

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas



CACTÁCEAS y *suculentas* mexicanas

Volumen 65 No. 3
Julio-septiembre 2020

Editor Fundador
Jorge Meyrán

Consejo Editorial
Anatomía y Morfología
Dra. Teresa Terrazas
Instituto de Ecología, 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 Eguiarte
Instituto de Ecología, UNAM

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

Florística
M. en C. Francisco González Medrano †
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco
Dr. Luis G. Hernández Sandoval
Universidad Autónoma de Querétaro
M. en C. Aurora Chimal Hernández
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco

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

Química y Biotecnología
Dr. Francisco Roberto Quiroz Figueroa
Instituto Politécnico Nacional, Unidad Sinaloa

Sistemas Reproductivos
Dra. Sonia Vázquez Santana
Facultad de Ciencias, UNAM
Dr. Jafet Nassar
Instituto Venezolano de
Investigaciones Científicas

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

Editores
Dr. Jordan Golubov
UAM-Xochimilco
Dra. María C. Mandujano Sánchez
Instituto de Ecología, UNAM
Dr. Humberto Suzán 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
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:
Neolloydia conoidea
JA Aranda-Pineda

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, Apto. Postal 70-275, Cd. Universitaria, 04510, Ciudad de México, México.

Correo electrónico: cactsucmex@iecolgia.unam.mx

Suscripciones



El costo de suscripción y envío a la revista es de \$720.00 para México y 45 USD o 39 € para el extranjero. Suscripción y entrega en Lab. Genética y Ecología, Instituto de Ecología, UNAM (Dra. Mariana Rojas) \$500.00.

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

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

• Para transferencia internacional añadir la clave: BCMRMXMPYM.

• Mediante PayPal enviar a la cuenta con el correo:

palabraenvuelo1@gmail.com

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

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

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

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

• 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 y al Dr. Jorge Meyrán.

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 65 No. 3 julio - septiembre 2020

Contenido

Disturbio crónico en <i>Neolloydia conoidea</i>: algunas implicaciones demográficas Casanova JM & Aranda-Pineda JA	68
Distribución potencial y características del hábitat de <i>Obregonia denegrii</i> Frič (Cactaceae) González Álvarez AM, Martínez-Gallegos R & Martínez-Ávalos JG	80
<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console Aranda Pineda JA.....	96

Contents

Chronic disturbance in <i>Neolloydia conoidea</i>: some demographic implications Casanova JM & Aranda-Pineda JA	68
Potential distribution and habitat characteristics of <i>Obregonia denegrii</i> Fric (Cactaceae) González Álvarez AM, Martínez-Gallegos R & Martínez-Ávalos JG	80
<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console Aranda Pineda JA.....	96

Disturbio crónico en *Neolloydia conoidea*: algunas implicaciones demográficas

Casanova José María¹ & Aranda-Pineda José Antonio^{1*}

Resumen

La modificación eventual en la estructura y dinámica de los recursos y, en los componentes físicos del ambiente, es denominada como disturbio. El disturbio antropogénico crónico (DAC) presenta baja intensidad y nula linealidad en sistemas con baja productividad y poca resiliencia, característicos de zonas áridas. Durante los muestreos en una población de *Neolloydia conoidea*, una cactácea del Semidesierto Queretano-Hidalguense (SQH), observamos que la herbivoría causa reducción en su cobertura y mortalidad de individuos. Su proximidad a poblaciones humanas y a centros de extracción de materiales como mármol y cal impulsó que el presente trabajo determinara el nivel de disturbio *in situ* y analizara el efecto que genera sobre la especie mediante el Índice de Disturbio (ID). El valor promedio del ID fue de 50.1, \pm 15.1 DE, constituido por las actividades humanas y la ganadería. El nivel de disturbio es intermedio y las observaciones de individuos con herbivoría indican que podría haber un patrón de decrecimiento en la densidad de *N. conoidea*. El forrajeo de cabras propicia la compactación del suelo que, con la presencia de excretas, modifica sus características, pudiendo reducir el reclutamiento de la población. La remoción de plantas leñosas reduce el establecimiento de cactáceas con nodricismo, por lo que *N. conoidea* podría verse afectada por caminos humanos y ganaderos. Poblaciones humanas vecinas podrían generar cambios en la composición y abundancia de polinizadores, por lo que su éxito reproductivo se vería afectado. La permanencia de actividades extractivas en la zona podría tener efectos devastadores para *N. conoidea* y para los sistemas del SQH, por lo que es necesario conjuntar programas sociales y de conservación para evitar la pérdida de cactáceas distribuidas en el SQH. De no ser así, el SQH seguirá experimentando y acumulando cambios en sus comunidades biológicas y, con el tiempo, será cada vez más difícil su regeneración.

Palabras clave: actividades antropogénicas, ambientes semiáridos, Cactaceae, degradación del ambiente.

Abstract

Disturbance is defined as eventual modifications in the structure and dynamics of resources and in physical components of the environment. Arid zones are systems characterized by having low productivity and low resilience where chronic anthropogenic disturbance (CAD) has low intensity, high frequency, and non-linear effects. During a population measurement of *Neolloydia conoidea*, a cactus distributed in the semi-desert of Querétaro and Hidalgo (SQH), we observed that

¹ Laboratorio de Genética y Ecología, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

* Correspondencia: chemacasanova@ciencias.unam.mx; jose.arandapin@gmail.com

herbivory causes a reduction on individuals coverage and mortality. Cacti nearness to human-activity centers prompted this work to measure disturbance level in Agua Salada, Cadereyta de Montes, Querétaro and to analyze its effects on *N. conoidea*. Due to human settlements, extraction banks, and overgrazing on this site, we expect to have intermediate to high levels of disturbance. We use a Disturbance Index (ID) that uses 15 parameters divided into three major agents: Human Activities, Cattle Raising and Habitat Destruction. The average value was $D = 50.1, \pm 15.1$ SD constituted by Human Activities and Cattle Raising. This level of disturbance is intermediate and observations of herbivory in individuals indicate that a decreasing density pattern in *N. conoidea* could be occurring. Soil compaction is favored by cattle grazing and the presence of excreta that could be modifying soil characteristics and reducing population recruitment. Human and livestock paths promote woody plant removal, reducing nodricism and possibly precluding *N. conoidea* seedlings establishment. Due to human activities adjacency, changes in pollinator composition and abundance could affect *N. conoidea* reproductive success. The permanence of anthropogenic activities and extraction supposes a major threat to *N. conoidea* and SQH systems. Convergence of social and conservation programs is needed to avoid the loss of SQH distributed Cactaceae taxa. Otherwise, the SQH biological communities will continue experiencing and accumulating changes and, over time, regeneration will become increasingly hard.

Key Words: Anthropogenic activities, Cactaceae, environment degradation, semiarid environments.

Introducción

Una de las fuentes más importantes de heterogeneidad espacial y temporal de los ecosistemas es el disturbio (Sousa 1984; Singh 1998; Turner 2010; Battisti *et al.* 2016) que puede ser definido como un conjunto de eventos discretos que causan modificaciones abruptas en la estructura y dinámica de los sistemas naturales a diferentes escalas, alterando la disponibilidad de recursos y los componentes físicos del ambiente (Sousa 1984; White & Pickett 1985; Newman 2019). Una manera de clasificarlo es por su naturaleza u origen: algunos cambios en el terreno son causados por factores abióticos como tornados o tormentas tropicales, mientras que otros son causados por factores bióticos como la presencia de especies invasoras o de ganadería extensiva (Turner 2010; Newman 2019). Un tipo particular de factores

abióticos, son las actividades humanas (p. ej. el pastoreo, la extracción de recursos y la urbanización) que en las últimas décadas han exponenciado la reducción y pérdida de los hábitats naturales del mundo y de especies. A esto, comúnmente se le denomina disturbio antropogénico (McPherson & Weltzin 2000; Portilla-Alonso & Martorell 2011).

Una forma en que se pueden describir las actividades que constituyen al disturbio antropogénico es en función de su frecuencia e intensidad (Sousa 1984; Singh 1998; Battisti *et al.* 2016). Se categoriza como disturbio agudo a los eventos que transforman al ambiente con mucha intensidad, pero en un periodo de tiempo corto, mientras que se denomina disturbio crónico cuando las actividades se desarrollan de manera progresiva con baja intensidad pero con alta frecuencia (Sousa 1984; Singh 1998; Ureta & Martorell 2009; Battisti *et al.*

2016). El disturbio antropogénico crónico (DAC) puede parecer en un principio que causa un menor impacto debido a que las actividades son de baja intensidad, sin embargo, los efectos de este no son lineales y el mayor problema es que no se da el suficiente tiempo entre disturbios para que los ecosistemas se recuperen (Sousa 1984; Singh 1998). Por lo anterior, el disturbio antropogénico crónico ha sido catalogado desde inicios del siglo XIX como una de las causas principales y ampliamente distribuidas de destrucción ambiental en los países en desarrollo (Singh 1998; McPherson & Weltzin 2000; Hernández-Oria *et al.* 2006a).

