaron pocos individuos con estructuras

reproductivas (Puerto de la Huerta un fruto en categoría plántula y uno en juvenil 3 y en Cerro el Borrego uno en categoría plántula) (Foto 2a). La mayoría de los individuos muestreados presentaban plántulas a su alrededor, algunos de ellas asociadas a la raíz más grande de individuos adultos (Fotos 2b y 2c). Cabe mencionar que el mayor grado de perturbación se observó en la población de Puerto de la Huerta, principalmente por las heladas y herbivoría por insectos (Fotos 3a a 3c).

### Usos

Los pobladores ancianos entrevistados reconocieron a la especie inmediatamente al mostrarles la foto o el material herborizado y la nombraban como “nopalillo” (nombre conocido localmente) porque presenta una raíz grande (característica principal y esencial) y tamaño pequeño de los cladodios. Se menciona que hasta hace 10 años, esta especie era ampliamente utilizada para la quebradura de huesos en animales de corral (cabras, caballos y vacas) y en ocasiones en personas. El modo de preparar la raíz es diferente en cada locali-

Beatriz Rendón Aguilar



Dalia Segura Venegas



Dalia Segura Venegas



FOTO 2. Individuos de *Opuntia megarrhiza*. a) Cladodio de un individuo de tamaño plántula con dos frutos, b) Plántulas mostrando raíz de entre 4, 6 y 9 cm de alto, raíz de 1.5 cm de ancho, 5 y 7 cm de alto. c) Individuo mostrando la raíz muy desarrollada, así como plántulas con presencia de una raíz grande.

dad. En la localidad de Xoconoxtle, algunos machacan la raíz con una cactácea conocida localmente como “cardón” (*Cylindropuntia* sp.) y esta masa producida al final se le unta a la parte lesionada, se entablilla y envuelve con un trapo; en ocasiones solo se utiliza la raíz, se corta longitudinalmente y se coloca

directamente en la lesión, se entablilla, se envuelve con vendas y cuando la persona o el animal mejoran el vendaje se retira. Algunas más mencionan que solo los cladodios son utilizados; estos son machacados y aplicados directamente a la lesión y envuelto en trapos; otras personas indican que toda la planta es



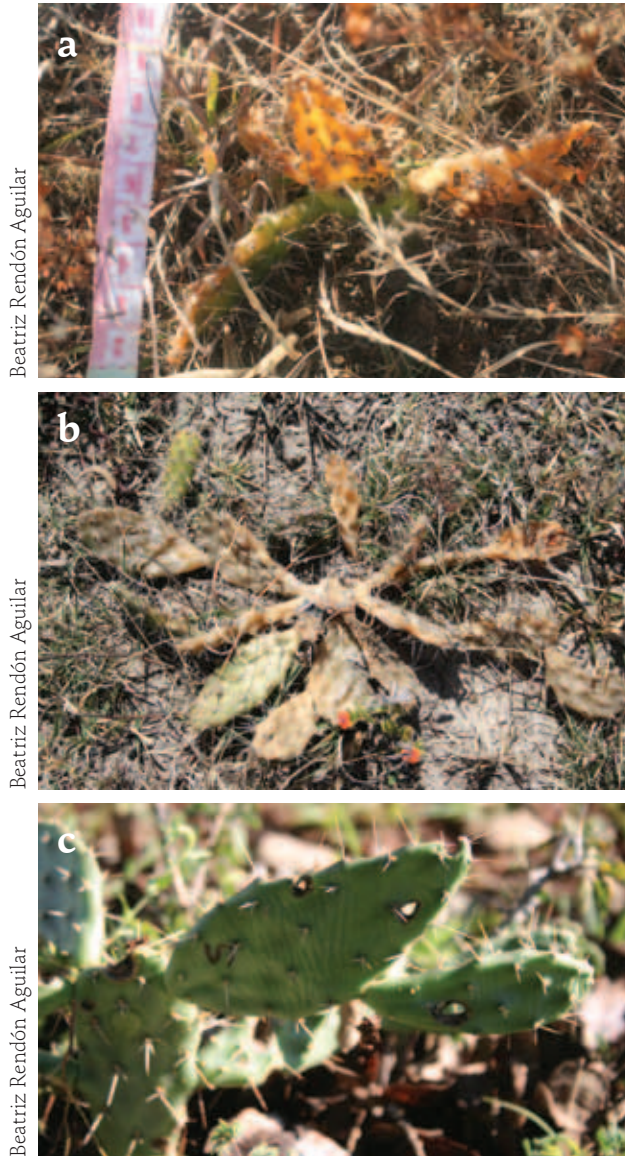


FOTO 3. Perturbación en individuos de *Opuntia megarrhiza*. a, b) Daño por heladas y c) Daño por herbivoría.

molida. En Guadalcázar solo es utilizada la raíz y aplicada en trapos directamente en la lesión. A pesar de que el modo de preparación es diferente esta mezcla untada en trapos a pocos días se seca, provocando al final un material semiduro con una función similar a las férulas de yeso.

## Discusión

El uso prácticamente exclusivo de *O. megarrhiza*, conocida localmente como “nopalillo” para curar las fracturas es muy interesante ya que indica el conocimiento especializado de una especie en una región

del país con condiciones ambientales muy agrestes.

A pesar de ser una especie endémica, con una distribución restringida y condiciones de perturbación (áreas de cultivo y pastoreo, así como crecimiento de la mancha urbana) (Hernández *et al.* 2001b), todavía se encuentran algunas poblaciones con tamaños poblacionales grandes. Las poblaciones se mantienen mediante la reproducción vegetativa y sexual. La reproducción vegetativa se observó en el municipio de Guadalcázar en la localidad del Cerro el Borrego, en donde la raíz más grande genera raíces secundarias que emergen y forman nuevas plántulas. De la misma manera, las observaciones realizadas por Hernández *et al.* (2001b) demuestran que la raíz tiene la capacidad de regenerar los cladodios perdidos por el pisoteo del ganado y el frío del invierno en el lugar. La presencia de una gran frecuencia de plántulas alejadas de la planta madre y con una raíz profunda en dos de las tres poblaciones muestreadas, sugiere reclutamiento vía la reproducción sexual. Ambos mecanismos aseguran el reclutamiento de plántulas, por lo que una protección de los sitios donde se encuentran estas poblaciones pudiera asegurar la existencia de poblaciones grandes.

En relación al uso, sus características fisiológicas hacen que *O. megarrhiza*, junto con *O. pachyrrhiza* (también conocida como “nopalillo”) sean especies casi exclusivas para la cura de huesos rotos, como ha sido mencionado por Hernández *et al.* (2001a). El procedimiento para la preparación de esta pasta varía entre las localidades: en Cerro el Borrego la raíz se aplica directamente en la lesión y en Xoconoxtle ocupan desde el cladodio a toda la planta y es mezclada con *Cylindropuntia* sp. y, de acuerdo con las

personas entrevistadas en el presente estudio y Hernández *et al.* (2001b), la curación es de forma rápida. En el *Códice Florentino se reporta* el uso de diferentes especies de *Opuntia* para el tratamiento de fracturas en huesos, por ejemplo en *O. ficus-indica*, donde lo llamaban “acocotle”, *O. phaeacantha*, *O. pseudo-tuna* y *O. tuna* (Bravo & Scheinvar 1999; Meza-Nivón 2011).

Si bien el uso medicinal implica, en ocasiones, que se use toda la planta, algunas personas mencionaron que no la arrancaban toda, por lo que ésta podía retoñar. Sin embargo, el incremento de la ganadería caprina y bovina, así como el crecimiento de la mancha urbana, pudieran llevar a la pérdida local de las poblaciones de *O. megarrhiza*. En relación al uso tradicional, también se observa una pérdida del conocimiento y empleo, ya que la gente más joven desconoce el uso de esta especie. Esto sugiere que la disminución de las poblaciones no está asociada a la recolección de las raíces, más bien a factores externos indirectos como el crecimiento de las zonas urbanas y las actividades ganaderas.

Por lo anterior, es necesario llevar a cabo estudios sobre demografía para determinar la contribución al reclutamiento vía la reproducción vegetativa y sexual, con el objetivo de recuperar poblaciones en aquellas localidades donde su densidad podría estar disminuyendo.

### Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Héctor Hernández por la determinación de la especie y por los datos de las colectas de *O. megarrhiza*. Al Dr. Joel David Reyes Silva del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) por apoyarnos en el trabajo de campo y permitirnos

conocer a *O. megarrhiza* en el campo. Sus acertados comentarios nos ayudaron a diferenciar de manera más precisa a *O. megarrhiza* y *O. pachyrrhiza*. A las autoridades y los habitantes de las localidades de Puerto de la Huerta, Cerro el Borrego y Xoconoxtle por permitir trabajar en las poblaciones de *O. megarrhiza* y por transmitirnos sus experiencias y conocimientos sobre esta especie. Al M. en C. David Bravo Avilez por su valioso apoyo en el trabajo de campo.

### Literatura citada

- Andrade-Cetto A & Wiedenfeld H. 2011. Anti-hyperglycemic effect of *Opuntia streptacantha* Lem. *J Ethnopharmacol* **133**:940-943.
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Vol. 1. UNAM. D.F. México.
- Bravo-Hollis H & Scheinvar L. 1999. *El interesante mundo de las cactáceas*. Fondo de Cultura Económica. D.F. México.
- Estrada-Castillón E, Soto-Mata B, Garza-López M, Villarreal-Quintanilla J, Jiménez-Pérez J, Pando-Moreno M, Sánchez-Salas J, Scott-Morales L & Contera-Correa M. 2012. Medicinal plant in the southern region of the State of Nuevo León, México. *J Ethnobiol Ethnomed* **8**:45.
- González-Stuart A. 2010. Use of Medicinal Plants in Monterrey, Mexico. *Not Sci Biol* **2**:2067-3264.
- Hernández M & Godínez A. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Bot Mex* **26**: 33-52.
- Hernández M, Gómez-Hinostrosa C & Bárcenas T. 2001a. Studies on Mexican Cactaceae. I. *Opuntia pachyrrhiza*, a new species from the Chihuahuan desert, Mexico. *Novon* **11**:309-314.
- Hernández M, Gómez-Hinostrosa C & Bárcenas T. 2001b. Studies on Mexican Cactaceae. II. *Opuntia megarrhiza*, a poorly known from San Luis Potosí, México. *Brittonia* **53**:528-533.
- Meza-Nivón M. 2011. Segundo informe referente a la relación de la asesoría número INE/ADA-026/2011 denominada "Cactáceas mexicanas: usos y amenazas". Instituto Nacional de Ecología.
- Loro F, del Rio I & Pérez-Santana L. 1999. Preliminary studies of analgesic and anti-inflammatory properties of *Opuntia dillenii* aqueous extract. *J Ethnopharmacol* **67**:213-218.
- Mangloire F, Konarski P, Zou D, Conrad S & Zou C. 2006. Nutritional and medicinal use of cactus pear (*Opuntia spp.*) cladodes and fruits. *Front Biosci* **11**:2574-2589.
- Park Eun-Hee, Kahng Ja-Hoon & Paek Eun-Ah. 1998. Studies on the pharmacological actions of cactus: identification of its anti-inflammatory effect. *Arch Pharm Res* **21**:30-34.
- Shedbalkar U, Adki S, Jadhav P & Bapat A. 2010. *Opuntia* and other Cacti: applications and biotechnological insights. *Tropical Plant Biol* **3**:136-150.
- Tesoriere L, Fazzari M, Allegra M & Livrea M. 2005. Biothiols, taurine, and Lipid-Soluble antioxidants in the edible pulp of silician cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruits and changes of bioactive juice components upon industrial processing. *J Agri Food Chem* **53**:7851-7855.
- UICN 2015. 2015 IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org/amazing-species>. consultado el 12 de enero 2016.
- Zou Da-ming, Brewer M, Garcia F, Feugang M, Wang J, Zang R, Liu H & Zou C. 2005. Cactus pear: a natural product in cancer chemoprevention. *Nutrition J* **4**:1-25.

# Estructura poblacional y patrón de distribución espacial de *Coryphantha elephantidens* en un sitio de selva baja caducifolia de Morelos, México

Martínez Peralta Concepción<sup>1\*</sup>, Rosas Echeverría María Ventura<sup>1</sup>, Platas Neri Diana Armida<sup>1</sup>, Aguilar-Dorantes Karla María<sup>2\*</sup>

## Resumen

Con el objetivo de contribuir al conocimiento de la ecología poblacional de las cactáceas globosas, describimos la estructura poblacional y el patrón de distribución de *Coryphantha elephantidens*, una especie considerada como amenazada. Se muestrearon diez claros dentro de la selva baja donde se distribuye *C. elephantidens*, de cada individuo se registraron el número de tallos, el diámetro y el número de tubérculos por tallo, así como el número de flores y de frutos; con estos datos, la población fue dividida en cinco categorías de tamaño y asociadas a un estado de desarrollo (p. ej. plántula, juvenil y tres estadios de adulto). A partir de un muestreo basado en distancias obtuvimos el patrón de distribución espacial de la población y un estimador de la densidad poblacional. Nuestros resultados mostraron que la población de *C. elephantidens* está representada principalmente por individuos adultos (92%), en menor porcentaje juveniles (7%), y 1% de plántulas. El índice de Hopkins indica que el patrón de distribución espacial es de tipo agregado y la densidad poblacional es de un individuo cada 50 m<sup>2</sup>. Estos resultados muestran la preferencia de *C. elephantidens* por establecerse de manera agregada en claros desprovistos de vegetación dentro de la selva baja caducifolia, sugiriendo que factores ambientales como la luz y el tipo de suelo de estos sitios delimitan el área de establecimiento. Por otra parte, la estructura poblacional sesgada hacia los individuos adultos indica que existe bajo reclutamiento de individuos a la población, situación que comparte con otras especies de cactáceas. Por lo anterior, es necesario realizar estudios sobre la dinámica poblacional para proyectar el comportamiento de la población a largo plazo, así como para conocer las causas próximas que limitan el reclutamiento de nuevos individuos a la población.

**Palabras clave:** Biznaga, cactácea globosa, conservación, distribución espacial, especie amenazada, muestreo basado en distancias.

## Abstract

The aim of the study was to contribute to the knowledge of the population ecology of one species of a globose cactus. We described the population structure and the spatial distribution pattern of the endangered species *Coryphantha elephantidens*. We sampled ten patches of open vegetation

<sup>1</sup> Escuela de Estudios Superiores del Jicarero, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Carr. Galeana-Tequesquitengo s/n Col. El Jicarero, Jojutla, Morelos, C. P. 62909.

<sup>2</sup> Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, C. P. 62210.

\*Correo-e: karla.aguilar@uaem.mx; concepcion.martinez@uaem.mx



into the tropical deciduous forest in which *C. elephantidens* grows. Of each plant found on these patches we recorded number of stems, diameter of each stem, number of tubercles per stem, and number of flowers and fruits. According to these data the population was divided into five size categories (e.g., seedling, sapling, and three adult categories). Following a distance base method, we obtained the spatial distribution pattern and an estimator of population density. Results show that this *C. elephantidens* population is constituted mainly by adult plants (92%), some saplings (7%), and only 1% of seedlings. The Hopkins index indicated that the spatial distribution pattern of the species is aggregated, and the estimated population density is one plant per 50 m<sup>2</sup>. Our results suggest a preference of *C. elephantidens* to establish on open patches without vegetation, suggesting that environmental factors such as light and soil type promote the establishment of this cactus on these patches. Population structure biased to adult plants suggests low recruitment of new individuals to the population. Therefore, future studies of population dynamics to project long term population performance are needed, as well as studies to know the proximate causes that limit recruitment of individuals to the population.

**Keywords:** Conservation, distance-based method, elephant's tooth, endangered species, globose cactus, spatial distribution.

