

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas



VOLUMEN 63 No. 3

JULIO - SEPTIEMBRE 2018

ISSN 0526-717X

CACTÁCEAS y *suculentas* mexicanas

Volumen 63 No. 3
Julio-septiembre 2018

Editor Fundador
Jorge Meyrán

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

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

Etnobotánica
Dr. Javier Caballero Nieto
Jardín Botánico IB-UNAM

Evolución y Genética
Dr. Luis Eguiarte
Instituto de Ecología, UNAM

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

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

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

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

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

Taxonomía y Sistemática
Dr. Fernando Chiang
Instituto de Biología, UNAM
Dr. Roberto Kiesling
CRICYT, Argentina
Dr. John Rebmam
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 1 000 ejemplares, septiembre de 2018

SOCIEDAD MEXICANA DE CACTOLOGÍA, AC

Presidenta Fundadora
Dra. Helia Bravo-Hollis †

Presidente
Christian Brachet Ize

Vicepresidente
Alberto Pulido Aranda


Tesorera
Roxana Mondragón Larios

Vocal
Araceli Gutiérrez de la Rosa

Fotografía de portada:
Echinocactus platyacanthus
María del Carmen Navarro Carbajal



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

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

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

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

The articles are under the Creative Commons license .

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

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

Correo electrónico: cactsucmex@ieciologia.unam.mx

Suscripciones



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

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

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

• Para transferencia internacional añadir la clave: BCMRMXMMPYM.

• Mediante PayPal enviar a la cuenta con el correo:

palabraenvuelo1@gmail.com

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

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

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

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

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

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



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

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



CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 63 No. 3 julio - septiembre 2018



Contenido

Antracnosis por <i>Colletotrichum</i> en <i>Stenocactus dichroacanthus</i> (Mart. ex Pfeiff.) A. Berger ex Backeb. & F.M. Knuth de San Luis de la Paz, Guanajuato Guerrero-Solís A, Cambrón-Sandoval V, Malda-Barrera XG, Mondragón-Jacobo C & Vergara-Pineda S	68
Aspectos demográficos y reproductivos de <i>Echinocactus platyacanthus</i> (Cactaceae) en Tecali de Herrera, Puebla Quiroz Soberanes JH, Navarro Carbajal MC, Eliosa León HR & González Machorro EM	79
Sobre las hojas de herbario Meyrán García J	92
<i>Opuntia streptacantha</i> Lem. Manzanarez-Villasana G.....	96

Contents

Anthracnose disease by <i>Colletotrichum</i> in <i>Stenocactus dichroacanthus</i> (Mart. ex Pfeiff.) A. Berger ex Backeb. & F.M. Knuth in San Luis de la Paz, Guanajuato Guerrero-Solís A, Cambrón-Sandoval V, Malda-Barrera XG, Mondragón-Jacobo C & Vergara-Pineda S	68
Demographic and reproductive aspects of <i>Echinocactus platyacanthus</i> (Cactaceae) in Tecali de Herrera, Puebla Quiroz Soberanes JH, Navarro Carbajal MC, Eliosa León HR & González Machorro EM	79
About herbaria specimens Meyrán García J	92
<i>Opuntia streptacantha</i> Lem. Manzanarez-Villasana G.....	96

Antracnosis por *Colletotrichum* en *Stenocactus dichroacanthus* (Mart. ex Pfeiff.) A. Berger ex Backeb. & F.M. Knuth de San Luis de la Paz, Guanajuato

Guerrero-Solís Alberto*, Cambrón-Sandoval Víctor¹, Malda-Barrera Xóchitl¹,
Mondragón-Jacobo Candelario², Vergara-Pineda Santiago^{2,*}

Resumen

La enfermedad llamada antracnosis o mancha marrón está afectando a una considerable cantidad de individuos del cactus conocido comúnmente como biznaguita *Stenocactus dichroacanthus* (Mart. ex Pfeiff.) A. Berger ex Backeb. & F.M. Knuth en la vegetación nativa, bosque tropical caducifolio ubicado en el Municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato. Los síntomas de esta enfermedad se observaron en el 100% de las plantas durante un monitoreo en campo, no obstante la planta rescatada que originó la presente investigación desarrolló daños severos y muerte. Se estudiaron 40 individuos rescatados para determinar el agente causal de la enfermedad. Se realizó el aislamiento por medio de cultivo axénico y posteriormente se realizaron los ensayos de patogenicidad para el cumplimiento de los postulados de Koch. Se comprobó que el hongo ascomiceto del género *Colletotrichum* es el agente causal de la antracnosis en *S. dichroacanthus*. Se registró la evolución de síntomas y signos de la enfermedad, mostrando que comienza con pequeñas lesiones de color anaranjado que se van extendiendo y cambiando de coloración hacia diversos tonos marrón, hasta llegar a un estado de necrosis acompañada por presencia de acérvulos con espinas y conidios de *Colletotrichum* sp.

Palabras clave: *Colletotrichum* sp., mancha marrón, postulados de Koch.

Summary

The named disease anthracnose or brown spot is affecting a considerable amount of plants of the cactus commonly known as biznaguita *Stenocactus dichroacanthus* (Mart. ex Pfeiff.) A. Berger ex Backeb. & F.M. Knuth in the native vegetation tropical deciduous forest located in San Luis de la Paz County, Guanajuato State. Symptoms of the disease were observed in the 100% of plants during a field survey, however the plant rescued that originated the present investigation developed severe injury and even death. Forty rescued plants were used in order to determine the causal agent of the disease. Pathogen isolation was performed by means of axenic cultivation and subsequently there were made test pathogenicity for compliance of the Koch postulates. It was proven that the fungus of the class Ascomycete of genus *Colletotrichum* is the pathogen causing anthracnose in *S. dichroacanthus*. Records of the evolution of the disease showed that orange spots

¹ Laboratorio de Ecología Vegetal. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. de las Ciencias s/n, Juriquilla, CP. 76230, Querétaro, México.

² Programa de Horticultura Ambiental, de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. de las Ciencias s/n, Juriquilla, CP. 76230, Querétaro, México.

*Autores de correspondencia: vpinedas@yahoo.com.mx / jose_al_guerrero@hotmail.com

appeared at the beginning, which spread and changed to different shades of brown until they reach a necrotic phase, associated with the presence of acervulos with thorns and conidias of *Colletotrichum* sp.