Los ecosistemas áridos como los desiertos son especialmente vulnerables al DAC debido a que poseen bajas tasas de productividad y son poco resilientes (Guo 2004; Abella 2010; Martorell *et al.* 2012). En la mayor parte del territorio mexicano, es posible encontrar zonas con algún grado de aridez, de las cuales el Desierto Chihuahuense es el de mayor extensión y una de las ecorregiones áridas con mayor diversidad de taxa a nivel mundial (Hernández & Gómez-Hinostrosa 2005; Challenger & Soberón 2008; Granados-Sánchez *et al.* 2011). Aunque es complicado establecer los límites de esta ecorregión, se pueden reconocer tres subregiones: la Subregión Principal que se encuentra localizada desde el estado de San Luis Potosí en México hasta la parte sur de Nuevo México en Estados Unidos, la Subregión Este que es una franja localizada en la Sierra Madre Oriental entre los estados de Tamaulipas y Nuevo León y, por último, la Subregión Meridional que es un conjunto de áreas relativamente discontinuas entre los estados de Guanajuato, Querétaro e Hidalgo, conocida también como la región del Semidesierto Queretano-Hidalguense (SQH). Esta última subregión es

de especial interés debido a que, a pesar de contar con un área relativamente pequeña, cuenta con una alta riqueza de especies vegetales y de endemismos (Hernández-Magaña *et al.* 2012). Asimismo, es uno de los ejemplos más representativos de uso tradicional y DAC en cactáceas (Martorell & Peters 2005; Hernández-Oria *et al.* 2007).

En la región del SQH, se han reportado diversas actividades antropogénicas que pueden estar teniendo un efecto importante en el ecosistema como la ganadería extensiva, la agricultura, la explotación de recursos minerales, maderables y no maderables y, por supuesto el crecimiento de los centros urbanos (Hernández-Oria *et al.* 2006b). Por lo anterior, se necesitan evaluaciones constantes del estado de conservación de diversos taxa para así visibilizar los efectos del disturbio antropogénico sobre comunidades biológicas para poder conservar y preservar el patrimonio natural. Un taxón especialmente vulnerable al disturbio es la familia Cactaceae, la cual solamente en el SQH cuenta con 94 especies (Scheinvar 2004), de las cuales 23 se encuentran listadas en la Modificación del Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo (SEMARNAT 2010; SEMARNAT 2019). La vulnerabilidad ante el disturbio se debe a que los taxa de Cactaceae tienen tasas de crecimiento bajas, ciclos de vida muy largos y, en general, poco reclutamiento en sus poblaciones, lo que no les permite recuperarse fácilmente ante los disturbios (Godínez-Álvarez *et al.* 2003).

Una de las especies de cactus que cuenta con densidades relativamente altas en sitios localizados dentro del SQH es *Neolloydia conoidea* (Scheinvar 2004). Durante los muestreos llevados a cabo a una población

de *N. conoidea* que se encuentra al norte del municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro, se observó que una de las causas de la reducción de la talla y muerte de las plantas es debido a la herbivoría (Casanova, datos no publicados). Esta población se encuentra próxima a poblaciones humanas y a centros de extracción de materiales pétreos, por lo que en el presente trabajo se determinó el nivel de disturbio que presenta el sitio y se analizó el efecto que genera sobre *N. conoidea*, lo que permitiría obtener un panorama de las implicaciones del disturbio sobre otras especies de cactáceas. Debido a que la zona meridional del Desierto Chi-

huahuense está caracterizada por la alta afluencia de actividades humanas y, dada la importancia de la ganadería y de bancos de material en zonas áridas del centro del país, el sitio podría presentar niveles importantes de disturbio.

Material y métodos

Sitio de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la localidad de Agua Salada ($20^{\circ} 53' 5.0''$ N, $99^{\circ} 41' 40.7''$ O), ubicada al norte del municipio de Cadereyta de Montes, en el estado de Querétaro, México, a una altura de 1780 msnm (Fig. 1; Foto 1). El

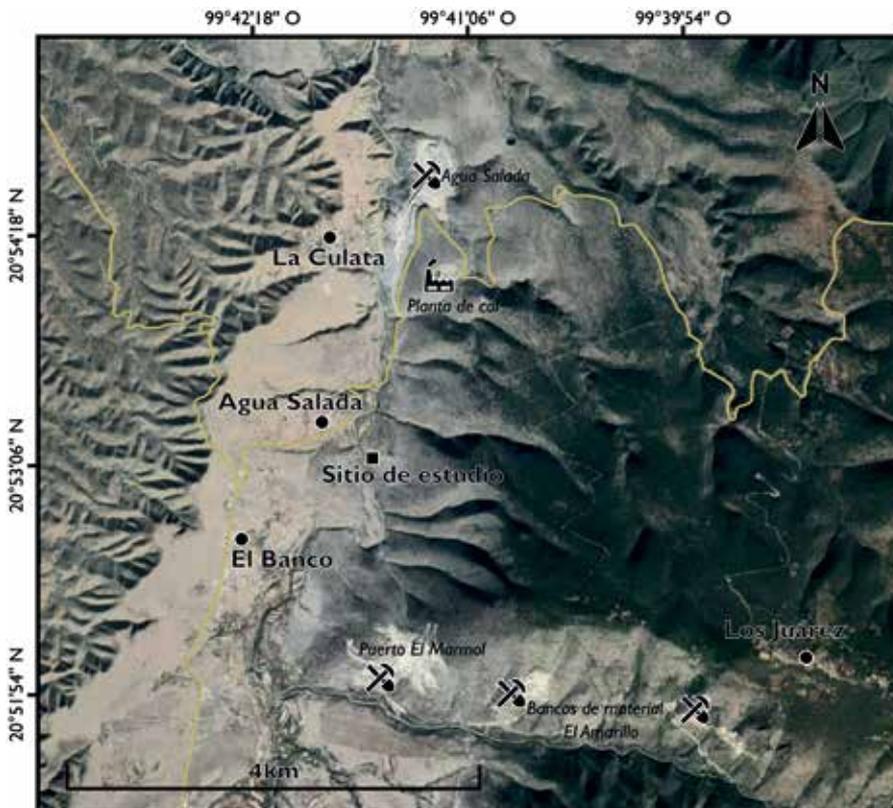


FIGURA 1. Mapa del sitio de estudio en el ejido Agua Salada, Cadereyta de Montes, Querétaro, México. Se señalan los poblados y los bancos de material cercanos al sitio de estudio. Imagen modificada de Google Earth, 2020.



FOTO 1. Vista hacia el noreste del sitio de estudio, Agua Salada, Cadereyta de Montes, Querétaro, México.

tipo de vegetación presente es el matorral micrófilo (MXM) caracterizado por tener arbustos de hasta cuatro metros muy espaciados entre sí y, en donde las especies dominantes son *Acacia vernicosa*, *Agave lechuguilla*, *Prosopis laevigata*, *Bursera fagaroides*, *Jatropha dioica*, *Karwinskia mollis* y *Fouquieria splendens* (Scheinvar 2004). El clima predominante, es el semiseco templado con una temperatura anual entre 16 °C y 17 °C y una precipitación media anual de 440 mm (Scheinvar 2004). El tipo de suelo dominante son las rendzinas con textura arcillosa y litosol en la superficie, con afloramientos de calizas arrecifales con alternancia de lutitas (Servicio Geológico Mexicano, 2007). En este sitio, se pueden encontrar cerca de 16 especies de cactáceas algunas de ellas en riesgo como *Astrophytum ornatum*, *Mammillaria parkinsonii* y *Echinocactus platyacanthus* (obs. pers.).

Especie de estudio

Neolloydia conoidea (DC.) Britton y Rose es una especie perteneciente a la familia Cactaceae; Subfamilia: Cactoideae; Tribu: Cacteeae. Es una planta solitaria o cespitosa con tallos cortos y cilíndricos o cónicos de color verde amarillento (Foto 2A). Son plantas pequeñas de hasta 24 cm de altura. Presentan aréolas en el ápice de los tubérculos con espinas radiales de color blanco y espinas centrales de color negro. Poseen un surco areolar longitudinal incompleto en individuos adultos y axilas poco lanosas. Las flores son de color violáceo purpúreo e infundibuliformes que emergen de la axila. Al emerger, el fruto es verde y pasa a un marrón verdoso al madurar. Es globoso e indehisciente. Las semillas son castaño rojizas hasta negras y son piriformes. Cabe señalar que esta es una especie de amplia distribución, pues se encuentra desde el estado



JM Casanova

FOTO 2. Individuos de *Neolloydia conoidea* de la población en Agua Salada, Cadereyta de Montes, Querétaro, México. A) Individuo adulto con botones en el ápice, B) Individuo cespitoso reducido en cobertura y altura, C) Individuo subadulto con herbivoría, D) Individuo depredado por completo.

de Hidalgo, en el centro de México, hasta Texas en Estados Unidos (Anderson 2001; Guzmán *et al.* 2003; Scheinvar 2004).

Índice de disturbio

Para conocer la intensidad de disturbio en el sitio se calculó un índice con el método implementado por Martorell y Peters (2005; 2009) que mide catorce parámetros divididos en tres grandes agentes de disturbio de la siguiente manera:

Ganadería: Densidad de excretas de cabras (CABR), Compactación del suelo por ganado

(COMP), Fracción de plantas ramoneadas (RAMO) y Caminos ganaderos (CLAN).

Actividades humanas: Fracción de plantas macheteadas (MACH), Número de caminos humanos (CAHU), Cobertura de caminos humanos (CCHU), Cercanía a poblaciones (POBL) y Adyacencia a núcleos de actividad (ADYA).

Deterioro de hábitat: Cambio de uso de suelo (USOS), Evidencia de incendio (INCE), Erosión del terreno (EROS), Islas de vegetación (ISLAS), Superficie totalmente modificada (STOM).