## Introducción

Las cactáceas globosas están representadas por 31 géneros pertenecientes a la subfamilia Cactoideae y constituyen cerca del 80% de todas las especies de cactáceas (Barthlott & Hunt 1993). Se caracterizan por tener tallos esféricos, simples o en grupos de menos de medio metro de altura (Gibson & Nobel 1986). Dentro de estas cactáceas globosas, el género *Coryphantha* (Engelm.) Lem., es muy diverso y complicado taxonómicamente debido a que existe una gran variación morfológica tanto intra como interespecífica, principalmente como resultado de la edad de la planta y de las características del ambiente donde se desarrollan (Vázquez-Benítez 2007). Según Ditch & Lüthy (2005) se han descrito *ca.* 300 especies, aunque ellos consideran solo 43 especies; esta reducción en número se debe a que muchas especies presentan gran variabilidad fenotípica influida principalmente por el microclima. Debido a esta diversidad taxonómica, es importante documentar aspectos como su ecología (An-

derson 2001), que servirán para contribuir al conocimiento de este género tan diverso de cactáceas, en particular tratándose de especies sumamente sensibles al disturbio generado por las actividades antropogénicas (Martorell & Peters 2005; Portilla-Alonso & Martorell 2011). De hecho, existe un gran porcentaje de especies de cactáceas globosas protegidas por agencias nacionales como la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010), e internacionales como CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres; Hunt 1992) y la lista roja de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza; IUCN 2006). Esta inclusión se deriva principalmente de la extracción de ejemplares reproductivos de sus poblaciones naturales para el comercio ilegal (p. ej. Martínez-Peralta & Mandujano 2009) o por la reducción de su hábitat (Valencia-Díaz *et al.* 2012). Además, se ha demostrado que la transformación del uso del suelo para la agricultura y la ganadería son los principales factores que afectan negativamente a

la dinámica poblacional de las especies de cactáceas (p. ej. del Castillo 1987; Bowers 1997; Flores *et al.* 2010). Recientemente Goettsch *et al.* (2015) demostraron que hasta la fecha las cactáceas se encuentran entre los grupos taxonómicos más amenazados, con un 31% de las 1478 especies evaluadas, lo que demuestra el efecto negativo de las altas presiones antropogénicas. Aunque algunos estudios han revelado que niveles moderados de las actividades humanas (Martorell & Peters 2005; Portilla-Alonso & Martorell 2011; Arias-Medellin *et al.* 2014) & de pastoreo (Jiménez-Sierra *et al.* 2007) pueden aumentar las densidades de algunas especies de cactáceas globosas por lo que se les han denominado afines al disturbio.

En las últimas décadas, se han estudiado poblaciones naturales de cactáceas globosas, muchas de ellas en estado crítico de desaparecer (p.ej. Schmalzel *et al.* 1995; Contreras & Valverde 2002; Valverde & Zavala 2006; Mandujano *et al.* 2007; Díaz-Segura *et al.* 2012; Valencia-Díaz *et al.* 2012; Zepeda-Martínez *et al.* 2013; Mandujano *et al.* 2015). Los estudios de ecología poblacional proveen información indispensable para conocer el estado actual y la abundancia de las especies de interés, y posteriormente establecer y planear las estrategias de conservación en hábitats naturales. Los aspectos ecológicos que se estudian con mayor frecuencia son la densidad, la reproducción, la germinación, la vegetación acompañante, el estado del hábitat, la distribución espacial a nivel local, y como un indicador relevante la estructura de tamaños, por mencionar algunos (Silvertown 1987; Keith 2000; Ramos-López 2007; Zepeda-Martínez 2010). La estructura de tamaños brinda información sobre los problemas que pueden afectar a las poblaciones, por ejemplo, un bajo reclutamiento

de nuevos individuos, alta mortalidad en alguna categoría de tamaños (Silvertown 1987; Godínez-Álvarez *et al.* 2003; Godínez-Álvarez *et al.* 2008), e incluso saqueo ilegal con preferencia hacia individuos adultos (Miriti *et al.* 2007). Cabe resaltar que las especies de la familia Cactaceae son plantas perennes y presentan, en general, bajas tasas de crecimiento poblacional (Rabinowitz 1981; Godínez-Álvarez *et al.* 2003; Mandujano *et al.* 2010). Sin embargo, existe variación en la dinámica poblacional entre especies, de modo que se ha asociado la duración del ciclo de vida de las cactáceas con su forma de crecimiento; por ejemplo, especies con crecimiento columnar, arbustivo o arborescente tienen largos ciclos de vida, muchas semillas por fruto y rápido crecimiento de sus plántulas en comparación con especies globosas que tienen ciclos de vida cortos, pocas semillas por fruto y sus plántulas son de lento crecimiento (Rosas-Barrera & Mandujano 2002; Mandujano *et al.* 2010).

El patrón de distribución espacial es un atributo que explica cómo se distribuyen las plantas en el espacio a nivel local (Krebs 1989), y permite inferir procesos como la limitada dispersión de los propágulos, la preferencia por un microhábitat y la asociación con otros organismos (Suzán-Azpiri *et al.* 2011). Por ejemplo, la distribución agregada de *Ariocarpus kotschoubeyanus* se ha relacionado con una alta especificidad edafológica (Aguilar-Morales *et al.* 2011). Otro proceso frecuentemente descrito en la familia que da lugar a la distribución espacial agregada es la relación nodriza-protégido (asociación de los cactus con plantas de diferentes especies), ya que los cactus se agregan bajo la sombra de arbustos (Valiente-Banuet *et al.* 1991; Mandujano *et al.* 2002). Además, el patrón de distribución espacial de una plan-

ta amenazada brinda información sobre el área en la que se distribuye a nivel local, y por lo tanto sobre el espacio a considerar para la conservación de la especie.

En un estudio sobre la comunidad de cactus en la selva baja caducifolia de la Sierra de Huautla, en Morelos, Arias-Medellin *et al.* (2014) encontraron que *C. elephantidens* es más abundante en sitios con disturbio que en sitios conservados, y que la población de esta especie está dominada por individuos adultos pre-reproductivos. Por lo tanto, para tener un conocimiento más detallado del estado poblacional de *C. elephantidens*, consideramos importante realizar un estudio poblacional dirigido específicamente a esta especie. El objetivo de este trabajo fue describir la estructura poblacional de *C. elephantidens* y determinar su patrón de distribución espacial en una localidad de la selva baja caducifolia de Morelos. A partir de nuestros resultados y con la comparación de estudios previos sobre ecología poblacional de cactáceas globosas, exponemos un primer acercamiento del riesgo de las poblaciones estudiadas de esta especie a desaparecer, ya que es de gran importancia realizar estudios poblacionales en escenarios naturales y relacionarlos con aspectos bióticos y abióticos importantes para su conservación.

## Material y métodos

**Especie de estudio.** *Coryphantha elephantidens* Lem., es una cactácea globosa distribuida en varios estados de México (Morelos, Guerrero, Michoacán, Hidalgo, México, Puebla, Querétaro, Veracruz, Oaxaca, Jalisco, Guanajuato; Guzmán *et al.* 2007; Vázquez-Benítez 2007). Generalmente constan de un tallo simple, pero pueden alcanzar un crecimiento irregularmente

cespitoso (Foto 1). En el sur del estado de Morelos se encuentra distribuida en claros de la selva baja caducifolia, y a veces asociada a pastizales (Foto 2). Florece entre junio y octubre, sus flores diurnas son visitadas por abejas, y pueden ser desde rosa mexicano hasta crema (Foto 1). Esta especie se reproduce por semillas en el medio natural, clona ocasionalmente por tallos que se forman en la base de los tallos principales, que luego se desprenden y se establecen como individuos distintos. Además, se ha logrado propagar de manera exitosa *in vitro* (Wakhlu & Bhau 2000). Esta especie es considerada como “Amenazada” en la NOM-ECOL-059-2010 (SEMARNAT 2010), como “Preocupación menor” en la IUCN (IUCN 2013), y dentro del Apéndice II de la CITES (CITES 2013; <http://www.cites.org/eng/app/appendices.php>).

**Sitio de estudio.** El estudio se realizó en una localidad del ejido de Huautla, cerca de la colindancia con el ejido de Quilamula, en el municipio de Tlaquiltenango en el estado de Morelos. Las coordenadas geográficas son 99° 00' 15" O, 18° 29' 39" N. Los tipos de vegetación que se encuentran en el sitio son selva baja caducifolia y pastizales. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, el de menor humedad; el tipo de suelo dominante es leptosol (INEGI 2009). Esta zona de colindancia entre los ejidos de Huautla y Quilamula ha estado sujeta a disturbio crónico, principalmente por las actividades de ganadería y agricultura (Arias-Medellin *et al.* 2014).