Key words: brown spot, *Colletotrichum* sp., Koch postulates.

Introducción

Las plagas y enfermedades representan un riesgo para la supervivencia de plantas nativas, y en ocasiones no se conoce su estado de sanidad hasta que se tiene algún interés económico, como es el caso de algunas especies de agave y nopal.

Aunque las investigaciones relacionadas sobre enfermedades que atacan a las cactáceas son limitadas, la mayor información se refiere a especies con valor comercial como *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, *Hylocereus undatus* (Haw) Britton & Rose, *Myrtillocactus geometrizans* Britton & Rose, (Mart.) Console, *Cereus peruvianus* (L.) Mill. y *Gymnocalycium*

mihanovichii (Frič & Gürke) Britton & Rose (Monreal *et al.* 2014) (Kim & Kim 2000) (Kim & Kim 2002); dónde se describen enfermedades como antracnosis y pudriciones blandas. En general, los hongos fitopatógenos que más causan enfermedades a las cactáceas pertenecen a la división Ascomycota (ITIS 2018), siendo los más importantes: *Fusarium*, *Verticillium* (Morera *et al.* 2005), *Colletotrichum*, *Phyllosticta* (CIPF 2014), *Mycosphaerella* (Ruszkiewicz 2016), *Alternaria* (Rodríguez *et al.* 2013), *Cladosporium* (Delgado *et al.* 2013), *Phoma* (Kumar 2013), *Phymatotrichum* (Marek *et al.* 2009), *Septoria* (Verkley *et al.* 2013), *Botrytis* (Ulloa & Hanlin 2000), *Didymosphaeria* (Ariyawansa *et al.* 2014), *Leptosphaeria* (Ha-



FIGURA 1. Mapa de ubicación de San Luis de la Paz, Guanajuato.

fellner & Zimmermann 2012) y *Nigrospora* (Wang 2017). Por otro lado, hongos de la división Myxomycota (ITIS 2018) como *Phytophthora* y *Pythium* son también frecuentes en cactáceas (Monreal *et al.* 2014). La enfermedad conocida como antracnosis es un problema frecuente. Horst (1990) señala que el hongo ascomiceto *Gloeosporium cactorum*, en su estado imperfecto causa la antracnosis en algunas especies de *Cereus*, *Echinocactus*, *Mammillaria* y *Opuntia*, formando pústulas en la superficie de porciones de tejidos en estado de pudrición.

El término antracnosis se utiliza para enfermedades en las plantas caracterizadas por lesiones bien definidas en hojas, tallos o frutos, frecuentemente acompañadas por decaimiento y necrosis, causadas por hongos que producen sus cuerpos fructíferos (en su estado perfecto) o acérvulos (en su estado imperfecto) dentro de pústulas húmedas (Horst 1990; Agrios 2005). Generalmente los agentes causales pertenecen a cuatro géneros de ascomicetos: *Diplocarpon*, *Elsinoe*, *Gnomonia* y *Glomerella*; siendo este último un hongo que en su estado imperfecto se designa dentro del género *Colletotrichum*. Unas especies de este género son conocidas por causar antracnosis en cereales y pastos, otras especies la producen en cucurbitáceas y frijol, y otras más en diferentes hortalizas (Agrios 2005).

Para el género *Stenocactus* no existe información sobre plagas o enfermedades que lo ataquen en vivero o en campo, por lo que la finalidad de este estudio fue identificar el agente causal de la mancha marrón o antracnosis que ocasiona la mortalidad más usual de *S. dichroacanthus* de San Luis de la Paz, Guanajuato, así como generar una descripción ilustrada y escrita sobre los signos y síntomas de este problema fitosanitario.

El hongo imperfecto *Colletotrichum* que pertenece a la clase Deuteromycetes, orden Melanconiales y familia Melanconiaceae (Sutton 1992), actualmente se ubica en la clase Sordariomycetes (CABI 2018). Este género cuenta con 39 especies, la mayoría patógenos, algunas también se comportan como saprofitos o invasores secundario de tejidos en decadencia (Orozco 2006). Cabe mencionar que este hongo imperfecto corresponde a la forma asexual de su teleomorfo, del género *Glomerella* el cual es un Ascomiceto (Agrios 2005).

El género *Stenocactus*, endémico de México tiene una amplia distribución en los estados del centro de la República, extendiéndose en el norte hasta Coahuila y Nuevo León; al este hasta Puebla; en el oeste hasta parte de Jalisco, y al sur hasta Oaxaca. Sin embargo es en el estado de Hidalgo, donde existe el mayor número de especies y variedades (Bravo & Sánchez 1991).

Stenocactus dichroacanthus es de crecimiento simple, con tallo globoso-aplanado a brevemente columnar que puede alcanzar 11 cm de altura y 7 cm de diámetro; ápice deprimido con lana blanca. Costillas 32 a 35, a veces hasta 58, delgadas, onduladas y sinuosas. Areolas 2 a 4 en cada costilla. Espinas radiales generalmente 4 a 6, rara vez más. Espinas centrales 3, situadas en la parte superior de la areola; la de en medio de 20 a 50 mm de longitud, aplanada, más o menos ancha, erecta o adpresa sobre el ápice; las 2 centrales laterales subaplanadas en sección transversal. Flores infundibuliformes, con cerca de 20 mm de longitud; tubo un poco ancho, verdoso, con escamas triangulares a ovadas, verdosas, con margen blanquecino; segmentos exteriores del perianto lanceolados, verdosos hasta con tinte rosado o liliáceo, con el margen blanco; segmentos interiores del perianto lanceolados

con la línea media rosado liliácea o purpúrea y el margen blanco, filamentos blanquecinos; estilo rosado; lóbulos del estigma 8, de color rosa pálido o amarillento (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991).

Material y métodos

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo con plantas provenientes del Municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato (Figura 1). La temperatura media anual de la localidad es de 15.6 °C, con una máxima de 23.5 °C y una mínima de 7.7 °C, la precipitación media anual 469.4 mm; la altitud oscila entre los 2000 m snm y los 2200 m snm (CNA 2018). Las observaciones y trabajo de laboratorio se hicieron en el Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

Colecta

El rescate de la planta se realizó en San Luis de la Paz, Guanajuato, México, bajo un proyecto de rescate y manejo de vegetación nativa para la instalación de un gasoducto, entre enero y abril del 2015. En una línea recta de 5 m de ancho por 1 km de largo, zona que fue deforestada por requerimientos del proyecto para la instalación de infraestructura. En esta área se colectaron 88 individuos de *S. dichroacanthus*, extrayéndolas del suelo con palas y llevándolas en cajas a un área con malla sombra que fungía como vivero.