Las mediciones fueron realizadas a lo largo de dos transectos de 50 m perpendiculares



JA Aranda-Fineda

FOTO 3. Actividades antropogénicas en Agua Salada, Cadereyta de Montes, Querétaro, México. A) Banco de material "Puerto El Mármol", B) Banco de material "Agua Salada", C) Ganado caprino y su pastor pasando por la ladera Noroeste del sitio.

entre sí, uno paralelo a la pendiente del sitio (transecto vertical) y el otro perpendicular a esta (transecto horizontal). Para obtener un sólo valor del ID que representase la heterogeneidad del sitio, se hicieron cuatro réplicas en puntos al azar, con lo cual, obtuvimos un valor promedio y su desviación estándar. Para obtener el valor del índice en cada réplica, las mediciones de cada parámetro deben multiplicarse por coeficientes estandarizados que se ajustan según el sitio donde se aplica el método. Para este estudio se utilizaron los coeficientes utilizados por Hernández-Oria *et al.* (2006a) para el Semidesierto Queretano-Hidalguense. El Índice de disturbio toma valores entre cero y cien; los valores cercanos a cero indican poco o nulo

disturbio, mientras que valores cercanos a 100 indican alto grado de disturbio (Hernández-Oria *et al.* 2006a; Martorell & Peters 2005).

Resultados

El promedio de los cuatro puntos en donde se realizaron los transectos fue $D=50.1 \pm 15.1$ DE, el cual se puede considerar como un nivel de disturbio intermedio. El valor obtenido de este índice es solamente el resultado de los componentes de ganadería y de las actividades humanas, pues no se registró ningún componente del deterioro del hábitat (USOS, EROS, INCE, ISLAS y STOM) en las réplicas. Dentro de los dos agentes

que aportan al disturbio del sitio, se encontraron seis parámetros que alimentan de manera importante al índice de disturbio, estos son: la compactación del suelo por parte de ganado caprino (COMP), la cercanía a núcleos de actividad (ADYA) encontrada en la mitad de las réplicas hechas (campos agrícolas), la proximidad a asentamientos humanos (POBL) que en todos los casos se encuentran a menos de 600 m de distancia, la cobertura y número de caminos humanos y ganaderos (CGAN y CCHU) encontrados en tres de cuatro puntos medidos y por último, la presencia de excretas de ganado caprino (CABR) registrado en todos los puntos (Foto 3C). Pudimos observar también que el ganado que predomina para el pastoreo es el caprino y con menor frecuencia el equino. En este sentido, es importante mencionar que el indicador (CABR) tuvo valores importantes en tres puntos de cuatro, mientras que (GAN) obtuvo valores más bajos en las cuatro réplicas.

En cuanto al efecto de estas actividades sobre *N. conoidea*, es frecuente encontrar individuos de la población con evidentes signos de herbivoría (Foto 2) que pueden ser atribuibles al ganado caprino. Además, se han encontrado individuos desenterrados con las raíces expuestas que en general tienden a morir por desecación si no logran anclarse de nuevo al suelo.

Discusión

De manera general, se ha registrado que el disturbio antropogénico crónico tiene diferentes efectos sobre las cactáceas, según la especie que se analice. Sin embargo, aunque existen estudios donde se muestra que algunas especies pueden presentar un comportamiento ruderal ante el disturbio,

la mayoría de éstos apuntan a que el disturbio tiene efectos negativos (Martorell & Peters 2009; Martorell *et al.* 2012). Por ejemplo, se ha visto que en siete especies de *Mammillaria* del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, el DAC reduce la densidad de individuos en sus poblaciones (Martorell & Peters 2009). Otro caso es el estudio hecho a la población de *Echinocereus schmollii*, una cactácea endémica del SQH, en la que se registró que el disturbio también disminuye la densidad de individuos con niveles de disturbio que van de intermedios a muy altos (entre 68.40 y 119.85; Hernández-Oria *et al.* 2006b).

En nuestro caso, el nivel de disturbio encontrado fue intermedio, por lo que el patrón de decrecimiento en la densidad de individuos en la población de *N. conoidea* también puede estar aconteciendo. El decrecimiento en la densidad de individuos puede obedecer a los efectos directos de las actividades antropogénicas. Varios individuos de *N. conoidea* observados en sitios abiertos del terreno (no están bajo alguna otra planta) y cerca de los caminos que usa el ganado, se han visto dañados por las cabras al alimentarse de ellas (Foto 2C). Aunado a lo anterior, el paso constante de ganado y de personas puede causar que individuos pequeños sean propensos a ser pisoteados (Foto 2B).

En la zona del SQH una de las actividades económicas principales es la ganadería caprina y bovina extensiva (INEGI 2001) y, en la localidad de Agua Salada es la segunda causa que contribuye al disturbio. Pudimos observar muy frecuentemente grupos de cabras forrajeando, lo que propicia la compactación del suelo que junto con la presencia de sus excretas pueden modificar las características del suelo (p. ej. capacidad de filtración y

concentración de nutrientes), por lo que la incidencia de estos procesos podría disminuir la calidad física y química del sustrato en donde se establecen especies vegetales endémicas (Lebgue-Keleng *et al.* 2014).

Por otro lado, el DAC puede tener efectos indirectos en la población de *N. conoidea*. En primer lugar, la remoción o macheteo de plantas leñosas al abrir caminos, puede derivar en la pérdida de especies que tienen interacciones de nodricismo con ellas (Hernández-Oria *et al.* 2006b). Se ha registrado que en zonas áridas algunas especies arbustivas ofrecen micrositios bajo su copa que son necesarios para la germinación de otras especies vegetales como las de la familia Cactaceae y Crassulaceae (Hernández-Oria *et al.* 2006a; Ortega-Baes *et al.* 2010). En el sitio se ha observado que bajo la copa de especies arbustivas de los géneros *Acacia*, *Prosopis*, *Larrea*, *Karwinskia* y *Jatropha* se encuentran frecuentemente individuos establecidos de *N. conoidea*, *Mammillaria elongata* o *Thelocactus leucacanthus* (obs. pers.), por lo que la pérdida o disminución de las nodrizas se traduciría en la falta de establecimiento de plántulas y en consecuencia pone en peligro la permanencia de las poblaciones, así como el cambio en la estructura de edades de cactáceas (Godínez-Álvarez *et al.* 2003)

Por otro lado, el disturbio también puede interferir en el éxito reproductivo de las plantas. En un estudio sobre comunidades de abejas hecho en varios puntos del SQH, se observó que el disturbio cambia la composición y diversidad de abejas al grado de que, en sitios con niveles de disturbio más altos, la comunidad de abejas se mantiene sólo por la presencia de dos especies de plantas pues gran parte de la vegetación ya ha sido removida (Argueta-Guzmán

2017). En el caso de cactáceas, la mayoría necesitan de vectores bióticos, generalmente abejas, que transporten el polen entre plantas (Mandujano *et al.* 2010) por lo que cambios en la composición y abundancia de estos representaría una amenaza para su reproducción.

Los estudios realizados a distintas localidades del SQH con el índice de disturbio han mostrado heterogeneidad en sus valores (Hernández-Oria *et al.* 2006b; Argueta-Guzmán 2017). En el estudio realizado por Argueta-Guzmán (2017) se registró el nivel de disturbio de varias localidades, entre ellas El Banco (Fig. 1) que se encuentra muy cerca nuestro sitio de estudio. En El Banco se encontró que una de las variables que más aporte tenía al valor del índice de disturbio fue la presencia de excretas de cabra, mismo patrón que el encontrado en este estudio. Sin embargo, parte de las diferencias en la intensidad del disturbio pueden ser explicadas por las características físicas de los sitios. En nuestro sitio de estudio, algunas partes del terreno presentan inclinaciones mayores a 30° con afloramientos de rocas por lo que se puede considerar que es de difícil acceso y sólo transitan por él personas de las poblaciones cercanas que se trasladan para extraer algunos recursos, para llegar a sus parcelas de cultivo y para pastorear su ganado. En cambio, El Banco se encuentra más cerca de asentamientos humanos y de la carretera federal 120, la inclinación del terreno es menor, y existe una mayor profundidad del suelo por lo que hay una mayor cantidad de parcelas de cultivo, lo que lo convierte en un sitio más propenso al impacto de las actividades humanas (Fig. 1; Foto 1).

Por último, a pesar de tener valores intermedios de disturbio, Agua Salada tiene otros factores que ponen en riesgo su esta-

do de conservación. Por ejemplo, dentro de los indicadores del índice de disturbio no se tomó en cuenta la presencia de basura y de plantas invasoras (factores que han sido observados en varias partes del sitio). Además, en Agua Salada se presentan bancos de roca caliza con un grado bajo de metamorfismo, características por las que se aprovechan para la extracción de mármol, carbonato de calcio, cal hidratada y agregados pétreos (Servicio Geológico Mexicano 2007). Tales recursos son explotados por bancos de material instalados en esta zona, algunos muy cerca de Agua Salada (Fig. 1), pues el procesamiento de los minerales y su venta son actividades económicamente importantes para varias localidades del municipio entre las que destaca Vizarrón de Montes, un poblado a 9 km al sur del sitio de estudio (Servicio Geológico Mexicano 2007). La ampliación y apertura de nuevos bancos de material en la zona (Foto 3) podría tener un efecto devastador para las comunidades biológicas, pues para ello se necesita retirar toda la cobertura vegetal, caso similar al de la creación de una presa para el almacén de agua para uso del ganado en Tamaulipas, en la cual se retiró la cubierta vegetal entre la que se encontraba una población de más de 2000 individuos de *Ariocarpus retusus* (Arroyo-Cosultchi *et al.* 2014). Consideramos que se debe tener especial cuidado con la autorización de actividades antropogénicas que generan cambio de uso de suelo, teniendo en cuenta que el SQH es un sitio rico en endemismos y es muy poco resiliente. Los programas sociales y de conservación son críticos para la zona, pues si no se tienen un buen manejo y planes para las actividades productivas del futuro, el Semidesierto Queretano-Hidalguense seguirá experimentando y acumulando

cambios en sus comunidades biológicas y con el tiempo será cada vez más difícil su regeneración.