**Estructura poblacional.** Elegimos sitios en los que estuviera presente *C. elephantidens*, los cuales se caracterizaron por ser claros dentro de la vegetación con pocas plantas arborescentes y arbustivas, pero en donde *C. elephantidens* fue más frecuente. Dentro de las selvas tropicales y caducifolias, es frecuente la presencia de estos claros en la vegetación, que se producen por la



C. Martínez-Peralta

FOTO 1. Individuo adulto de *Coryphantha elephantidens* en el ejido de Huautla, municipio de Tlaquiltenango, Morelos. Longitud aproximada de la referencia 9 cm.

caída de árboles, ramas, o por la presencia de árboles muertos en pie. En estos sitios, se generan huecos en la vegetación que permiten un mayor paso de la luz (Martínez-Ramos & García-Orth 2007). De cada individuo de *C. elephantidens* registramos el número de tallos, de flores, de frutos y de tubérculos. Asimismo, medimos el diámetro de cada uno de los tallos para obtener el área por tallo, considerando que la superficie de cada uno es circular. A partir de estos datos, describimos la estructura poblacional basándonos en categorías de tamaño y en la producción de estructuras reproductivas; estas categorías se asociaron a un estado de ciclo de vida. El número de flores fue registrado en dos ocasiones distintas (junio y agosto de 2015) para abarcar la mayor parte del periodo de floración (de junio a septiembre), y así obtener un número de estructuras reproductivas representativa de la población. Realizamos una correlación no paramétrica para evaluar si existe correlación entre el diámetro de cada tallo y el número de tubérculos, así como entre el área total de la planta (suma del área de todos sus tallos, considerando cada tallo como circular,  $\text{área} = \pi r^2$ ) y el número de flores.

**Distribución espacial.** Para determinar el tipo de distribución espacial de *C. elephantidens*

mapeamos cada individuo de los claros elegidos por medio de coordenadas polares. Estas coordenadas consisten en tomar un punto inicial de referencia y a partir de ahí se mide el ángulo y la distancia a cada individuo de *C. elephantidens*. Estas coordenadas polares posteriormente se transforman a coordenadas cartesianas ( $x, y$ ) por medio de funciones trigonométricas (Lehmann 1989). Una vez obtenidas las coordenadas cartesianas, usamos el programa GenALEX 6.5 (Peakall & Smouse 2012) para obtener las distancias requeridas por el estadístico de la prueba de Hopkins,  $h$ , que se calcula como sigue:

$$h = \frac{\sum(X_i^2)}{\sum(r_i^2)}$$

donde  $X_i$  es la distancia entre puntos tomados al azar y el individuo de *C. elephantidens* más cercano, y  $r_i$ , la distancia entre cada individuo de *C. elephantidens* y su vecino más cercano (Diggle 1985; Badii *et al.* 2012; Ledo *et al.* 2012). Si la distribución de los individuos bajo estudio es agregada, la distancia entre cada punto tomado al azar y el vecino de *C. elephantidens* más cercano será relativamente más grande que la distancia entre un individuo de *C. elephantidens* y su vecino más cercano, dando como resultado valores de  $h$  significativamente grandes. Por el contrario,





FOTO 2. Vista de los claros de la selva baja caducifolia donde se encuentra distribuida *Coryphantha elephantidens*.

valores pequeños de  $h$  indicarían patrones de agregación regulares. Para diferenciar si el patrón encontrado es agregado, aleatorio o uniforme, y para compararlo con otras poblaciones, se calcula el índice de Hopkins,  $I_H$ , como sigue:

$$I_H = \frac{h}{1+h} = \frac{\sum(X_i^2)}{\sum(X_i^2) + \sum(r_i^2)}$$

Este índice está acotado entre 0 y 1; cuando el valor de  $I_H$  tiende a 1, la dispersión de los individuos es agregada; si  $I_H = 0.5$  la dispersión es aleatoria; y si  $I_H$  tiende a 0, entonces es uniforme. El índice  $I_H$  tiene una distribución  $F$ , por lo que el valor calculado (con  $2n$  grados de libertad) se compara con el de tablas considerando una distribución de dos colas (Badii *et al.* 2012).

**Densidad poblacional.** Los métodos de muestreo basados en distancias, como el realizado en este estudio, no permiten calcular la densidad poblacional de manera exacta, ya que no se toman en cuenta unidades de área para el muestreo. Sin embargo, Diggle (1983) propone dos estimadores de la densidad poblacional,  $\check{N}_1$  y  $\check{N}_2$ , a partir de muestreos de vegetación basados en distancias:

$$\check{N}_1 = \frac{n}{\pi \sum x_i^2} \quad \check{N}_2 = \frac{n}{\pi \sum r_i^2}$$

donde  $\check{N}_1$  y  $\check{N}_2$  son estimadores de la densidad poblacional,  $n$  es el tamaño de la muestra, y  $X_i$  y  $r_i$  son las distancias descritas arriba. Si el patrón de distribución de una población vegetal es de tipo agregado, Diggle (1983) sugiere usar el estimador  $\check{N}_3$  para evitar sesgos en la estimación como resultado de la agregación espacial de los individuos:

$$\check{N}_3 = \sqrt{\check{N}_1 \times \check{N}_2}$$

## Resultados

**Estructura poblacional.** Encontramos 201 individuos distribuidos en 10 claros dentro de la vegetación. Del total de individuos registrados, el 72% consta de un tallo único, y el resto de la población son individuos con más de un tallo (Fig. 1). El número de tubérculos por tallo varía entre 1 y 71, y existe una correlación positiva entre el diámetro de cada tallo (cm) y el número de tubérculos ( $\rho$  de Spearman = 0.89,  $P < 0.0001$ ,  $n = 330$  tallos) (Fig. 2). Debido a que el 28% de los individuos consta de más de un tallo, y a que el número de tubérculos y el área de cada tallo se correlacionan positivamente, usamos el área total de los tallos por individuo para establecer las categorías

de tamaño de la población; además, para delimitar entre individuos juveniles y adultos, usamos también los datos de la producción de flores. La población fue dividida en cinco categorías de tamaño asociadas a un estado de desarrollo de ciclo de vida: plántula (**P** =  $x < 12.58 \text{ cm}^2$ ), juvenil (**J**) (individuos pre-reproductivos,  $12.58 \text{ cm}^2 < x < 50.25 \text{ cm}^2$ ), y tres estadios de adulto, que incluyen a los individuos reproductivos (**A1** =  $50.25 \text{ cm}^2 < x < 78.60 \text{ cm}^2$ ; **A2** =  $78.60 \text{ cm}^2 < x < 113.10$

$\text{cm}^2$ ; **A3** =  $x > 113.10 \text{ cm}^2$ ). La categoría con mayor abundancia es la **A3**, categoría en la que predominan los individuos con más de un tallo. Esta estructura de tamaños indica que en la población que estudiamos existen 92% de individuos adultos (Fig. 3).

El 45% de las plantas muestreadas posee flores, y de éstas, el 29% posee una sola flor (Fig. 4). El número máximo de flores registrado en la población corresponde a un individuo de la categoría **A3**, con tres tallos y 15 flores.

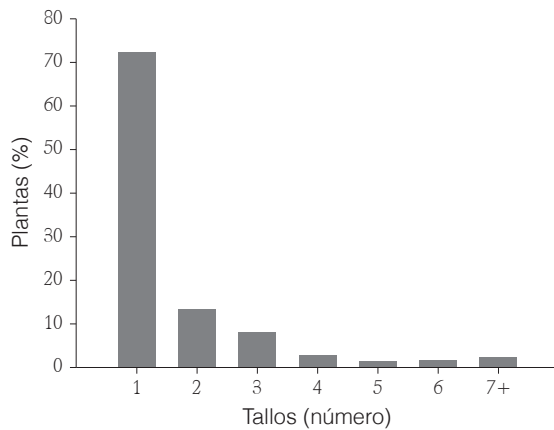


FIGURA 1. Estructura de la población de *Coryphantha elephantidens* de acuerdo al número de tallos. La población está constituida principalmente por individuos con un solo tallo, pero fueron registrados individuos con hasta 15 tallos. El sitio de estudio se encuentra en el ejido de Huautla, municipio de Tlaquiltenango, Morelos. (junio-septiembre 2015;  $N = 201$  individuos).

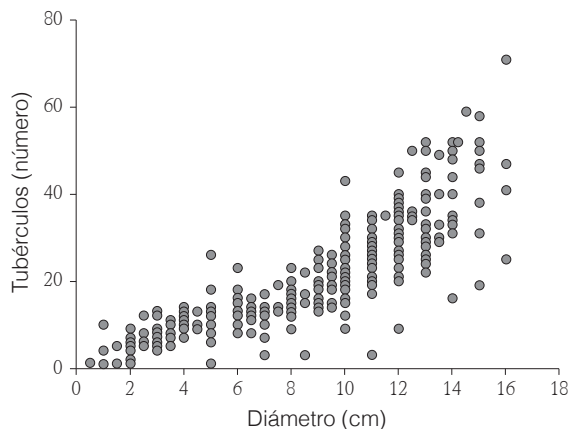


FIGURA 2. Relación de los tubérculos y el tallo de *Coryphantha elephantidens*. De acuerdo a la correlación no paramétrica de Spearman, existe una relación positiva entre el número de tubérculos por tallo y el diámetro de cada tallo.