Todos los cactus colectados presentaban signos y síntomas de una enfermedad, sin embargo para el experimento se usaron 40 cactus rescatados que desarrollaron muerte parcial en el vivero, de los cuales se extrajo tejido infectado (Foto 1).

Tipificación de la enfermedad

Los síntomas de la antracnosis arquetípica comienzan como pequeñas lesiones de color naran-

ja, deprimidas, circulares con bordes ondulados del tamaño de la cabeza de un alfiler al inicio, que se extienden en tamaño cubriendo regiones amplias de la planta. Estas manchas con el paso del tiempo crecen y cambian su tonalidad a un marrón claro con tonalidades amarillentas, de este tono pasa a un marrón oscuro, que a su vez se convierte en necrosis causando la muerte de los órganos y posteriormente del vegetal.

Los signos de esta enfermedad se presentan en las manchas marrones (síntomas) en estados avanzados de infección produciéndose acérvulos que presentan conidias en ocasiones.

Las cactáceas ocupadas presentaron muerte parcial y síntomas de la enfermedad, así como signos que se observaban como acérvulos en dichas manchas (estructuras observables del agente causal); los cuales se verificaron tomando muestras de los tejidos enfermos para preparar laminillas tiñendo con azul de lactofenol para así poder distinguir las estructuras en el microscopio (Foto 2).

Para la identificación de hongos fitopatógenos se utilizaron las claves y descripciones de Barnett & Hunter (1998), basadas en morfología, patrón de crecimiento y color del micelio cultivado en cajas Petri.

Aislamiento del agente patológico a partir de los individuos enfermos

Las muestras de tejido infectado fueron seccionadas en cubos de aproximadamente 1 cm, se esterilizaron en su exterior con cloro al 2% durante un minuto, se colocaron en una caja Petri estéril con papel filtro estéril humectado con agua destilada estéril. Las cajas fueron selladas con una película plástica adherente en su exterior (Parafilm®). Este proceso se realizó con cinco repeticiones (secciones de tejido infectado) y tres réplicas (cajas Petri) y se realizó con la finalidad de producir cuerpos fructíferos del hongo en el tejido.



José Alberto Solís Guerrero.

FOTO 1. Planta de campo de *Stenocactus dichroacanthus* con signos de antracnosis.



José Alberto Solís Guerrero.

FOTO 2. Acérvulo de *Colletotrichum* visto al microscopio (100 X) con conidias.

José Alberto Solís Guerrero.



FOTO 3. Planta de *Stenocactus dichroacanthus* inoculada presentando como síntomas de antracnosis manchas anaranjadas y marrones.

José Alberto Solís Guerrero.



FOTO 4. Acercamiento a la espina de una planta de *Stenocactus dichroacanthus* que presenta acérvulos de *Colletotrichum* con tejido necrótico.

Se revisó en microscopio compuesto que el micelio y estructuras para cultivarse fueran pertenecientes al agente observado en el microscopio de disección. Para mantener condiciones de asepsia se trabajó en una campana de flujo laminar, desinfectándola con una aspersión de alcohol 70% y esterilizando el área de trabajo con luz UV durante 5 minutos de exposición. Se preparó medio de cultivo PDA dispuesto en cajas Petri, y de los tejidos enfermos se tomó un acérvulo con una aguja de disección estéril para ser colocadas en el centro de cada caja, repitiendo este proceso en diez cajas Petri; las cuales fueron colocadas a temperatura ambiente sin ser expuestas a la luz.

Al transcurso de tres días se observó el crecimiento del hongo desde el centro de la caja hacia la periferia. Las cajas que mostraron un crecimiento del hongo en cultivo puro (sin la presencia de otros microorganismos contaminantes), fueron separadas y almacenadas para la subsecuente inoculación en planta sana. Una vez que el crecimiento del hongo cubrió dos terceras partes de la caja, se limitó su crecimiento introduciéndolo a un sistema de frío a 7 °C. Las cajas Petri en las que se observaron agentes contaminantes fueron inactivadas y desechadas.

Inoculación

Para el tercer postulado de Koch, se utilizaron plantas de *S. dichroacanthus* producidas en viveros de la región consiguiéndose 30 ejemplares con aproximadamente 4 cm de diámetro y completamente sanos, para lo cual se revisaron con microscopio de disección para verificar que no presentaran ningún signo o síntoma de enfermedad, al igual que ningún otro problema.

Las plantas fueron profusamente lavadas, eliminando todo rastro del suelo de origen y se desinfectaron con cloro al 1% por un minuto, enjuagándolas posteriormente con agua esterilizada. Se trasplantaron utilizando un nuevo sustrato, previamente esterilizado bajo 15 lb durante 15

minutos en autoclave, en charolas de germinación desinfectadas con cloro al 2% durante dos minutos. A las 30 plantas desinfectadas se les hizo una punción con aguja de disección estéril, con la cual se inoculó un acérvulo extraído de los aislamientos en cultivo puro con PDA. Posteriormente las plantas fueron irrigadas a saturación (a capacidad de campo) usando agua previamente esterilizada, y se cubrieron con un domo desinfectado, creando así una cámara húmeda. En las mismas condiciones y al mismo tiempo, se colocaron tres plantas sin inóculo como control (un testigo por cada 10 plantas). Durante 7 semanas se hicieron observaciones sobre los signos y síntomas, contrastando los resultados obtenidos con respecto a las plantas testigo. Cada planta ocupaba una cavidad en la charola, que fue numerada para tener control eficiente de la aparición de signos de manera individualizada.

Re-aislamiento del patógeno de las plantas inoculadas

Trascurridas dos semanas se presentaron síntomas de la enfermedad en las plantas inoculadas (Foto 3), y a las tres semanas se observaron estructuras (acérvulos con espinas). Para confirmar la identidad del agente patógeno, se hicieron nuevamente ensayos para su aislamiento, siguiendo la metodología descrita previamente y con la que se obtuvo el patógeno.