Agradecimientos

A los dueños de los predios en Agua Salada, Cd. Dereyta de Montes, Querétaro, donde realizamos este estudio. Al Instituto de Ecología de la UNAM y al Laboratorio de Genética y Ecología. A la Dra. María del Carmen Mandujano Sánchez por los recursos necesarios para poder llevar a cabo esta investigación y a la Dra. Mariana Rojas Aréchiga por la logística para las salidas de campo.

Literatura citada

- Abella SR. 2010. Disturbance and Plant Succession in the Mojave and Sonoran Deserts of the American Southwest. *Int J Env Res Pub He* 7:1248-1284.
- Anderson EF. 2001. *The Cactus Family*. Portland, Oregon USA.
- Argueta-Guzmán. 2017. *Redes de interacción abeja-planta en sitios con distinto grado de disturbio en zonas secas de Querétaro, México*. Tesis profesional de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. CDMX. México.
- Arroyo-Cosultchi G, Cárdenas D, Martínez-Ramos M & Hernández 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.
- Battisti C, Poeta G & Fanelli G. 2016. *An Introduction to Disturbance Ecology. A Road Map for Wildlife and Conservation*. Springer. Suiza.
- Challenger A & Soberón J. 2008. Los ecosistemas terrestres. En CONABIO. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO. D.F. México.

- Godínez-Álvarez H, Valverde T & Ortega-Baes P. 2003. Demographic Trends in the Cactaceae. *Bot Rev* **69**:173-203.
- Granados-Sánchez D, Sánchez-González A, Granados RL & Borja de la Rosa A. 2011. Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **17**:111-130.
- Guo Q. 2004. Slow recovery in desert perennial vegetation following prolonged human disturbance. *J Veg Sci* **15**:757-762
- Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2003. *Catálogo de Cactáceas Mexicanas*. UNAM-CONABIO, D.F. México.
- Hernández HM & Gómez-Hinostrosa C. 2005. Cactus Diversity and Endemism in the Chihuahuan Desert Region. En J. L. E. Cartron, G. Ceballos & R. S. Felger. *Biodiversity, Ecosystems and Conservation in Northern Mexico*. Oxford University Press. N.Y. Estados Unidos.
- Hernández-Magaña R, Hernández-Oria J & Chávez R. 2012. Datos para la conservación florística en función de la amplitud geográfica de las especies en el Semidesierto Queretano, México. *Act Bot Mex* **99**:105-139.
- Hernández-Oria JG, Chávez R & Sánchez E. 2006a. Estado de conservación de *Echinocereus schmollii* (Weing.) N. P. Taylor en Cadereyta de Montes, Querétaro, México. *Cact Suc Mex* **51**:68-95.
- Hernández-Oria JG, Chávez R & Sánchez E. 2006b. Efecto del disturbio crónico en *Echinocereus schmollii* (Weing.) N.P. Taylor. Una cactácea en peligro de extinción en el semidesierto queretano, México. *Zonas Áridas* **10**:59-73.
- Hernández-Oria JG, Chávez R & Sánchez E. 2007. Factores de riesgo en las Cactaceae amenazadas de una región semiárida en el sur del Desierto Chihuahuense, México. *Interciencia* **32**:728-734.
- INEGI. 2001. *Cuaderno Estadístico Municipal Cadereyta de Montes, Querétaro*. Querétaro, México.
- Lebgue-Keleng T, Aviña-Domínguez YE, Soto-Cruz RA, Quiñonez-Martínez M, Cortés-Palacios L, Melgoza-Castillos A, Morales-Nieto C, Vélez C & Balderrama-Castañeda S. 2014. Soil mineralogy and its relationship with cacti species in southeastern Chihuahua, México. *Ecol apl* **13**:205-209
- Mandujano MC, Carrillo-Ángeles IG, Martínez-Peralta C & Golubov J. 2010. Reproductive Biology of Cactaceae. En K. G. Ramawat. *Desert Plants*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Berlín, Alemania.
- Martorell C & Peters EM. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biol Cons* **124**:199-207.
- Martorell C & Peters EM. 2009. Quantifying the menace: disturbance-response analysis of nine threatened *Mammillaria* species (Cactaceae). *Cons Biol* **23**:377-387.
- Martorell C, Garcillán P & Casillas F. 2012. Ruderality in extreme-desert cacti Population effects of chronic anthropogenic disturbance on *Echinocereus lindsayi*. *Pop Ecol* **54**:335-346
- McPherson GR & Weltzin JF. 2000. *Disturbance and climate change in United States/Mexico borderland plant communities: A State-of-the-Knowledge Review*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-50. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Newman EA. 2019. Disturbance Ecology in the Anthropocene. *Front Ecol Evol* **7**:147
- Ortega-Baes P, Sühling S, Sajama J, Sotola E, Alonso-Pedano M, Bravo S & Godínez-Álvarez H. Diversity and Conservation in the Cactus Family, en K. G. Ramawat (ed.).

2010. *Desert Plants. Biology and Biotechnology*, Springer-Verlag.
- Portilla-Alonso R & 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.
- Scheinvar L. 2004. *Flora cactológica del estado de Querétaro: diversidad y riqueza*. FCE. D.F. México.
- 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, 30 diciembre, 2010.
- SEMARNAT. 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la 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, 14 de noviembre, 2019.
- Servicio Geológico Mexicano. 2007. *Carta Geológica-Minera San Pablo Tolimán F14-C57, Qro., Esc. 1:50,000*. Servicio Geológico Mexicano. Pachuca, Hgo. México.
- Singh SP. 1998. Chronic disturbance, a principal cause of environmental degradation in developing countries. *Environ Conserv* **25**:1-2.
- Sousa, W P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annu Rev Ecol Syst* **15**:353-391.
- Turner MG. 2010. Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology* **91**:2833-2849.
- Ureta C & Martorell C. 2009. Identifying the impacts of chronic anthropogenic disturbance on two threatened cacti to provide guidelines for population-dynamics restoration. *Biol Conserv* **142**:1002-2001.
- White PS & Pickett STA. 1985. Natural disturbance and patch dynamics, an introduction. En: S. T. A. Pickett & P. S. White (ed.). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, New York.

Recibido: junio 2020; Aceptado: agosto 2020.
Received: June 2020; Accepted: August 2020.



Distribución potencial y características del hábitat de *Obregonia denegrii* Frič (Cactaceae)

González Álvarez Ariadna María¹, Martínez-Gallegos Rodolfo²
& Martínez-Ávalos José Guadalupe^{1*}

Resumen

La especie *Obregonia denegrii* es una cactácea amenazada de la cual aún se desconoce gran parte de su ecología, en este trabajo se realizó un modelo distribución potencial para la especie mediante el método MaxEnt, alimentado con variables climáticas, edáficas, de exposición y elevación, índice de aridez y ecorregiones mediante el cual se determinó su distribución actual y potencial, así como las variables biofísicas de mayor importancia para la distribución de la especie.

Palabras clave: Cactaceae, distribución, endemismo, MaxEnt, variables climáticas.

Abstract

Obregonia denegrii is a threatened cacti species with few ecological and geographical information. In this work, a potential distribution model for the species was made using MaxEnt. Responsive variables like climatic, edaphic, exposure and elevation variables, aridity index and ecoregions were employed. Furthermore, the biophysical variables of greatest importance for the distribution of the species were determined.

Key Words: Cactaceae, climatic variables, distribution, endemism, MaxEnt.

Introducción

Durante las últimas décadas, el uso de variables climáticas y topográficas han sido utilizadas para generar modelos de distribución potencial de diversas especies de organismos (Enquist *et al.* 2019; Hickling *et al.* 2006; Marini *et al.* 2010; Root *et al.* 2003; Palmer *et al.* 2015; Kreakie *et al.* 2012), particularmente de algunas especies de cactáceas amenazadas, con distribución geográfica

restringida (Ballesteros-Barrera *et al.* 2017; Goettsch *et al.* 2015; Miguel-Talonia *et al.* 2014). Lo anterior, debido a que se ha demostrado que la temperatura, la precipitación y la topografía afectan tanto la selección del hábitat como las tasas demográficas de diversas especies de organismos (Root *et al.* 2003; Davies *et al.* 2007; Green 2010). El uso de estas variables ambientales, además de los algoritmos que estiman la distribución potencial de las especies con

¹ Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas Calle División del Golfo No 356 Col. Libertad C.P 87019, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

² Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo", A.C. Contoy 137, Lomas de Padierna, Ciudad de México, CP 14240, México.

*Autor para correspondencia: jmartin@uat.edu.mx

registros de solo presencia, identifican las áreas con características climáticas similares y los sitios en donde previamente han sido observadas la especies (Chen *et al.* 2011; Fischer *et al.* 2001). Otros factores ambientales como la cubierta vegetal y el tipo de suelo (Mair *et al.* 2012; Contreras-Medina *et al.* 2010), son elementos importantes que nos pueden ayudar a proyectar la presencia de las especies, pero se ha determinado que las variables climáticas y topográficas pueden ser variables condicionantes en la ocurrencia por sí solas (Davies *et al.* 2007; Mair *et al.* 2012).