De acuerdo a la correlación de Spearman, existe una correlación positiva entre el área total de cada individuo y el número de flores ( $\rho$  de Spearman = 0.42,  $P < 0.0001$ ) (Fig. 5).

**Distribución espacial.** En dos de los diez claros se encontró un solo individuo, por lo tanto no se puede calcular la distancia al individuo más cercano; estos dos individuos

fueron excluidos del análisis de distribución espacial. El estadístico de Hopkins calculado fue de 3.15, y los valores de tablas para ambas colas fueron  $F_{0.025, 200, 200} = 0.738$  y  $F_{0.975, 200, 200} = 1.32$ ; la comparación del estadístico calculado y los valores de tablas sugieren una distribución de tipo agregado. El índice de Hopkins calculado fue de 0.76, lo que reafirma el patrón de distribución espacial agregado

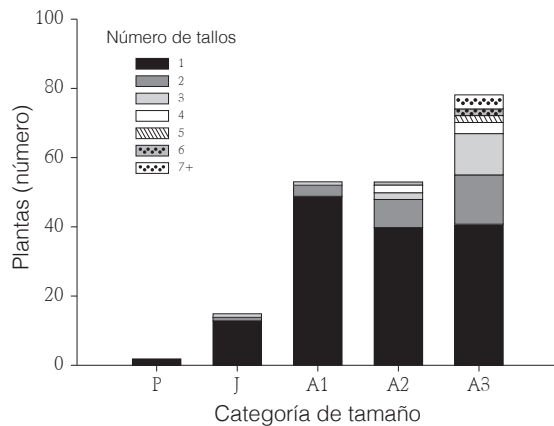


FIGURA 3. Estructura de tamaños de *Coryphantha elephantidens* en una localidad de selva baja caducifolia de Morelos, México. La categorización del tamaño de los individuos corresponde al número de tallos por planta y su equivalente a estado de desarrollo es: P = plántula,  $x < 12.58 \text{ cm}^2$ ; J = juvenil  $12.58 \text{ cm}^2 < x < 50.25 \text{ cm}^2$ ; A1 = adulto,  $50.25 \text{ cm}^2 < x < 78.60 \text{ cm}^2$ ; A2 = adulto 2,  $78.60 \text{ cm}^2 < x < 113.10 \text{ cm}^2$ ; A3 = adulto 3,  $x > 113.10 \text{ cm}^2$ . El sitio de estudio se encuentra en el ejido de Huautla, municipio de Tlaquiltenango, Morelos (junio-septiembre 2015;  $N = 201$  individuos).

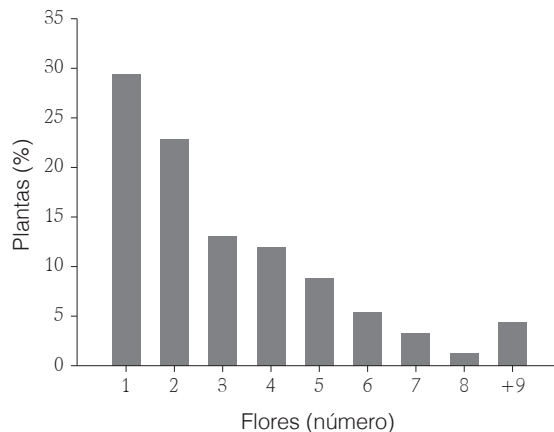


FIGURA 4. Producción de flores en *Coryphantha elephantidens*. La gran mayoría de las plantas registradas producen sólo una flor. La fecha de floración fue entre junio-septiembre 2015, ( $N = 201$  individuos), en el ejido de Huautla, municipio de Tlaquiltenango, Morelos.

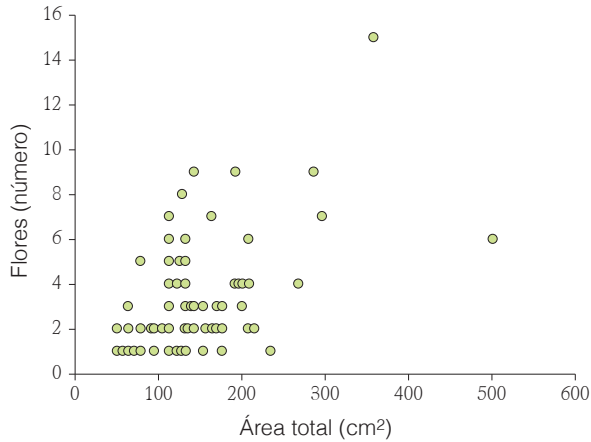


FIGURA 5. Relación positiva entre el área total de cada individuo y el número de flores de *Coryphantha elephantidens* en el ejido de Huautla, municipio de Tlaquiltenango, Morelos. ( $N = 201$  individuos).

de acuerdo al estadístico de Hopkins e indica agregación de las plantas de *C. elephantidens*.

**Densidad poblacional.** Debido a que el patrón de distribución espacial obtenido es de tipo agregado, se usa el estimador  $\hat{N}_3$  para evitar sesgos en el cálculo de la densidad. La densidad estimada para *C. elephantidens* fue de 0.02 ind/m<sup>2</sup>, lo cual indica que en el sitio estudiado, es posible encontrar un individuo de este cactus cada 50 m<sup>2</sup>.

## Discusión

**Estructura poblacional.** Nuestros resultados demuestran que la población de *C. elephantidens* estudiada está compuesta principalmente por individuos adultos (92%), un menor porcentaje por juveniles (7%), y apenas un 1% corresponde a plántulas, similar a lo reportado por Arias-Medellín *et al.* (2014). Esta estructura de la población en que los individuos adultos son más abundantes que los juveniles y las plántulas ha sido registrada para otras cactáceas globosas; son pocas las especies de cactáceas globosas cuyas poblaciones están estructuradas con

mayor abundancia de individuos jóvenes (Cuadro 1). En las especies de cactus globosos en que los adultos son más abundantes, nuestra revisión sugiere que se presentan dos patrones: ya sea que presente una mayor abundancia de los individuos de las categorías de adultos de tamaño intermedio (p. ej. *Mammillaria magnimamma*, Valverde *et al.* 2004; *Ariocarpus retusus*, Arroyo-Cosultchi *et al.* 2014; Cuadro 1), o en las categorías de adultos más grandes (*Mammillaria gaumeri*, Ferrer *et al.* 2011; Cuadro 1). Este segundo patrón es el que observamos en *C. elephantidens*, que se debe a que en la última categoría de tamaño están incluidos los individuos con más de un tallo.

El bajo porcentaje de individuos en las primeras categorías del ciclo de vida, en particular plántulas, indica un bajo reclutamiento a la población, lo que puede estar limitando la abundancia y la distribución de *C. elephantidens*. Esto evidencia el problema más crítico en el ciclo de vida de las cactáceas: el reclutamiento, que incluye la germinación de las semillas y su incorporación como individuos juveniles a la población (Rosas-Barrera & Mandujano 2002; Godínez-Álvarez *et al.*



2003). También se ha observado que este proceso de reclutamiento ocurre en pulsos (Valiente-Banuet & Ezcurra 1991; Mandujano *et al.* 1996), o inclusive no ocurre (Ferrer *et al.* 2011; Jiménez-Sierra *et al.* 2007; en algunas especies no se observaron plántulas en el campo, Cuadro 1). El reclutamiento en pulsos consiste en que la incorporación de nuevos individuos a la población ocurriría sólo en años determinados, posiblemente con condiciones ambientales favorables, y por lo tanto lo que observamos es una población dominada por individuos adultos. Por otro lado, cuando el reclutamiento no ocurre, la población se encuentra en estado crítico de desaparecer porque no existe reemplazo de los individuos adultos. Las posibles causas que limitan el reclutamiento en plantas suculentas son una baja producción de semillas viables (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; Mandujano *et al.* 2007b), pocos recursos disponibles (Nova-Muñoz 2010), condiciones ambientales adversas que no permiten la adecuada germinación de las semillas (Mandujano *et al.* 1996), así como la alta depredación de semillas que limita el reclutamiento de nuevos individuos (Godínez-Álvarez *et al.* 2002; Contreras-González & Arizmendi 2014). Por lo tanto, para explicar el por qué esta especie tiene pocos individuos en estadio de plántula se proponen futuros estudios para conocer cómo es la reproducción sexual y el posterior destino de las semillas.