Resultados

A partir de las laminillas preparadas para observación detallada de los signos de la enfermedad, se detectaron conidias y acérvulos con espinas, considerando esto como la evidencia de la asociación del hongo *Colletotrichum* sp. con la enfermedad. Este hongo presenta conidias translúcidas unicelulares, claviformes, falcadas sin septos, lo que puede diferenciarlo de *Fusarium* (Barnett

& Hunter 1998). Las conidias se encuentran cercanas a los acérvulos, los cuales se observan sobre la epidermis del vegetal apareciendo como un punto del tamaño de la cabeza de un alfiler, color gris polvoriento (Foto 4). Con el microscopio los acérvulos se observan como discos conformados por setas con septos de color marrón oscuro, que en su interior poseen conidióforos alargados con conidias.

En los ensayos de patogenicidad inoculando plantas sanas con el cultivo puro obtenido, durante la primera semana no se observaron signos de enfermedad; aunque se registraron cambios de coloración mínimos alrededor de la punción, producto de la oxidación, acumulación de mucílago y generación de cutícula. Durante esa primera semana ninguna de las plantas presentó lesiones mayores a las ocasionadas por el daño mecánico realizado al inocular la planta.

Los síntomas (manchas) en las plantas comenzaron a aparecer a las dos semanas de ser inoculadas y colocadas bajo la cámara húmeda; sin embargo, ninguna planta mostró aparición de signos relacionados con el patógeno. Dos de las plantas (6.6%) presentaron síntomas tales como manchas anaranjadas pequeñas y deprimidas de forma circular con algunas ondulaciones en los bordes, y no presentaban exudados. Una de las plantas presentó una mancha de color marrón oscuro alrededor de la punción, sin presentar signos de *Colletotrichum* en el interior ni en el exterior de la punción.

A la tercera semana, se comenzaron a observar signos (acérvulos) en las plantas inoculadas, 13 (43.3%) de las plantas presentaron signos de la enfermedad y 7 presentaron acérvulos en la punción. El total de plantas con síntomas esta semana fue de 18 (60%) plantas. Dichas plantas desarrolla-

ron diferentes etapas de la sintomatología no presentes en las semanas anteriores, observándose manchas color naranja a marrón oscuro en un mismo individuo y la aparición de manchas color marrón claro sin la presencia de manchas anaranjadas o marrón oscuro, pudiendo observar en el transcurso de las siete semanas una amplia gama de los signos y síntomas generados por *Colletotrichum* sp.

Todos estos síntomas y signos registrados en los ensayos de patogenicidad correspondieron con aquellos que presentaron las plantas enfermas que fueron colectadas en campo. No obstante se continuaron las observaciones para documentar alguna eventual mortalidad. Durante la semana cuatro destacaron dos plantas que poseían signos del hongo *Alternaria* sp., que puede ser saprófito, y el cual se encontró presente en las espinas, en la base de las areolas, descendiendo levemente hacia la mamila entrando en contacto con las manchas ocasionadas por la antracnosis. Una de las plantas presentaba como síntomas manchas anaranjadas y marrones oscuro. La otra presentaba manchas color marrón oscuro y como signos *Alternaria* sp. sólo en las espinas y acérvulos de *Colletotrichum* en la punción.

En las plantas en fase terminal se observó una amplia zona necrótica que abarcaba los tejidos de la planta acompañados de acérvulos de *Colletotrichum* sp., no obstante, se observó al hongo *Fusarium* sp. cuyo micelio embebió las estructuras del *Colletotrichum*, por lo que se considera a *Fusarium* como un problema secundario.

Al final del experimento 13 plantas (43.33%) sobrevivieron hasta la séptima semana, presentando síntomas y signos de antracnosis con regiones que evidencian un aspecto seco que se desprende con facilidad

del tallo, lo anterior puede indicar la tolerancia de esta especie de cactus a la enfermedad de mancha marrón, coincidiendo con las características observadas en individuos de campo rescatados en el programa. Cabe mencionar que durante todo el periodo de observaciones del ensayo, las plantas no inoculadas permanecieron sin mostrar ningún signo ni síntoma de la enfermedad.

Discusión

Existen reportes recientes que encuentran a la enfermedad antracnosis como un problema en la producción y cultivo de cactáceas, y aunque la información no es tan amplia en relación a la gran diversidad de cactáceas existentes, nuestros resultados concuerdan en parte con la sintomatología reportada por Monreal *et al.* (2014) para plantas de garambullo enfermas con antracnosis, quienes describen como una enfermedad letal la antracnosis producida por *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz, sugiriendo que las lesiones circulares causadas por la antracnosis pueden convertirse en el complejo *F. oxysporum* - *C. gloeosporioides*, llamado popularmente como “ojo de pescado”; de manera que la antracnosis realmente es una etapa inicial de la citada enfermedad que se caracteriza por manchas circulares de color beige que se transforman a manchas con anillos concéntricos de color naranja pálido.

Por su parte en *S. dichroacanthus*, la coloración anaranjada se presenta en forma inicial, que a su vez pasan a manchas marrones y necrosis, el hongo *Fusarium* se asocia en etapas finales. Para la séptima semana posterior a la inoculación, 13 plantas habían sobrevivido a la enfermedad, lo cual representa el 43.33% de las inoculadas. El experimento se detuvo en esta semana de-

bido a que en las otras plantas inoculadas ya se había presentado la sintomatología y los signos de la enfermedad de mancha marrón que había sido observada inicialmente en individuos del programa de rescate.

En el año 2009, Masyahit y colaboradores reportan por primera vez la ocurrencia de la enfermedad antracnosis sobre *Hylocereus* sp., en Malasia, describiendo la sintomatología como lesiones rojizas, parduscas y halos con síntomas cloróticos en tallos, así como en la fruta, que poseen centros marrones que luego se unen a la putrefacción. Con una concordancia casi en su totalidad con la descrita en la presente investigación prestando halos en la planta de campo, pero sin la existencia de estos en los postulados de Koch, atribuyéndolo al tamaño del vegetal que poseía un diámetro aproximado de 4 cm, que es el tamaño de un halo producido por antracnosis.