Asimismo, en función del problema global del cambio climático, se calcula que la temperatura de los climas globales está aumentando (IPCC 2014) y muchas especies han mostrado una respuesta por medio de cambios en la distribución latitudinal y altitudinal más alta (Walther *et al.* 2002; Parmesan & Yohe 2003; Root *et al.* 2003). Sin embargo, estas evidencias en los cambios de rango provienen principalmente de estudios de plantas, aves y mariposas, para las cuales se dispone de datos históricos (Urban 2015; Carrillo Ángeles *et al.* 2016; Parmesan & Yohe 2003; Root *et al.* 2003). No está claro si las respuestas de estos taxones bien estudiados son representativas de la biodiversidad en su conjunto (Prendergast *et al.* 1993; Thomas *et al.* 2004) dado que con el precalentamiento, diferentes grupos taxonómicos pueden variar la distribución geográfica, particularmente ésta especie la cual presenta diferentes tiempos de generación, un asociaciones de hábitat, capacidad de dispersión o fisiologías térmicas pueden mostrar respuestas muy diferentes a los cambios en el clima (Thomas *et al.* 2001; Warren *et al.* 2003; Hill *et al.* 2002; Kullman 2002).

Los intentos actuales para predecir los riesgos de extinción de ciertas especies de plantas y animales con distribución geográfica restringida son muy variables ya que estos dependen del enfoque geográfico y taxonómico de cada estudio (Urban 2015). Por ejemplo, algunos autores estiman que cerca de un 54% de las especies existentes en el planeta, podrían extinguirse a causa del cambio climático (Malcolm *et al.* 2006; Foden *et al.* 2013; Urban 2015). Para el caso de aquellas especies endémicas con distribución geográfica restringida como es el caso de *Obregonia denegrii*, estas podrían verse más afectadas ya que al existir en ciertos ambientes o microambientes muy exclusivos, podrían limitar los cambios a nuevos hábitats (Urban 2015; Williams *et al.* 2003). Por su parte otros trabajos argumentan que, aunque sólo un número limitado de especies enfrentarán condiciones capaces de persistencia, otros experimentarán reducciones drásticas y fragmentación de áreas de distribución, o bien extender sus distribuciones, creando nuevas comunidades naturales con propiedades desconocidas (Peterson *et al.* 2002). De hecho, algunos trabajos han discutido que estas reorganizaciones de comunidades producirán efectos distributivos más fuertes que los efectos directos del cambio climático en las distribuciones de especies. Lo anterior sabiendo de que, en México la temperatura media anual promedio podría aumentar entre 1.6 y 2.58, mientras que la media anual de las precipitaciones puede disminuir entre 70 y 130 mm (Peterson *et al.* 2002).

Para el caso particular de la familia Cactaceae, la zona de mayor concentración y diversificación de cactáceas se encuentra en los estados de Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí,

mientras que los estados con mayor número de especies bajo alguna categoría de riesgo son San Luis Potosí y Coahuila, con el 22% y 19% respectivamente (Arredondo Gómez *et al.* 2010). El estado de Tamaulipas cuenta con ocho regiones terrestres prioritarias, dentro de las cuales se encuentra la región conocida como el Valle de Jaumave (Martínez-Ávalos & Jiménez 1993), región considerada importante por ser un valle bajo condiciones de aridez, rodeado por montañas de origen sedimentario y presentar en el fondo un sustrato de aluvión (Martínez-Ávalos & Jurado 2005; Martínez-Ávalos & Jiménez 1993), la biota aparentemente ha estado sujeta a evolución bajo condiciones de aridez durante mucho tiempo. Es una región que presenta alta concentración de endemismos de flora xerófila y donde se encuentra el género monoespecífico *Obregonia*.

Obregonia denegrii es una especie considerada en diversas categorías de riesgo debido a sus restricciones de hábitat; con un área de ocupación de 350 km², dentro del Valle de Jaumave. De acuerdo con Gómez-Hinostrosa & Martínez-Ávalos, (2013), la reducción en las poblaciones se atribuye a la modificación del hábitat y a la colecta ilegal. La especie se encuentra enlistada en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), el cual prohíbe estrictamente su comercialización (CITES 2017), así como también en la Lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en el estatus EN (en peligro).

A nivel nacional, se encuentra registrada en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, para la Protección ambiental de especies nativas de México de Flora y Fauna Silvestres en la cual se encuentra

como especie endémica en la categoría de Amenazada (A) (SEMARNAT 2010).

Un tema muy importante para la conservación de especies es el estudio del área de distribución, donde su presencia-ausencia, así como su ubicación en un espacio, están delimitados por factores bióticos y abióticos (De la Vega & Schilman 2015; Maciel-Mata *et al.* 2015). Dichos factores son alterados por elementos tanto antropogénicos como naturales. (Bustamante & Grez 1995; Santos & Tellería 2006). Estos elementos, perturban las características del medio ya que ocasionan aumentos o descensos en la temperatura, modifican la humedad, la precipitación y por ende a la variabilidad de la diversidad biológica (Challenger & Dirzo 2009).

Las variaciones en el clima a grandes escalas son una de las causantes de la pérdida del hábitat, aumento en la distribución de especies invasoras, y cambios en el tamaño y distribución de las poblaciones de especies nativas (Huang & Geiger 2008). Así mismo, la perturbación antropogénica como la extracción, contaminación, cambio de uso de suelo y el incremento de la población humana causan impactos por periodos de tiempo mayores a los ocasionados por las variaciones naturales. La perturbación antropogénica y las condiciones ambientales ocasionan que los cambios en las variaciones climáticas bajo diferentes periodos de tiempo puedan ser consideradas como sistemáticas o caóticas (Useros-Fernández 2013) causando efectos sobre las poblaciones de diversos organismos y finalmente en la estructura y función de los ecosistemas (Parmesan 2006).

Sin embargo, los efectos de las perturbaciones serán variables de acuerdo con la capacidad de respuesta de cada especie, lo que demuestra que los organismos tienen li-



FOTO 1. Vista panorámica del Valle de Jaumave, Al fondo el Cañón de San Vicente en los Nogales Tamaulipas, México.

mitantes de tolerancia a factores ambientales (Begon *et al.* 2006). En los últimos años, se ha generalizado el uso de herramientas para el análisis de la distribución de especies basado en el uso de datos estadísticos en conjunto con los sistemas de información geográfica que permiten determinar datos de presencia-ausencia y abundancia de especies y patrones de distribución espacial, estas herramientas son conocidas como Modelos de Distribución de Especies (MDE) que se definen como representaciones espaciales de los lugares que poseen las características óptimas para la presencia de una especie, donde la aptitud del espacio es determinada mediante la relación matemática de la distribución conocida de la especie y un conjunto de variables independientes

usadas como indicadores (Mateo *et al.* 2011; Seoane & Bustamante 2001).

Actualmente se conocen pocas poblaciones de *Obregonia denegrii* dentro del Valle de Jaumave (Foto 1) las cuales están siendo afectadas por las actividades antropogénicas y la degradación natural del medio ambiente por lo que en este trabajo se describen las características específicas del hábitat de esta especie y se determina su distribución potencial.

Material y métodos

Obregonia denegrii Frič (Cactaceae)

Obregonia denegrii también conocida como obregonita, obregonia, cacto alcachofa y peyotillo se caracteriza por ser una planta pequeña con raíces

JG Martínez-Ávalos



FOTO 2. Aglomeración de individuos de *Obregonia denegrii* creciendo en su hábitat natural. Valle de Jaumave, Tamaulipas, México.

JG Martínez-Ávalos



FOTO 3. *Obregonia denegrii* en floración. Las flores de esta especie crecen en el centro del ápice de la planta y miden 2 a 2.5 cm de longitud y 1 a 2.5 cm de diámetro. Puede notarse una planta juvenil arriba a la derecha, resultado de la germinación de una semilla atrapada en el tubérculo.

JG Martínez-Ávalos



FOTO 4. Planta aislada de *Obregonia denegrii* creciendo en su hábitat natural. Valle de Jaumave, Tamaulipas, México.

fusiformes. Tallos subglobosos con tubérculos grandes que se disponen en forma de roseta, su color característico es verde grisáceo con un tinte bronceado. Los tubérculos se encuentran en series en forma de espiral, con la superficie triangular, más o menos curva y con una fina arista longitudinal y la inferior gruesamente carinada, también con una arista longitudinal, con el ápice agudo, lisos, duros, cartilagosos, de 5 a 15 mm de longitud y de 7 a 5 mm de espesor en la base. Tiene areolas pequeñas en el ápice de los tubérculos con el meristema espinífero y florífero adjuntos, las del ápice del tallo con lana blanca, 3 o 4 espinas solo en los tubérculos jóvenes de 5 a 15 mm de longitud, erectas o curvas, con flexibilidad. Flores pequeñas de 2 a 2.5 cm de longitud y 1 a 2.5 cm de diámetro estas emergen del meristema floral de los tubérculos apicales entre la lana (Fotos 2-4). Anteras amarillas; polen esférico, tricolpado; estilo blanco; estigma blanco verdoso. Fruto claviforme, desnudo, carnoso, seco al madurar.

Semillas piriformes de 1 a 1.4 mm de longitud. Época de floración mayo-septiembre (Anderson 1967; 2001).