**Patrón de distribución espacial y densidad poblacional.** El patrón de distribución espacial de *C. elephantidens* en la localidad estudiada es agregado. Este tipo de patrón es común en cactáceas globosas (Cuadro 1) y cactáceas columnares (Valiente-Banuet & Ezcurra 1991; Nova-Muñoz 2010). En muy pocas especies de cactus globosos se ha

observado un patrón de distribución espacial distinto a la agregación (Cuadro 1), lo que indica que el hábitat de estas especies está espacialmente restringido a nivel local, pues sus poblaciones se concentran en parches. Considerando la prevalencia de *C. elephantidens* en espacios abiertos, este patrón de distribución agregado podría estar relacionado con las condiciones ambientales que ofrecen los claros en comparación con los espacios cerrados por vegetación. Además, el tipo de distribución agregada puede ser la causa de la sobrevivencia de pocas plántulas, probablemente debido a la cantidad de material acumulado (frutos, plántulas) atrayendo hongos patógenos e insectos (Janzen 1970), o podría estar asociada con el tipo de vegetación y suelo (Martínez-Ávalos 1999). Los claros en que prevalece *C. elephantidens* son principalmente afloramientos rocosos con escasa vegetación arbustiva y arborescente, lo que permite que la raíz de estos pueda desarrollarse en el suelo somero. Tal como lo demostraron Martínez-Ramos & Álvarez-Buylla (1995), en claros de vegetación algunas poblaciones muestran agregación en relación con hábitats topográficos y edáficos específicos. Además, se ha demostrado que los cactus globosos son capaces de crecer en suelo poco desarrollado (somero, poco profundo), y en ocasiones son especialistas edáficos (Godínez-Álvarez *et al.* 2003; Aguilar-Morales *et al.* 2011). Los afloramientos rocosos podrían representar un tipo particular de suelo con características específicas de nutrientes, pendiente y drenaje que favorece el crecimiento de *C. elephantidens*. Sin embargo, observamos que *C. elephantidens* crece ocasionalmente asociada a plantas arbustivas, por lo que no podemos descartar que exista una relación tipo nodriza-protégido, al menos en alguna etapa de su ciclo de vida. Finalmente, la

CUADRO 1. Aspectos demográficos en especies de cactus con forma de crecimiento. En la columna de Patrón de distribución espacial, entre paréntesis se muestra el método usado. Para los estudios con más de un sitio o población, se obtuvo la densidad promedio (promedio  $\pm$  d. e.). En la columna de Estructura poblacional, se menciona la categoría o estado del ciclo de vida más abundante, así como aspectos relevantes". ND = no disponible.

Especie	Patrón de distribución espacial	Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	Estructura poblacional	Referencia
<i>Ariocarpus kotschoubeyanus</i>	Agregado (Hopkins)	3.39	Adultos, pocas plántulas y juveniles	Arroyo-Pérez 2014
<i>Astrophytum capricorne</i>	ND	0.05	Adultos de tamaño intermedio	Mandujano <i>et al.</i> 2015
<i>Coryphantha cornifera</i>	ND	0.03 $\pm$ 0.01 ( $n$ = 12 parcelas, 3 poblaciones)	Adultos de mayor tamaño	Fuentes-Mayo 2012
<i>Coryphantha elephantidens</i>	Agregado (Hopkins)	0.05	Adultos de mayor tamaño	Este estudio
<i>Coryphantha werdermannii</i>	ND	0.03 $\pm$ 0.05 ( $n$ = 10 poblaciones)	Adultos de mayor tamaño	Portilla-Alonso & Martorell 2011; Martorell <i>et al.</i> 2015
<i>Lophophora diffusa</i>	Agregado (ND)	0.08 $\pm$ 0.04 ( $n$ = 5 poblaciones)	Adultos de tamaño intermedio, pocas plántulas	Díaz-Segura <i>et al.</i> 2012
<i>Lophophora williamsii</i>	Agregado (Hopkins)	0.35 $\pm$ 0.06 ( $n$ = 3 sitios)	ND	García Naranjo & Mandujano 2010
<i>Mammillaria dixanthocentron</i>	Agregado (Varianza/media)	1.05	Juveniles pequeños, no reproductivos	Ramos-Lopez 2007
<i>Mammillaria eriacantha</i>	Homogénea (Clark & Evans)	0.68 $\pm$ 0.44 ( $n$ = 60 parcelas, 1500 m <sup>2</sup> )	Individuos de talla pequeña	Valencia-Díaz <i>et al.</i> 2012
<i>Mammillaria huitzilopochili</i>	ND	0.24 $\pm$ 0.21 ( $n$ = 2 sitios)	Adultos de tamaño intermedio, pocas plántulas	Flores-Martínez <i>et al.</i> 2010
<i>Mammillaria supertexta</i>	Agregado (Varianza/media)	0.64	Adultos de tamaño intermedio; no se encontraron plántulas	Avendaño-Calvo 2007
<i>Melocactus curvispinus</i>	ND	0.04 $\pm$ 0.03 ( $n$ = 18 poblaciones)	ND	Nassar <i>et al.</i> 2001
<i>Melocactus ernestii</i>	ND	0.67	Plántulas	Hughes <i>et al.</i> 2011
<i>Melocactus violaceus</i>	ND	0.14	Adultos de tamaño intermedio; pocas plántulas	Figueiredo 2016
<i>Parodia maassii</i>	Agregado (K de Ripley y O de Wiegand-Moloney)	0.37	Juveniles	Zenteno-Ruíz <i>et al.</i> 2009

Especie	Patrón de distribución espacial	Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	Estructura poblacional	Referencia
<i>Sclerocactus mesa-verdae</i>	ND	0.02 ± 0.01 (n = 3 parcelas)	Adultos; alta mortalidad de adultos por una larva de Coleoptera, y la estructura cambió a una mayor abundancia de las categorías de menor tamaño	Coles <i>et al.</i> 2012
<i>Strombocactus disciformis</i>	Agregado (Varianza/media)	23.03 ± 14.61 (n = 3 poblaciones)	Juveniles de tamaño mediano, no reproductivos; no se encontraron plántulas en el campo	Álvarez <i>et al.</i> 2004
<i>Turbincarpus pseudomacrochele</i>	Agregado, 1 población aleatorio (Varianza/media)	3.5 ± 1.77 (n = 3 poblaciones)	Juveniles pequeños; muy pocas plántulas	Álvarez 2003; Álvarez <i>et al.</i> 2004

densidad poblacional de esta especie es baja, comparada con las densidades reportadas para otras especies de cactáceas globosas. Para algunas especies las densidades son tales que es posible encontrar más de un individuo por m<sup>2</sup> (Cuadro 1). Sin embargo, de las especies revisadas, *C. elephantidens* es similar a aquéllas con las densidades más bajas (Cuadro 1). Incluyendo a *C. elephantidens*, y las especies del género *Coryphantha* son las especies con las densidades poblacionales más bajas, lo que puede ser un indicador más de la rareza de este grupo. De acuerdo a nuestra revisión, la densidad puede cambiar notablemente entre poblaciones, por lo que para *C. elephantidens* se recomienda evaluar más poblaciones dentro de la Sierra de Huautla, con el objetivo de comparar si existen poblaciones más densas e igualmente asociadas a espacios abiertos dentro de la vegetación.

### Agradecimientos

Agradecemos a Israel Martínez Gómez, a Francisco Romero Ramírez y a Evodio Rendón su apoyo para el muestreo en campo.

Financiamiento del proyecto "Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en la Sierra de Huautla, Morelos", SEP-PRODEP DSA/103.5/15/6986. Y el proyecto "Respuestas ecofisiológicas de las pteridofitas en dos ambientes contrastantes de Morelos", con número DSA/103.5/15/3073.