Por otro lado, con respecto a las respuestas de tolerancia en las plantas infectadas, Kim y Kim (2002) demuestran que el patógeno *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spaulding & v. Schrenk (que es la forma sexual de *Colletotrichum*) provoca una respuesta de resistencia en la cactácea *Cereus peruvianus*. Dicha resistencia depende de la capacidad de la especie de producir fitoalexinas, que generalmente son fungitóxicas y antibacterianas. Además se genera una región de abscisión que retira el tejido infectado, no permitiendo a la enfermedad llegar a zonas internas de la planta. Lo anterior puede relacionarse con la tolerancia a la enfermedad por parte de algunas plantas de *S. dichroacanthus* inoculadas en nuestro estudio, ya que al cabo de un tiempo de haber mostrado signos y síntomas de la enfermedad, aparecían zonas secas que se podían desprender fácilmente de la planta.

En conclusión, se identificó a *Colletotrichum* como el agente causal presente en las plantas enfermas, pudiéndose aislar en cultivo puro, y debido a que posteriormente las plantas inoculadas con dicho cultivo puro efectivamente desarrollaron la enfermedad mostrando nuevamente los mismos signos y síntomas, se cumplieron los postulados de Koch; de manera que se puede afirmar que el hongo *Colletotrichum* sp. es el patógeno responsable de la antracnosis o mancha café en *S. dichroacanthus*. Fue posible corroborar también que las plantas infectadas pueden desarrollar tolerancia a la enfermedad y por tanto sobrevivir presentando únicamente signos y síntomas de antracnosis muy localizados e incluso pudiendo desprender los tejidos dañados.

Finalmente, es importante hacer mención que en general dentro de los tejidos infectados por *Colletotrichum* se desarrollan una gran cantidad de acérvulos conteniendo conidias (estructuras asexuales), mismas que son muy fácilmente dispersadas por agua o viento, y rápidamente pueden infectar otras plantas; y se seguirán produciendo conidias mientras continúe extendiéndose la infección a más tejidos y más plantas, generando una enfermedad policíclica durante la estación que favorece al hongo. Por otro lado, cuando los tejidos enfermos mueren, el hongo que está en su estado imperfecto (anamorfo), entra a su estado sexual (telemorfo) y produce ascosporas que se dispersan y sobreviven la estación de sequía, y que son también fuente de infección. En particular patógenos del género *Colletotrichum* (anamorfo) o *Glomerella* (telemorfo), atacan a gran cantidad de cultivos; por lo que la presencia de estos patógenos en poblaciones silvestres de *Stenocactus* ponen en evidencia un riesgo fitosanitario de amplia escala que es necesario atender.

Agradecimientos

Se agradece al programa de manejo y conservación de vegetación nativa del proyecto “Sistema de Transporte de Gas Natural. Los Ramones II fase Sur” por la aportación de las plantas con síntomas.

Literatura citada

- Agrios N. 2005. *Plant Pathology*. 5ª Edición. Academic Press. Florida, EUA.
- Ariyawansa C, Thambugala K., Mapook., Kang., Alias., Chukeatirote., thines M., Mckenzie & Hyde K. 2014. Confusion surrounding *Didymosphaeria* phylogenetic and morphological evidence suggest *Didymosphaeriaceae* is not a distinct family. *Phyotaxa* **1**:102–119
- Barnett HL & Hunter BB. 1998. *Illustrated genera of imperfect fungi*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA.
- Bravo H & Sánchez-Mejorada H. 1991. *Las cactáceas de México*. Vols. II y III. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- CABI 2018. Search invasive species compendium. <<https://www.cabi.org/isc/dataset/14889>> Consultado el 15 de agosto de 2018.
- Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF). 2014. Protocolos de diagnóstico para las plagas reglamentadas PD 5: *Phyllosticta citricarpa* (McAlpine) en frutas. **5**:3. Roma Italia.
- CNA 2018. Información climatología por estado. <<http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=gto>> Consultado el 14 de agosto de 2018.
- Delgado-Méndez CG, Castaño-Zapata J & Villegas-Estrada B. 2013. Caracterización del agente causante de la Roña del Maracuyá

- (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) en Colombia. *Rev Acad Colomb Cienc* **143**:215-227.
- Hafellner J & Zimmermann E. 2012. A Lichenicolous Species of *Pleospora* (Ascomycota) and a Key to the Fungi Invading *Physcia* Species. *Herzogia* **25**:47-59.
- Horst R. 1990. *Wescott's Plant Disease Book*. 4ª Edición. Van Nostrand Reinhold Books. USA.
- ITIS 2018. Integrated taxonomic information system. <<https://www.itis.gov/>> Consultado 16 de agosto de 2018.
- Kim H & Kim H. 2000. Occurrence of *Colletotrichum* Stem rot caused by *Glomerella cingulata* on Graft-Cactus in Korea. *Plant Pathol J* **16**:42-245.
- Kim H & Kim H. 2002. Abscission layers formation as a resistance response of Peruvian apple cactus against *Glomerella cingulata*. School of agricultural biotechnology, Seoul National University Suwon Korea.
- Mahendra-Kumar R, Tiwari V, Irinyi L & Kövics GJ. 2014. Advances in Taxonomy of Genus *Phoma*: Polyphyletic Nature and Role of Phenotypic Traits and Molecular Systematics. *Indian J Microbiol* **2**: 123-128.
- Mareck S, Hansen K, Romanish M & Thorn R. 2009. Molecular Systematics of the cotton rot pathogen, *Phymatotrichopsis omnivora*. *Persoonia* **22**:66-74.
- Masyahit M, Sijam K & Satar G. 2009. The First Report of the Occurrence of Anthracnose Disease Caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. on Dragon Fruit (*Hylocereus* spp.) in Peninsular Malaysia. *Am J Appl Sci* **6**:902-912.
- Monreal-Vargas T, Méndez E & Quiroz O. 2014. Hongos patógenos del garambullo *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console en Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, México. *Rev Iberoam Cien* **6**:47-59.
- Morera B, Páez JI, Vega JM & Montes F. 2005. Comparación de métodos de diagnóstico de *Verticillium dahliae* en olivo: aislamiento en medio de cultivo y PCR. *Bol San Veg Plagas* **31**:267-275.
- Orozco M. 2006. Patogenicidad, variabilidad morfológica y genética de *Colletotrichum acutatum* Simmonds de cítricos en México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas, Colima.
- Rodríguez-Roa JH, Cárdenas M & Jiménez P. 2013. Especies de *Alternaria* de la sabana de Bogotá, Colombia. *Rev Fac Cienc Básicas* **9**:228-247.
- Ruszkiewicz-Michalska M. 2016. *The genus Asteromella (Fungi: Ascomycota) in Poland*. Monographiae Botanicae 106, Wrocław, Poland.
- Sutton C. 1992. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. En: Bailey JA & Jeger MJ (eds.). *Colletotrichum. Biology, pathology and control*. P. 1-26. Wallingford, U.K.
- Ulloa M & Hanlin T. 2000. *Illustrated dictionary of mycology*. American Phytopathological Society (APS Press).
- Verkley G, Quaedvlieg W, Shin HD & Crous PW. 2013. A new approach to species delimitation in *Septoria*. *Stud Mycol* **75**:213-305.
- Wang M, Liu F, Crous PW & Cai L. 2017. Phylogenetic reassessment of *Nigrospora*: Ubiquitous endophytes, plant and human pathogens. *Persoonia* **39**:118-142.