Distribución geográfica de *Obregonia denegrii*

Se emplearon 14 registros de presencia de la especie, diez de ellos fueron obtenidos de la red de datos Global Biodiversity Information Facility (GBIF 2020) y cuatro de ellos fueron verificaciones realizadas en campo, todos ellos localizados dentro de la región del Valle de Jaumave en el municipio de Jaumave, Tamaulipas, México. Los registros fueron georreferenciados en el programa ArcMap 10.5. con una proyección geográfica UTM_WGS_84.

Variables biofísicas de la especie: Se obtuvieron las variables de clima, suelo y vegetación asociada a los registros de las capas temáticas del Geoportal CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>). Los valores fueron

extraídos por la función *intersect* la cual realiza una intersección geométrica entre dos entidades espaciales.

Modelo de distribución potencial: Se utilizó el algoritmo de Máxima Entropía (MaxEnt 3.4.1) debido a su eficiencia en modelación de distribución potencial con datos de presencia. La predicción se realizó con base a las variables ambientales más representativas de clima, topografía y tipos de vegetación.

La predicción de la distribución potencial se realizó empleando las capas climáticas de WorldClim versión 2.1 (www.worldclim.org/) las cuales son derivadas por registros históricos mensuales de temperatura y precipitación de 1970 a 2000 (Cuadro 1). La variable de suelo fue descargada del portal SOILGRID (www.soilgrids.org), mientras que exposición y elevación fueron descargadas del portal Hydro1K USGS EROS. El índice de aridez del portal CGAR (www.cgar.gov).

CUADRO 1: Variables climáticas, topográficas y ecológicas utilizadas para modelar la distribución potencial.

Variables	Simbología
Climáticas (worldclim)	www.worldclim.org/
Precipitación promedio mensual	preavemon
Temperatura máxima anual	maxtempan
Temperatura máxima promedio	maxavetem
Temperatura mínima anual	mintempan
Temperatura mínima promedio	mintemave
Precipitación máxima anual	maxprean
Precipitación promedio máxima	maxpreav
Precipitación mínima promedio	minavepre
Precipitación mínima anual	minannpreci
Topográficas (hydro1k)	https://lta.cr.usgs.gov/hydro1k
Elevación	alt
Exposición	asp
CGAR	http://csi.cgiar.org/aridity/index.asp
Índice de aridez	arin
Ecorregiones	https://www.worldwildlife.org/biomes
Ecorregiones	eco
INEGI	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/ usosuelo
Uso de suelo y vegetación	veget
SOILGRID	https://www.soilgrids.org
Suelo	Soil

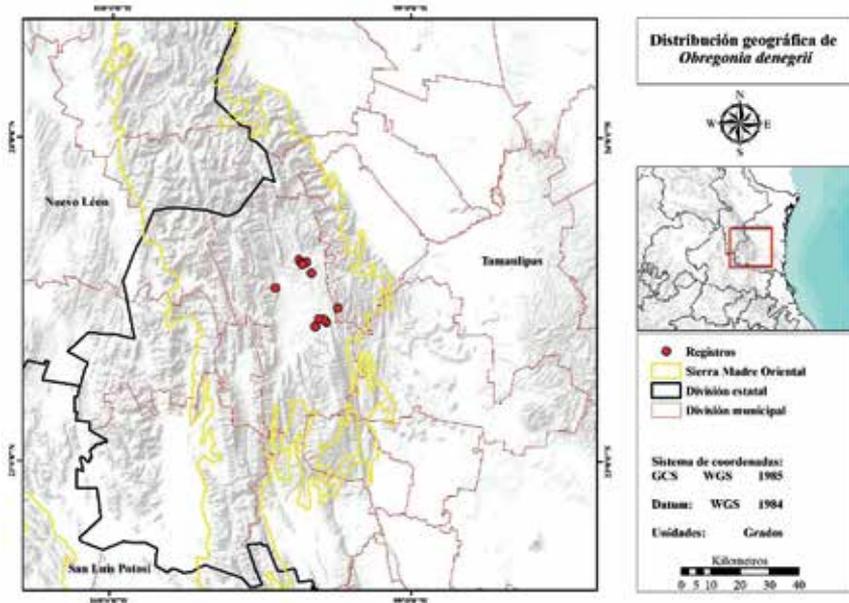


FIGURA 1. Mapa de distribución geográfica de la especie *Obregonia denegrii*, en Tamaulipas, México. El recuadro del mapa se muestran las localidades de la especie representadas por los puntos rojos. En el recuadro de la derecha se observa el recuadro que se muestra amplificado en el estado de Tamaulipas y la línea costera del Golfo de México.

csi.cgiar.org/aridity/index.asp) fue empleado ya que provee información climática relacionada a los procesos de evapotranspiración o humedad relativa.

Por otra parte, se utilizó la Serie VI de uso de suelo y vegetación del INEGI y la capa de Ecorregiones de la WWF (<https://www.world-wildlife.org/biomes>) en función de sensibilizar la predicción a aquellas regiones donde la especie se distribuye. Las capas utilizadas fueron de una resolución espacial de 30 segundos (~1km²).

Finalmente, para disminuir la correlación de las variables climáticas, las capas de temperatura y precipitación promedio de cuarto anual fueron procesadas para generar una variable climática con los valores agregados en IDRISI TerrSet (18.3 Clark Lab) (Marmion 2009). En el software MaxEnt se utilizó el modelo lineal debido al bajo número de registros y aplicando 5,000 iteraciones “Monte Carlo” (Martínez-Guerrero & Cervantes-Hernández 2012). El

mapa probabilístico de distribución potencial fue reclasificado en el software IDRISI TerrSet (18.3 Clark Lab) tomando como umbral el valor acumulativo del 10% para generar un mapa de ausencia/presencia.

Resultados

Distribución actual de *Obregonia denegrii*

De acuerdo con los registros obtenidos de la especie, actualmente se encuentra en dos municipios del estado de Tamaulipas: Jaumave y Victoria (Fig. 1).

Clima: BSIhw: Semiárido semicálido; (A)C(wo): Semicálido del grupo C

Vegetación: MS: Matorral submontano agricultura de riego anual; ART: Agricultura de riego anual; ATA: Agricultura de temporal anual; ATAS: Agricultura de temporal anual semipermanente; PI: Pastizal inducido.

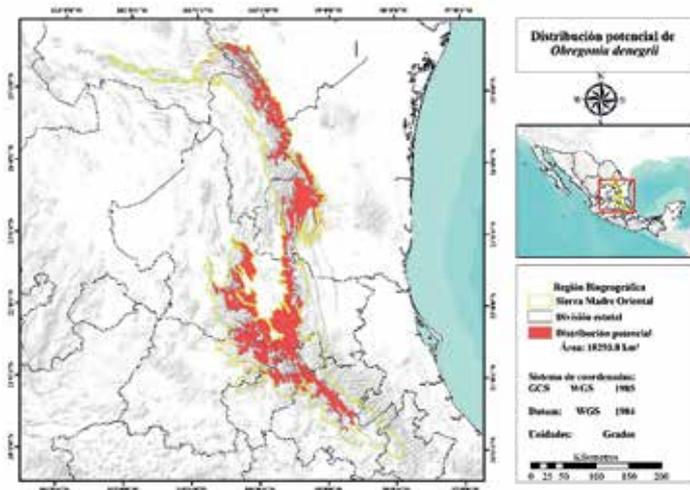


FIGURA 2. Distribución potencial de *Obregonia denegrii* (en color rojo) en el Valle de Jaumave en Tamaulipas, México. La línea amarilla representa la región biogeográfica de la Sierra Madre Oriental.

Distribución potencial de *Obregonia denegrii*

El modelo de la distribución potencial demostró una buena confiabilidad con un valor de AUC = 0.982 (*area under the curve*) (Martínez-Guerrero & Cervantes-Hernández 2012).

De acuerdo con la información dada por el modelo la distribución potencial, la especie se limita a una pequeña aérea dentro del Valle de Jaumave, donde se tiene el mayor número de registros de poblaciones

de la especie (Fig. 2). En general el modelo arroja una distribución potencial de una superficie de 18,243.8 km. Las variables con mayor influencia sobre la distribución potencial de la especie son: temperatura mínima anual 23.3%, altitud 19.1%, y la precipitación promedio 12.6%.

De acuerdo con lo anterior, es posible encontrar a la especie dentro del Valle de Jaumave perteneciente a la Ecorregión de la Sierras Templadas específicamente dentro de la Sierra Madre Oriental. Así mismo, el

CUADRO 2. Variables biofísicas de los sitios de distribución de *Obregonia denegrii* en los municipios de Jaumave y Victoria, Tamaulipas.

Municipio	No Registros	Clima	Suelo	Vegetación
Jaumave	10	BSlhw	Xerosol cálsico	MS
			Rendzina	ARA
			Fluvisol calcáreo	ATA
				ATAS
				PI
Victoria	1	(A)C(wo)	Rendzina	MS
			Litosol	PI

FOTO 5. *Obregonia denegrii*.

modelo predice que la especie podría ocupar otras regiones bajo condiciones ambientales similares entre los límites de los estados de San Luis Potosí y Tamaulipas. Del mismo modo, pronostica que el tipo de uso de suelo y la vegetación predominante son el matorral submontano y aquellas zonas destinadas a la agricultura. La temperatura mínima en esta área seleccionada se encuentra por debajo de los 18°C y a una altitud entre los 600 y 1100 m snm.