### Literatura citada

- Aguilar-Morales G, Martínez-Peralta C, Feria-Arroyo T P, Golubov J & Mandujano M C. 2011. Distribución geográfica del género *Ariocarpus* Scheidweiler (Cactaceae). *Cact Suc Mex* **56**:49-63.
- Álvarez Espino R.X. 2003. Aspectos demográficos de *Strombocactus disciformis* y *Turbincarpus pseudomacrochele* (Cactaceae): una contribución al conocimiento de su estado actual de conservación. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Estado de México, México.
- Álvarez R, Godínez-Álvarez H, Guzmán U & Dávila P. 2004. Aspectos ecológicos de dos cactáceas mexicanas amenazadas: impli-

- caciones para su conservación. *Bol Soc Bot Mex* **75**: 7-16.
- Anderson E F. 2001. *The cactus family*. Timber Press, Inc., Portland, Oregon, USA.
- Arias-Medellin L A, Flores-Palacios A & Martínez-Garza C. 2014. Cacti community structure in a tropical Mexican dry forest under chronic disturbance. *Bot Sci* **92**:405-415.
- Arroyo-Cosultchi G, Cárdenas-Ramos D, Martínez-Ramos M & Hernández-Ávila S. 2014. Desaparición de una población de *Ariocarpus retusus* Scheidw. por la destrucción de su hábitat en Miquihuana, Tamaulipas, México. *Cact Suc Mex* **59**:52-63.
- Arroyo-Pérez E. 2014. Características de la historia de vida de *Ariocarpus kotschoubeyanus* (CACTACEAE) en el Estado de Querétaro. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.
- Avedaño-Calvo T J. 2007. Dinámica poblacional de *Mammillaria supertexta* Mart. ex Pfeiff. en el Valle de Cuicatlán, Oaxaca, México. Tesis Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional, CIDIR, Oaxaca, México.
- Badii M H, Guillen A, Cerna E, Landeros J, Valenzuela J & Ochoa Y. 2012. Estimación poblacional por muestreo de distancia. *Daena: Int. J. Good Conscience* **7**:85-96.
- Barthlott W & Hunt D R. 1993. Cactaceae, páginas 161-197. En K Kubitzki (ed.). *The Families and Genera of Vascular Plants, Flowering Plants, Dicotyledons* Springer-Verlag, Berlin.
- Bowers J E. 1997. Demographic patterns of *Ferocactus cylindraceus* in relation to substrate age and grazing history. *Plant Ecol* **133**:37-48.
- CITES. 2013. Apéndice I, II y III. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. <<http://www.cites.org/eng/app/appendices.php>; última consulta: 2.IV.2016.>
- Coles J J, Decker K L & Naumann T S. 2012. Ecology and population dynamics of *Sclerocactus Mesae-Verdae* (Boissev. & C. Davidson) L.D. Benson. *West N Am Nat* **72**:311-322.
- Contreras C & Valverde T. 2002. Evaluation of the conservation status of a rare cactus (*Mammillaria crucigera*) through the analysis of its population dynamics. *J Arid Environ* **51**:89-102.
- Contreras-González AM & Arizmendi MC. 2014. Pre-dispersal seed predation of the columnar cactus (*Neobuxbaumia tetetzo*, Cactaceae) by birds in central Mexico. *Ornitol Neotrop* **25**:373-387.
- del Castillo R F. 1987. Efectos del disturbio y la orientación de la ladera en *Ferocactus histrix*. *Cact Suc Mex* **32**:8-16.
- Díaz Segura O, Jiménez-Sierra C L, Matías-Palafox M L & 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**:1-68.
- Diggle P J. 1983. *Statistical analysis of spatial point patterns*. Academic Press, London, UK.
- Diggle P J. 1985. A Kernel method for smoothing point process data. *Appl Stat* 138-147.
- Ditch R & Lüthy A. 2005. *Cacti of Mexico and Southern USA*. Springer.
- Ferrer M, Durán R, Méndez M, Dorantes A & Dzib G. 2011. Dinámica poblacional de genets y ramets de *Mammillaria gaumeri* Cactácea endémica de Yucatán. *Bol Soc Bot Mex* **89**:83-105.
- Figueiredo M S L. 2016. Population biology of the melon cactus *Melocactus violaceus* subsp. *violaceus* (Cactaceae) on a Brazilian sandy coastal plain. *Oecologia Australis* **20**:18-36.
- Flores-Martínez A, Manzanero M G, Golubov J, Montaña C & Mandujano M C. 2010. Demography of an endangered endemic rupicolous cactus. *Plant Ecol* **210**:53-66.



- Fuentes-Mayo V. 2012. Atributos demográficos y biología reproductiva de *Coryphantha cornifera* y *Stenocactus anfractuosus* con fines de conservación. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Estado de México, México.
- García-Naranjo A & Mandujano MC. 2010. Patrón de distribución espacial y nodricismo del peyote (*Lophophora williamsii*) en Cuatrociénegas, México. *Cact Suc Mex* **55**:36-55.
- Gibson A & Nobel P. 1986. *The Cactus Primer*. Harvard University Press.
- Godínez-Álvarez H, Valiente-Banuet A & Rojas-Martínez A. 2002. The role of seed dispersers in the population dynamics of the columnar cactus *Neobuxbaumia tetezo*. *Ecology* **83**:2617-2629.
- Godínez-Álvarez H, Valverde T & Ortega-Baes P. 2003. Demographic trends in the Cactaceae. *Bot Rev* **69**:173-203.
- Godínez-Álvarez H, Jiménez M, Mendoza M, Pérez F, Roldán P, Ríos-Casanova L & Lira R. 2008. Densidad, estructura poblacional, reproducción y supervivencia de cuatro especies de plantas útiles en el Valle de Tehuacán, México. *Rev Mex Biodivers* **79**:393-403.
- Goettsch B *et al.* 2015. High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nature Plants* 15142. <<http://dx.doi.org/10.1038/nplants.2015.142>>
- Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2007. *Catálogo de Cactáceas Mexicanas*. Universidad Nacional Autónoma de México, CONABIO. México D.F.
- Hughes F M, Rot M C, Romão R L & Castro M S. 2011. Dinâmica espaço-temporal de *Melocactus ernestii* subsp. *ernestii* (Cactaceae) no Nordeste do Brasil. *Rev Bras Bot* **34**: 389-402.
- Hunt D. 1992. *CITES Cactaceae checklist*. Royal Botanic Gardens Kew.
- INEGI. 2009. *Prontuario de información geográfico municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Tlaquiltenango, Morelos. Clave Geoestadística 17025.
- IUCN. 2013. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <<http://www.iucnredlist.org>> Fecha de último acceso: febrero 2016.
- Janzen, D H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forest. *Am Nat* **104**:501-528.
- Jiménez-Sierra C, Mandujano M C & Eguiarte L E. 2007. Are populations of the candy barrel cactus (*Echinocactus platyacanthus*) in the desert of Tehuacan, Mexico at risk? Population projection matrix and life table response analysis. *Biol Conserv* **135**:278-292.
- Keith D A. 2000. Sampling designs, field techniques and analytical methods for systematic plant population surveys. *Ecol Manage Restor* **1**:125-139.
- Krebs C J. 1989. *Ecological methodology*. University of Michigan.
- Ledo A, Condés S & Montes F. 2012. Revisión de índices de distribución espacial usados en inventarios forestales y su aplicación en bosques tropicales. *Rev Peru Biol* **19**: 113-124.
- Lehmann C H. 1989. *Geometría Analítica*. Editorial Limusa, México, D. F.
- Mandujano M C, Montaña C & Eguiarte L E. 1996. Reproductive ecology and inbreeding depression in *Opuntia rastrera* (Cactaceae) in the Chihuahuan Desert. Why are sexually derived recruitments so rare? *Am J Bot* **83**:63-70.
- Mandujano M C, Gulovob J & Reyes J. 2002. Lo que usted siempre quiso saber sobre las cactáceas y nunca se atrevió a preguntar. CONABIO. *Biodiversitas* **40**:4-7.
- Mandujano M C, Verhulst J A, Carrillo-Angeles I G & Golubov J. 2007. Population dynamics of *Ariocarpus scaphirostris* Bödeker (Cactaceae): Evaluating the status of a threatened species. *Int J Plant Sci* **168**:1035-1044.
- Mandujano MC, Golubov J & Rojas-Aréchiga M. 2007b. Efecto del ácido giberélico en