Recibido: junio 2018; Aceptado: julio 2018.
Received: June 2018; Accepted: July 2018.

Aspectos demográficos y reproductivos de *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) en Tecali de Herrera, Puebla

Quiroz Soberanes José Hiram¹, Navarro Carbajal María del Carmen^{2*}, Eliosa León Héctor Rafael² & González Machorro Eva María¹

Resumen

Echinocactus platyacanthus es una cactácea endémica de México, catalogada bajo protección especial en la NOM-059-2010. Para la especie se han realizado estudios demográficos, fenológicos y de germinación y poco se sabe acerca del estado actual de sus poblaciones. En este estudio se describen aspectos demográficos y reproductivos de *E. platyacanthus* en la Barranca Huexotitlanapa, en Tecali de Herrera, Puebla. Los resultados de este trabajo pueden ser de utilidad para diseñar planes de manejo que contribuyan a la conservación de la especie. En octubre de 2015 los individuos fueron censados, se registró su forma de vida y se midió su diámetro; en plantas adultas se registró la aparición de botones y su transición a frutos. Se colectaron aleatoriamente frutos a los que se les estimó su peso, volumen y se cuantificó el número de semillas que contenían. En el área se registraron 390.51 ind/ha, los más abundantes fueron los de las categorías de Adulto (153.84 ind/ha Adulto 1, 142.93 ind/ha Adulto 2, 87.65 ind/ha Adulto 3 y 50.35 ind/ha Adulto 4), mientras que las Plántulas y Juveniles resultaron más escasos (14.84 ind/ha y 40.87 ind/ha). La mayor proporción de los individuos (84.19%) fueron monopódicos. Las estructuras reproductivas ocurrieron desde noviembre de 2015 a septiembre de 2016; la máxima producción de botones y flores ocurrió en julio, mientras que la máxima producción de frutos se presentó en agosto. El volumen y peso del fruto están relacionados con el número de semillas que producen ($r=0.804$, $F_{1,99}=179.67$, $P<0.00$; $r=0.716$, $F_{1,99}=103.37$, $P<0.001$, respectivamente). En la población de *E. platyacanthus* de la Barranca Huexotitlanapa las plantas adultas presentaron la mayor abundancia y fecundidad, por lo que es importante su conservación pues de ellas dependerá el éxito reproductivo de la especie a largo plazo.

Palabras clave: Censo, categorías de tamaño, fenología reproductiva, forma de crecimiento.

Abstract

Echinocactus platyacanthus is an endemic Mexican cactus, which is catalogued in the Mexican Red List NOM-059-2010 under special protection. For this species, demographic, phenological and germination studies had been carried out and little is known about the current status of their population. In the present study demographic and reproductive features of *E. platyacanthus* are described at

1 Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Boulevard Valsequillo y avenida San Claudio. Edificio BIO 1, Ciudad Universitaria, Colonia Jardines de San Manuel, CP. 72570. Puebla, Puebla, México.

2 Cuerpo académico de Biología de Grupos de Organismos, Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Boulevard Valsequillo y avenida San Claudio. Edificio BIO 1, Ciudad Universitaria, Colonia Jardines de San Manuel, CP. 72570. Puebla, Puebla, México.

* Autor de correspondencia: maria.navarro@correo.buap.mx

Barranca Huexotitlanapa, Tecali de Herrera, Puebla; results of this investigation may be useful to design management plans in order to contribute to this species preservation. On October 2015, we performed a census, registered the life form and measured all plants diameter; in adult plants we registered buds production and its probability to become fruit. Finally, we randomly collected fruits that we weighed, estimated the final volume and counted number of seeds per fruit. In the area we registered 390.51 ind/ha, being Adults the most abundant category (153.84 ind/ha Adult 1, 142.93 ind/ha Adult 2, 87.65 ind/ha Adult 3 and 50.35 ind/ha Adult 4, whereas Seedling and Juveniles were the scarcest (14.84 ind/ha and 40.87 ind/ha). Of the overall plants registered in the area 84.19% were monopodial. Reproductive structures appeared from November 2015 to September 2016; the major bud and flower production occurred on July, whereas the major fruit production was presented on August. Fruit volume and weight are related with number of produced seeds ($r=0.805$, $F_{1,99}=179.67$, $P<0.001$; $r=0.716$, $F_{1,99}=103.37$, $P<0.001$, respectively). In *E. platyacanthus* population on Barranca Huexotitlanapa adult plants were abundant and had the highest fecundity, so it is important to preserve this population and avoid collection of reproductive plants in order to assure a long term reproductive success of this species.

Key words: Census, life form, size categories, reproductive phenology.

Introducción

Los estudios poblacionales permiten conocer las dinámicas espacio-temporales que componen a una población (Franco 1990; Larson 1992; Esparza-Olguín 1998), la cual posee una estructura y funcionamiento definido y para su evaluación, es necesaria la descripción de su densidad, estructura poblacional y fenología reproductiva (Godínez-Álvarez *et al.* 2003; Jiménez-Sierra *et al.* 2007).