Discusión

Distribución geográfica de *Obregonia denegrii*

La mayor limitante para la distribución de la especie se encuentra en las barreras físicas presentes en el área de estudio. Como se mencionó anteriormente, la especie se halla restringida al Valle de Jaumave, situado en el

sureste del estado de Tamaulipas dentro de una de las regiones de mayor importancia de diversidad y endemismo en el cual se pueden encontrar más de 61 especies de cactáceas (Martínez-Ávalos & Jurado 2005; Guzmán *et al.* 2003). De acuerdo con Del Conde y colaboradores (2009) la distribución geográfica de las especies de cactáceas que habitan en la Sierra Madre Oriental (SMO), está limitada por barreras geográficas, que han influido en la distribución de la flora cactológica de la provincia, la zona en la que se distribuyen estas especies dentro de la SMO se encuentra desde la parte central del estado de Hidalgo, hasta el estado de Coahuila, encontrando una mayor diversidad en las partes bajas de la SMO. Una ventaja respecto a este aspecto son los modelos de distribución, se consideran más confiables para especies con distribución restringida que para especies generalistas esto se debe a que las condiciones

FOTO 6. *Obregonia denegrii*.

son más específicas y el rango de valores para cada variable es más pequeño por lo tanto su predicción será más acertada (Mateo *et al.* 2011).

Desafortunadamente, algunos trabajos señalan que el cambio climático podría influir drásticamente en la distribución geográfica de muchas especies endémicas, esto al reducir el hábitat adecuado (Kirk *et al.* 2018) donde se llevan a cabo las interacciones con otras especies como sus propios dispersores de semillas o polinizadores (Malcolm *et al.* 2006; Foden *et al.* 2013;

Williams *et al.* 2003; Peterson *et al.* 2002) o bien, reduciendo la cobertura vegetal de sus nodrizas para llevar a cabo las funciones de germinación de semillas y el establecimiento de plántulas (Palmer *et al.* 2015).

Finalmente, tenemos que, el Valle de Jau-mave es un fragmento semiárido y geográficamente aislado por montañas que forman parte de la SMO, y que se encuentra dentro de la región del desierto Chihuahuense, en el que se pueden encontrar varias especies de cactáceas (incluyendo el género *Obregonia*) que han sido reportadas como restringidas a

sus límites, de acuerdo a Hernández y Bárcenas (1996), la riqueza de especies en peligro es baja, sin embargo se considera una región con un alto valor de conservación debido a la alta frecuencia de especies estenoendémicas (especies endémicas con distribución restringida) y han determinado que probablemente la alta frecuencia de este tipo de especies es una consecuencia del aislamiento geográfico y climático que ha estimulado la especiación. Lo anterior concuerda con lo señalado por Martínez-Ávalos y Jurado (2005) quienes determinaron que en el Valle de Jaumave, existe una gran cantidad especies de cactáceas endémicas y esto podría estar asociado a la aridez, ya que se encuentran en el borde del desierto chihuahuense y lejos de los vientos húmedos de la Sierra Madre Oriental y la cual es considerada el factor ambiental más altamente correlacionado con la riqueza y el endemismo de especies (Del Conde *et al.* 2009; Godínez-Álvarez & Ortega-Baes 2006), la precipitación en la zona se encuentra entre los 200 a 500 mm y el tipo de vegetación dominante es el matorral rosetófilo (Martínez-Ávalos & Jurado 2005).

De acuerdo a Hernández-Oria (2010), algunas causas de la diversidad de cactáceas, es la existencia de rangos climáticos más o menos homogéneos y por ello existe una mayor presencia de especies en los climas con menor variación o más favorables y la morfología predominante es la globosa, por encima de la forma columnar y donde la heterogeneidad ambiental es considerada un producto de la confluencia de varios elementos fisiográficos, orográficos y edáficos que crean distintas condiciones ecológicas, lo cual también explica parcialmente la gran cantidad de especies amenazadas y endémicas que son consideradas hábitat-especialistas.

Obregonia denegrii es una especie con un rango geográfico y especificidad de hábitat estrechos lo que la clasifica como una rareza clásica dentro de las endémicas, restringidas las cuales a menudo se encuentran amenazadas o en peligro de extinción y por lo tanto son en su mayoría buscadas por los coleccionistas (Rabinowitz 1981). Sin embargo, contrario a lo que muchas especies endémicas presentan, estas poblaciones muestran altas densidades con individuos y de diversos tamaños (Fotos 2 y 3), como se ha reportado para otras especies del género *Ariocarpus* spp. (Aguilar *et al.* 2011), las cuales se ven afectadas mayormente por el cambio de uso de suelo en su localidad tipo. En los últimos tres años, al menos tres de las poblaciones conocidas se han visto en riesgo inminente por la creación de caminos y pérdida de vegetación (Golubov *et al.* 2009). Por lo tanto, se considera que los modelos de distribución potencial son herramientas de importancia para la conservación de este tipo de especies con distribución restringida y endémicas, ya que mediante ellos se puede delimitar el área de distribución actual aun cuando se trata de sitios puntuales y no grandes extensiones, además ayuda a identificar áreas prioritarias donde existen las condiciones adecuadas para su establecimiento. Estos dos aspectos favorecen tanto la evaluación del estatus de conservación, así como las acciones para la conservación de especies (Sánchez *et al.* 2011).

Agradecimientos

Al Instituto de Ecología Aplicada de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, al Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo" (CentroGeo), A.C., al

Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología por las becas de posgrado otorgadas a los autores de este escrito.

Literatura citada

- Aguilar-Morales G, Martínez-Peralta C, Feria-Arroyo TP, Golubov J & Mandujano M. 2011. Distribución geográfica del género *Ariocarpus Scheidweiler* (Cactaceae). *Cact Suc Mex* **56**:49-63.
- Anderson EF. 1967. A study of the proposed genus *Obregonia* (Cactaceae). *Am J Bot* 897-903.
- Anderson EF. 2001. *The cactus family*. Timber Press (OR).
- Arredondo Gómez A, Villavicencio Gutiérrez EE, González Cortez A, Comparan Sánchez S, Mares Arreola O & Miguel CP. 2010. Cactáceas ornamentales del Desierto Chihuahuense que se distribuyen en Coahuila, San Luis Potosí y Nuevo León, México.
- Arroyo-Cosultchi G, Cárdenas Ramos D, Martínez-Ramos M & Hernández Ávila S. 2014. Desaparición de una población de *Ariocarpus retusus* Scheid. por la destrucción de su hábitat en Miquihuana, Tamaulipas, México. *Cact Suc Mex* **59**:52-63.
- Ballesteros-Barrera C, Martínez-Meyer E & Gadsden H. 2007. Effects of landcover transformation and climate change on the distribution of two microendemic lizards, genus *Uma*, of northern Mexico. *J Herpetol* **41**:733-740.
- Begon M, Townsend CR & Harper JL. 2006. *Ecology. From individuals to ecosystems, fourth edition*. United Kingdom. Blackwell Publishing.
- Bustamante R & Grez A. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Amb Des* **11**:58-63.
- Carrillo Ángeles 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.
- Challenger A & Dirzo D. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En CONABIO (Ed), *Capital natural de México*, vol. 2: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO (pp. 37-73). México.
- Chen IC, Hill JK, Ohlemüller R, Roy DB & Thomas CD. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* **333**:1024-1026.
- CITES. 2017. Apéndices CITES. Consultado el 18 de noviembre de 2017, Disponible en: <https://cites.org/esp/app/appendices.php>
- Contreras-Medina R, Luna-Vega I & Ríos-Muñoz CA. 2010. Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: Modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio del uso de suelo y conservación. *Rev Chilena de Hist Nat* **83**:421-433.
- Davies RG, Orme CD, Storch D, Olson VA, Thomas GH, Ross SG, Ding TS, Rasmussen PC, Bennett PM, Owens IP, Blackburn TM & Gaston KJ. 2007. Topography, energy, and the global distribution of bird species richness. *Proceed Royal Soc B* **274**:1189-1197
- De La Vega GJ & Schilman PE. 2015. La importancia de la fisiología en la distribución geográfica de los insectos. *Rev Soc Entomol Argentina* **74**:101-108.
- Del Conde J, Contreras-Medina R & Luna-Vega I. 2009. Biogeographic analysis of endemic cacti of the Sierra Madre Oriental, Mexico. *Biol J Linnean Soc* **97**:373-389.
- Enquist BJ, Feng X, Boyle B, Maitner B, Newman EA, Jorgensen PM, Roehrdanz PR, Thiers BM, Burger JR, Corlett RT, Couvreur T, Dauby G, Donoghue J, Foden W, Lovett J, Marquet P, Merow C, Midgley G, Morueta-Holme N, Neves D, Oliveira-Filho A,