- la germinación de tres especies de *Opuntia* (Cactaceae) del Desierto Chihuahuense. *Cact Suc Mex* **52**:46-52.
- Mandujano M C, Carrillo-Ángeles I, Martínez-Peralta C & Golubov J. 2010. Reproductive biology of Cactaceae, páginas 197-230. En K.G. Ramawat (ed.). *Desert plant-biology and biotechnology*, Springer, Berlin, Heidelberg, Germany.
- Mandujano M C, Bravo Y, Verhulst J, Carrillo-Ángeles I & Golubov J. 2015. The population dynamics of an endemic collectible cactus. *Acta Oecol* **63**:1-7.
- Martínez-Ávalos J G. 1999. Determinación del estado actual de cinco especies de cactáceas amenazadas del estado de Tamaulipas, México. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Instituto de Ecología y Alimentos. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H149. México D. F.
- Martínez-Peralta C & Mandujano MC. 2009. Saqueo en poblaciones naturales de *Ariocarpus*: el caso de *A. agavoides*. *Cact Suc Mex* **54**:60-62.
- Martínez-Ramos M & Alvarez-Buylla E R. 1995. Ecología de poblaciones de plantas en una selva húmeda de México. *Bol Soc Bot Mex* **56**:121-153.
- Martínez-Ramos M. & García-Orth X. (2007). Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Bol Soc Bot Mex* **80**:69-84
- Martorell C & Peters E M. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria peckii*. *Biol Conserv* **124**:199-207.
- Martorell C, Montañana D F, Ureta C & Mandujano MC. 2015. Assessing the importance of multiple threats to an endangered globose cactus in Mexico: cattle grazing, looting and climate change. *Biol Conserv* **181**:73-81.
- Miriti M N, Rodriguez-Buriticá S, Wright J & Howe H I. 2007. Episodic death across species of desert shrubs. *Ecology* **88**:32-36.
- Nassar J M, Hamrick J L & Fleming T H. 2001. Genetic variation and population structure of the mixed-mating cactus, *Melocactus curvispinus* (Cactaceae). *Heredity* **87**:69-79.
- Nova Muñoz E. 2010. Estructura poblacional y dinámica de plántulas del cactus columnar *Neobuxbaumia mezcalensis* (Bravo) Backeberg en la cañada del Zopilote, Guerrero. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.
- Peakall R & Smouse P E. 2012. GenAEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics* **28**:2537-2539.
- Portilla-Alonso R M & Martorell C. 2011. Demographic consequences of chronic anthropogenic disturbance on three populations of the endangered globose cactus *Coryphantha werdermannii*. *J Arid Environ* **75**:509-515.
- Rabinowitz D. 1981. Seven forms of rarity, páginas 205-217. En H. Synge (ed.). *The Biological Aspects of Rare Plant Conservation*. John Wiley & Sons, Bath, Avon.
- Ramos-López A. 2007. Estudio poblacional de *Mammillaria dixanthocentron* Becket. ex Mitran en el Valle de Cuicatlán, Oaxaca. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca.
- Rojas-Aréchiga M & Vázquez-Yanes C. 2000. Cactus seed germination: a review. *J Arid Environ* **44**:85-104.
- Rosas-Barrera M D & Mandujano M C. 2002. La diversidad de historias de vida de Cactáceas, aproximación por el triángulo demográfico. *Cact Suc Mex* **47**:33-41.
- Schmalzel R J, Reichenbacher F W & Rutman S. 1995. Demographic study of the rare *Coryphantha robbinsorum* (Cactaceae) in Southeastern Arizona. *Madroño* **42**:332-348.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección

- ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, Segunda Sección. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. 1-65 p.
- Silvertown J W. 1987. *Introduction to plant population ecology*: Longman Scientific & Technical, Essex, England.
- Suzán-Azpiri H, Malda G, Caiceros A, Sánchez A, Chevara A & Carcía O. 2011. Spatial analysis for management and conservation of Cactaceae and Agavaceae species in central Mexico. *Procedia Environ Sci* **7**:329-334.
- Valencia-Díaz S, Flores-Palacios A & Castillo-Campos G. 2012. Tamaño poblacional y características del hábitat de *Mammillaria eriacantha*, una cactácea endémica del centro de Veracruz, México. *Bot Sci* **90**:195-202.
- 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, Mexico. *J Ecol* **79**:961-971.
- Valiente-Banuet A, Bolongaro-Crevenna A, Briones O, Ezcurra E, Rosas M, Nunez H, Barnard G & Vázquez E. 1991. Spatial relationships between cacti and nurse shrubs in a semiarid environment in central Mexico. *J Veg Sci* **2**:15-20.
- 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.
- Valverde T & Zavala-Hurtado J A. 2006. Assessing the ecological status of *Mammillaria pectinifera* Weber (Cactaceae), a rare and threatened species endemic of the Tehuacan Cuicatlan Region in Central Mexico. *J Arid Environ* **64**:193-208.
- Vázquez Benítez B. 2007. Revisión sistemática del complejo *Coryphantha elephantidens* (Lem.) Lem. (Cactaceae). Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Wakhlu AK & Bhau BS. 2000. Callus formation and plant regeneration from tubercles of *Coryphantha elephantidens* (Lem.) Lem. *In Vitro Cell Dev Biol Plant* **36**:211-214.
- Zenteno-Ruiz FS, López RP & Larrea-Alcázar DM. 2009. Patrones de distribución espacial de *Parodia maassii* (Heese) A. Berger (Cactaceae) en un semidesierto de los Andes subtropicales, la prepuna. *Ecol Boliv* **44**:99-108.
- Zepeda-Martínez V, Mandujano M C, Mandujano F J & Golubov J. 2013. What can the demography of *Astrophytum ornatum* tell us of its endangered status? *J Arid Environ* **88**:244-249.
- Zepeda-Martínez V. 2010. Ecología de poblaciones y asociación nodriza-protégido de *Astrophytum ornatum* (DC.) F.A.C. Weber ex Britton & Rose (Cactaceae) en Querétaro, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM.

---

Recibido: marzo 2016; Aceptado: mayo 2016  
 Received: March 2016, Accepted: May 2016

*Turbinicarpus pseudopectinatus*  
(Backeb.) Glass & R.A. Foster  
Nombre común: **peyotillo**



Planta globosa, con raíces gruesas, de tallo simple, el cual escasamente sobresale del suelo, hasta de 6 cm de longitud y 4.4 cm de diámetro, con el ápice aplanado y un poco hundido, tubérculos pequeños y alargados. Aréolas espiníferas largas, de 5 mm de longitud y 0.6 mm de anchura, con un surco angosto longitudinal provisto de fino fieltro amarillento, sobre el cual se disponen las espinas pectinadas, de color blanco vítreo, de 1.5 mm de longitud. Las flores brotan en la zona florífera de las aréolas apicales, miden de 20 a 24 mm de longitud y 30 mm de diámetro, infundibuliformes, campanuladas, pericarpelo de color verde oscuro, segmentos interiores del perianto de color blanco o rosa, con línea media de color rosa púrpuro. Fruto pequeño, de 8 a 10 mm de diámetro, globoso, desnudo, el cual conserva los restos secos del perianto. Semillas globoso-ovoideas, de 1.65 mm de longitud y 1.15 de diámetro, testa gruesamente tuberculada, negra, levemente castaño rojiza (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991. *Las Cactáceas de México*. Vol. II. UNAM).

Es endémica de México, distribuida en Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas (Guzmán *et al.* 2003. *Catálogo de Cactáceas Mexicanas*). Se desarrolla en matorral rosetófilo, asociada a *Agave lechuguilla*, *A. striata*, *Hechtia glomerata* y *Yucca carnerosana* (Flores *et al.* 2008), en bosque de pino-piñonero y junípero y en pastizal, en suelos calcáreos (IUCN 2016. iucnredlist.org).

A pesar de encontrarse en la categoría de “preocupación menor” de la lista Roja de la IUCN (versión 3.1), justificado por una distribución amplia (extensión de ocurrencia de 30,000 km<sup>2</sup>), y localidades no severamente fragmentadas, su colecta ilegal representa la principal amenaza, por lo que se requiere de estudios demográficos y monitoreo de sus poblaciones. En el mercado internacional tiene un nivel de demanda medio (Robbins 2003. *Comercio espinoso*). Dentro de las acciones de conservación, se sabe que 8% de subpoblaciones de esta planta se encuentran en áreas protegidas, y en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta se han desarrollado técnicas de reproducción de este género (IUCN 2016. iucnredlist.org). En México se encuentra en la categoría de riesgo “sujeta a protección especial” (NOM-059-Semarnat-2010), y el género completo está listado en el Apéndice I de CITES.

---

López-Flores Donají & Niesel Christian

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

Correo electrónico: dnj.e17@gmail.com