En *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto se han estudiado aspectos ecológicos (Jiménez & Torres-Orozco 2003; Jiménez-Sierra *et al.* 2007; Herce *et al.* 2014), fenológicos (Díaz *et al.* 2008), de germinación (Rosas-López & Collazo-Ortega 2004; Navarro *et al.* 2013; Villanueva *et al.* 2016) y distribución (Trujillo 1984; Eguiarte & Jiménez 2000). Algunos estudios demográficos realizados en distintas localidades de Puebla han mostrado que en las poblaciones de esta especie las plantas adultas son las mejor representadas (Jiménez & Torres-Orozco 2003; Jiménez-Sierra *et al.* 2007);

y su densidad depende de factores como la perturbación, erosión, cambio de uso de suelo y extracción de plantas para venta y producción de acitrón, lo cual impacta negativamente en el reclutamiento y la reproducción de los individuos (Jiménez-Sierra *et al.* 2007; Jiménez-Sierra & Eguiarte 2010).

Los estudios fenológicos han mostrado que la producción de estructuras reproductivas no es uniforme, en unas poblaciones las plantas presentan varios ciclos de floración y uno de fructificación (Trujillo 1982). En Tecali de Herrera, en una población ubicada a 1970 m snm el periodo de floración ocurre de abril a octubre, alcanzando su máximo en junio y julio, y la mayor producción de frutos en julio, mientras que en otras poblaciones de Puebla las plantas producen flores todo el año con un máximo de fructificación de junio a octubre (Díaz *et al.* 2008; Jiménez-Sierra *et al.* 2010).

Se ha observado que la producción de estructuras reproductivas en las plantas depende de su tamaño (Ollerton & Lack 1998) como sucede en *Ferocactus cylindraceus*,

Eva María González Machorro



FOTO 1. Ejemplar de *Echinocactus platyacanthus* con crecimiento monopodial en la población de la Barranca Huexotitlanapa, Tecali de Herrera, Puebla, México.

Eva María González Machorro



FOTO 2. Ejemplar de *Echinocactus platyacanthus* con crecimiento ramificado en la población de la Barranca Huexotitlanapa, Tecali de Herrera, Puebla, México.

Ferocactus wislizenii, y *Stenocactus crispatus* (McIntosh 2002; López & Navarro 2009) y como se ha registrado en los individuos de una población de *E. platyacanthus* en Tecali de Herrera ubicada a 1970 m snm (Díaz *et al.* 2008) sin embargo la depredación, los incendios, la autoincompatibilidad sexual, la eficiencia de los polinizadores, la sincronía de la floración, la duración de la reproducción, la disponibilidad de nutrientes, la escasa precipitación y las heladas severas generan una disminución en la formación de estructuras reproductivas (Contreras 2000; González & Navarro 2011; Piña & Flores-Martínez 2012). En *E. platyacanthus* se ha encontrado que además de la morfología de las plantas, la inclinación del ápice de sus tallos hacia el sur determina la producción de frutos (Díaz *et al.* 2008; Herce *et al.* 2014).

A pesar de que *E. platyacanthus* está considerada como vulnerable y sujeta a protección especial por la NOM-059-2010 y la IUCN (2012) debido a su restringida distribución geográfica, a la reducción y desaparición de sus poblaciones por la destrucción de su hábitat, a la colecta ilegal y su uso como alimento para humanos y ganado (Jiménez-Sierra 2011), los estudios que nos permiten comprender el estado actual de sus poblaciones, así como su fenología reproductiva son escasos (Trujillo 1982; Díaz *et al.* 2008; Jiménez-Sierra *et al.* 2007; Jiménez-Sierra & Eguiarte 2010). Por lo anterior el presente trabajo se realizó con la finalidad de generar conocimientos acerca del estado actual de la población, así como de algunos aspectos de la fenología reproductiva de los individuos de *E. platyacanthus* en la Barranca Huexotitlanapa en Tecali de Herrera, Puebla, que a largo plazo puedan ser útiles para el diseño de planes de manejo

que contribuyan a la conservación de la especie.

Material y métodos

Descripción de la especie

Echinocactus platyacanthus Link & Otto, es una cactácea de cuerpo globoso, toneliforme, de 0.5 a 2 m de altura y de 0.6 a 0.8 m de diámetro, de color verde oscuro, en las formas jóvenes presenta bandas horizontales de color rojizo púrpureo, el ápice hundido con lana; costillas gruesas y duras, en individuos juveniles de 5 a 8 y en adultos hasta 60. Aréolas de 1 a 3 cm, distantes entre sí en plantas jóvenes y contiguas en adultos; espinas grandes y gruesas, subuladas o más o menos aplanadas, estriadas transversalmente, que pasan de color rojizo, castañas y negruzcas conforme envejecen. Flores diurnas, amarillas de 5 a 7 cm de diámetro, emergen de la lana del ápice. Fruto seco oblongado, de 5 a 7 cm de longitud, amarillento, con escamas, lana y pelos axilares que cubren la pared del fruto. Semillas negras, brillantes de 2.5 mm de longitud; hilo basal lateral (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991); es conocida como biznaga de acitrón, biznaga dulce, biznaga burra (Alcaráz-Rivera 2005), biznaga gigante o biznaga de lana (Jiménez-Sierra 2011) (Foto 1).

La zona de estudio se localiza en la ladera noroeste de la Barranca Huexotitlanapa, en el municipio de Tecali de Herrera, Puebla, México, a 1880 m snm entre las coordenadas 18° 48' 24" de latitud N, y 97° 57' 54" de longitud O. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano y la vegetación predominante es matorral rosetófilo con *Agave stricta* como elemento dominante (Téllez 2004).

En octubre de 2015 se delimitó un área de aproximadamente 5.59 hectáreas donde se localizaron y censaron un total de 2183 individuos de *E. platyacanthus*. Los individuos fueron clasifica-

dos con respecto al número de tallos en monópodos cuando presentaron uno y ramificados si poseían 2 o más; cada tallo se consideró como un organismo (Foto 2). Se midió su diámetro con dos cintas métricas adheridas a dos barras de aluminio de 2 m de longitud (Díaz *et al.* 2008) y con pintura de aceite se marcó una espina del ápice para evitar que fuera nuevamente medida. Cada planta registrada se incluyó en una de las categorías de diámetro establecidas por Jiménez-Sierra *et al.* (2007), que consideran Plántulas (< 11.28 cm), Juvenil ($11.28 < x < 25.23$ cm), Adulto 1 ($25.23 < x < 35.68$ cm), Adulto 2 ($35.68 < x < 56.42$ cm), Adulto 3 ($56.42 < x < 79.79$ cm) y Adulto 4 (> 79.79 cm).