- Kraft N, Park D, Peet R, Pillet M, Serra-Diaz J, Sandel B, Schildhauer B, Šimova I, Violle C, Wieringa J, Wiser S, Hannah L, Svenning JC & McGill B. 2019. The commonness of rarity: Global and future distribution of rarity across land plants. *Sci Adv* **5**:1-13.
- Fischer J, Lindenmayer DB, Nix HA, Stein JL & Stein JA. 2001. Climate and animal distribution: a climatic analysis of the Australian marsupial *Trichosurus caninus*. *J Biogeog* **28**:293-304.
- Foden WB, Butchart S, Stuart SN, Vie J, Akcakaya HR, Angulo A, DeVantier LM, Gutsche A, Turak E, Cao L, Donner SD, Katariya V, Bernard R, Holland RA, Hughes AF, O'Hanlon S, Garnett ST, agan C, ekerciog S, lu & Mace GM. 2013. Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals *PLoS ONE* **8**:e65427. doi:10.1371/journal.pone.0065427
- GBIF.org (14 December 2020) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.9jphpu>
- Goettsch B *et al.* 2015. High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nature Plants*. **142**:1-7.
- Golubov J, Mandujano MC & Aguilar G. 2009. The conservation massacre: Much more than meets the eye. *Cact Succ J* **81**:56-58.
- Gómez-Hinostrosa C & Martínez-Ávalos JG. 2013. *Obregonia denegrii*. La Lista Roja de Especies Amenazadas 2013 de la UICN: e.T40968A2948122. Recuperado el 3 de mayo de 2018 de: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20131.RLTS.T40968A2948122.en>.
- Green R. 2010. An overview of the effects of climate change on birds. BOU. *Proceedings–Climate Change and Birds*. (consultado 20 de enero de 2021).
- Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2003. *Catálogo de cactáceas mexicanas*. UNAM, CONABIO, México.
- Hernández HM & Bárcenas RT. 1996. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: II. Biogeography and conservation. *Conserv Biol* **10**:1200-1209.
- Hernández-Oria JG. 2010. Patrones de diversidad regional en las Cactaceae amenazadas del Desierto Chihuahuense, México. *Zonas Áridas* **14**:35-49.
- Hickling R, Roy DB, Hill JK, Fox R & Thomas CD. 2006. The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding poleward. *Glob Chang Biol* **12**:450-455.
- Hill JK, Thomas CD, Fox R, Telfer MG, Willis SG, Asher J & Huntley B. 2002. Responses of butterflies to twentieth century climate warming: implications for future ranges. *Proc. R. Soc. Lond. B* **269**, 2163–2171. (DOI 10.1098/rspb.2002.2134.)
- Huang C & Geiger E. 2008. Climate anomalies provide opportunities for large-scale mapping of non-native plant abundance in desert grasslands. *Diver Distrib* **14**:875-884.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change). 2014. Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects: Volume 1, Global and Sectoral Aspects: Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (Cambridge Univ. Press, 2014).
- Kirk DA, Park AC, Smith AC, Briar JH, Brigid KP, Naschelly GK, Elizabeth NF & Kent AP. 2018. Our use, misuse, and abandonment of a concept: ¿Whither habitat? *Ecol Evol* **8**:4197-4208. <https://doi.org/10.1002/ece3.381>
- Kreakie BJ, Fan Y & Keitt TH. 2012. Enhanced Migratory Waterfowl Distribution Modeling by Inclusion of Depth to Water Table

- Data. *PLoS ONE* **7** (consultado 20 de enero de 2021).
- Kullman L. 2002. Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes. *J Ecol* **90**:68-77.
- Maciel-Mata CA, Manríquez-Morán N, Octavio-Aguilar P y Sánchez G. (2015). El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta Univ* **25**:3-19.
- Mair L, Thomas CD, Anderson BJ, Fox R, Botham M & Hill JK. 2012. Temporal variation in responses of species to four decades of climate warming. *Glob Chang Biol* **18**:2439-2447.
- Malcolm JR, Liu C, Neilson RP, Hansen L & Hannah L. 2006. Global Warming and Extinctions of Endemic Species from Biodiversity Hotspots. *Conserv Biol* **20**:538-548.
- Marini MÂ, Barbet-Massin M, Lopes LE & Jiguet F. 2010. Predicting the occurrence of rare Brazilian birds with species distribution models. *J Ornithol* **151**:857-866.
- Marmion M, Parviainen M, Luoto M, Heikkinen RK & Thuiller W. 2009. Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diver Distrib* **15**:59-69.
- Martínez-Ávalos JG & Jiménez Pérez J. 1993. Las Cactáceas del Valle de Jaumave, Tamaulipas. *Cact Suc Mex* **38**:75-82.
- Martínez-Ávalos JG & Jurado E. 2005. Geographic distribution and conservation of Cactaceae from Tamaulipas México. *Biodiv Conserv* **14**:2483-2506.
- Martínez-Guerrero B & Cervantes-Hernández P. 2012. Requerimientos técnicos para estimar la distribución potencial de máxima entropía con el programa MaxEnt. *Ciencia Mar* **16**:63-69.
- Mateo RG, Felicísimo ÁM & Muñoz J. 2011. "Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Rev Chilena Hist Nat* **84**:217-240.
- Miguel-Talonia C, Téllez-Valdés O & Murguía-Romero M. 2014. The cacti of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico: estimation of the quality of sampling. *Rev Mex Biodiv* **85**:436-444. DOI: 10.7550/rmb.31390
- Palmer G, Hill JK, Brereton TM, Brooks DR, Chapman JW, Fox R, Oliver TH & Thomas CD. 2015. Individualistic sensitivities and exposure to climate change explain variation in species' distribution and abundance changes. *Sci Adv* 1-10.
- Parmesan C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Ann Rev Ecol Evol Syst* **37**:637-669.
- Peterson AT, Ortega-Huerta MA, Bartley J, Sanchez-Cordero V, Sorberon J, Buddemeier RH & Stockwell DRB. 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* **416**:626-629.
- Rabinowitz D. 1981. Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles». En: SOULÉ, M. E. (Ed.), *Conservation Biology, the science of scarcity and diversity*, Sinauer, Boston Mass. pp. 182-204.
- Root TL, Price JT, Hall KR, Schneider SH, Rosenzweig C & Pounds JA. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* **421**:57-59.
- Sánchez CV, Townsend A & Escalante P. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. H. Hernández* 359-379.
- Santos T & Tellerías JL. 2015. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies *Ecosistemas* **15**:3-12.
- Seoane J & Bustamante J. 2001. Modelos predictivos de la distribución de especies: una revisión de sus limitaciones. *Ecología* **15**:9-21.
- 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, 30 diciembre, 2010..
- Thomas CD, Harte J, Ostlin A, Green JL & Kinzig A. Climate change and extinction risk. *Nature* **427**:145-148.
- Thomas CD, Bodsworth EJ, Wilson RJ, Simmons AD, Davies ZG, Musche M & Conradt L. 2001. Ecological and evolutionary processes at expanding range margins. *Nature* **411**:577-581.
- Urban MC. 2015. Accelerating extinction risk from climate change. *Science* **348**:571-573. DOI: 10.1126/science.aaa4984
- Useros-Fernández JL. 2013. El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. *Real Acad Med Cirugía Valladolid* **50**:71-98.
- Walther G, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee TJC, Fromentin JM, Hoegh-Guldberg O & Bairlein F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* **416**:389-395.
- Warren MS, Hill JK, Thomas JA, Asher J, Fox R, Huntley B, Royk DB, Telfer MG, Jeffcoate S, Hardink P, Jeffcoate G, Willis SG, Greatorex-Davies JN, Moss D & Thomas CD. 2003. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature* **412**:65-69
- Williams SE, Bolitho EE & Fox S. 2003. Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. *Proc R Soc Lond B* **270**:1887-1892. DOI 10.1098/rspb.2003.2464.

Recibido: junio 2020; Aceptado: agosto 2020.
Received: June 2020; Accepted: August 2020.



Myrtillocactus geometrizans (Mart. ex Pfeiff.) Console

Nombres comunes: Garambullo, Padre Nuestro, Órgano



Son plantas arborescentes, candelabriformes, de hasta 8 m de altura. El tronco es corto con una ramificación abundante que forma copas amplias de hasta 5 m de diámetro. Las ramas son numerosas, de color verde azulado y tienen de 5 a 6 costillas redondeadas, bien definidas. Los tallos tienen aréolas distantes entre 2 y 3.5 cm entre sí, que pueden tener o no lana y tienen de 3 a 5 espinas radiales subuladas, rígidas de hasta 6 mm de longitud, y una espina central (a veces ausente) rígida, en forma de daga de hasta 7 cm de longitud (Scheinvar 2004; *Flora cactológica del estado de Querétaro*)

Las flores son laterales y surgen de la parte superior de las aréolas; son color blanco-verdoso de hasta 3 cm de alto y 3.5 cm de ancho, diurnas y pueden producirse varias en la misma aréola. El fruto es una baya globosa a elipsoide de color rojo violeta o púrpura oscuro de 9 a 15 mm de ancho, sin espinas ni cerdas y con pulpa color púrpura de sabor agradable (Anderson 2001; *The Cactus Family*; Scheinvar 2004)

Es una especie endémica de México y en el país es de amplia distribución donde se puede encontrar en zonas de matorral xerófilo y bosque tropical caducifolio en los estados de Durango, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Michoacán, México, Tlaxcala, Puebla, Veracruz, Guerrero y Oaxaca. Debido a su amplia distribución geográfica y a que es una especie abundante en algunos sitios, no se encuentra listada en ninguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Guzmán *et al* 2003; *Catálogo de cactáceas mexicanas*).

El garambullo es una especie con múltiples usos: los frutos (también llamados garambullos) son consumidos en fresco o deshidratados y con ellos se preparan mermeladas, helados, postres entre otros; asimismo las flores son consumidas como verdura. Las plantas se utilizan como cercas vivas y los tallos como forraje y cuando estos se secan como leña. Algunas personas usan los tallos y la raíz como medicina para algunas enfermedades y síntomas como la tos o para disminuir la inflamación de golpes en el cuerpo. Generalmente no hay plantaciones de esta especie, por lo que todas las partes de la planta son cosechadas de poblaciones silvestres. Las plantas jóvenes son utilizadas como patrón para el injerto de otras especies de cactáceas con fines ornamentales (Anderson 2001; Scheinvar 2004).