Para describir la fenología reproductiva, se eligieron aleatoriamente 30 individuos de las categorías Adulto 1, 2, 3 y 4 ($N=120$). Semanalmente se registraron los botones, flores en anthesis y frutos de noviembre de 2015 hasta septiembre de 2016 (Esparza-Olguín & Valverde 2003). Para comparar la variación de la producción de estructuras reproductivas con respecto a las categorías de tamaño, se realizó un análisis de varianza

factorial una vez que se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza (Zar 2010); posteriormente una prueba de Duncan para comparar las medias entre categorías. Debido a que los individuos de la categoría Adulto 1 no presentaron estructuras reproductivas no se incluyeron en el análisis de datos.

En agosto de 2016 se eligieron aleatoriamente 100 frutos maduros de 100 plantas adultas y fueron transportados dentro de bolsas de papel al Laboratorio de Ecología Vegetal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la BUAP, se registró su peso con una balanza analítica OHAUS (± 0.1 mg), así como su diámetro y longitud con un Vernier Mitutoyo (± 0.02 mm). El volumen de los frutos se estimó mediante la fórmula propuesta por Hernández & Treviño (1998): $V=1/3 \pi (D/2)^2 t$ donde V =volumen aproximado D =diámetro del fruto $\pi=3.1416$ y t =longitud del fruto, posteriormente cada fruto se abrió con un bisturí y se cuantificó el número de semillas que contenía. Se utilizó un análisis de correlación de Pearson con la finalidad de determinar si el número de semillas que producen los frutos se relaciona con su peso y volumen.

CUADRO 1. Número de individuos y estructura poblacional (porcentaje de individuos en cada categoría del ciclo de vida) de *Echinocactus platyacanthus* registrados en cada categoría de diámetro en la población de la Barranca Huexotitlanapa, Tecali de Herrera, Puebla, México.

Categoría	Diámetro (cm)	Número de individuos	Porcentaje
Plántula	< 11.28	107	4.90
Juvenil	11.28 - 25.23	291	13.33
Adulto 1	25.23 - 35.68	281	12.87
Adulto 2	35.68 - 56.42	799	36.60
Adulto 3	56.42 - 79.79	619	28.35
Adulto 4	> 79.79	86	3.95
Total		2183	100.00

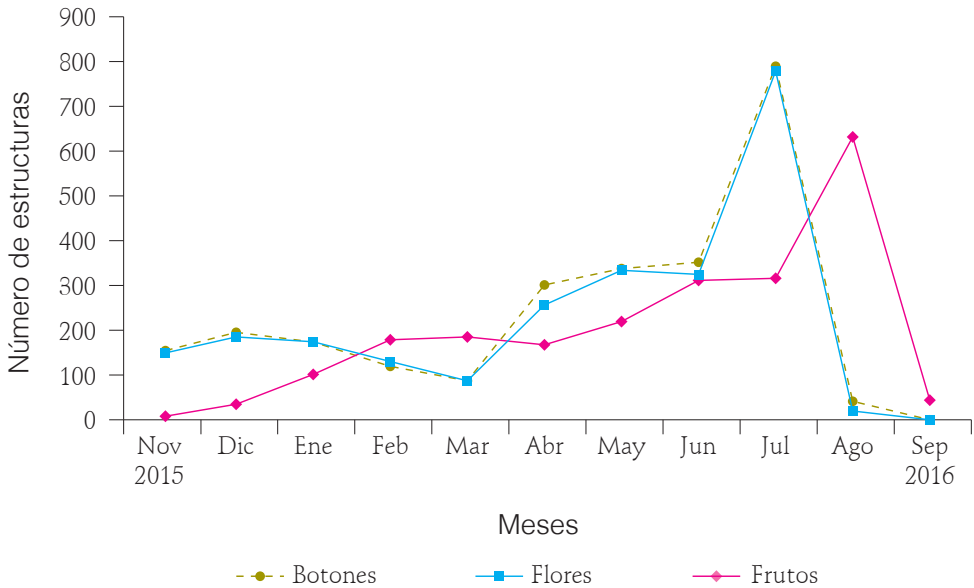


FIGURA 1. Variación en la producción de estructuras reproductivas registradas en los individuos de *Echinocactus platyacanthus* en la Barranca Huexotitlanapa, Tecali de Herrera, Puebla, ($n=90$ adultos reproductivos) durante el periodo de noviembre de 2015 a septiembre de 2016.

Los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de significancia de 0.05 en el programa Statistica ver. 7.

Resultados

La población de *E. platyacanthus* en Tecali de Herrera está constituida por 2 183 plantas en un área aproximada de 5.59 hectáreas, cuyos diámetros oscilaron desde 0.80 hasta 120.80 cm. La mayor parte de los individuos fueron monopódicos (84.19%) y el resto (15.81%) presentaron de 2 a 30 ramas, de estos últimos 45.45% presentaron 2 ramas, 32.95% de 3 a 6 y el 1.13% de 7 a 30.

La densidad resultó igual a 390.51 individuos/ha, para los Adultos 2 y 3 (142.93 y 110.73, respectivamente), se registraron los valores más altos por hectárea seguidos de los Juveniles y Adultos 1 (52.05 y 50.26); en contraste los menos abundantes fueron

las Plántulas y los Adultos 4 (19.14 y 15.38 respectivamente) (Cuadro 1).

Las estructuras reproductivas se observaron de noviembre del 2015 a septiembre de 2016. La producción máxima de botones y flores ocurrió en julio y la de frutos en agosto (Fig. 1).

A partir de los botones que produjeron los individuos, en el 95.6% de los casos se formaron flores; mientras que la probabilidad de transición de flores a frutos fue de 90%.

La mayor proporción de botones, flores y frutos (50.97 – 52.10%) fue registrada en los Adultos 4, seguidos por los Adultos 3 (31.69 – 32.79%); mientras que los Adultos 2 y 1 mostraron valores menores (15.98 – 16.82%; 0.20 – 0.23% respectivamente). Para la categoría Adulto 1, solo un individuo presentó estructuras reproductivas (Fig. 2).

El análisis de varianza mostró diferencias significativas en la producción de

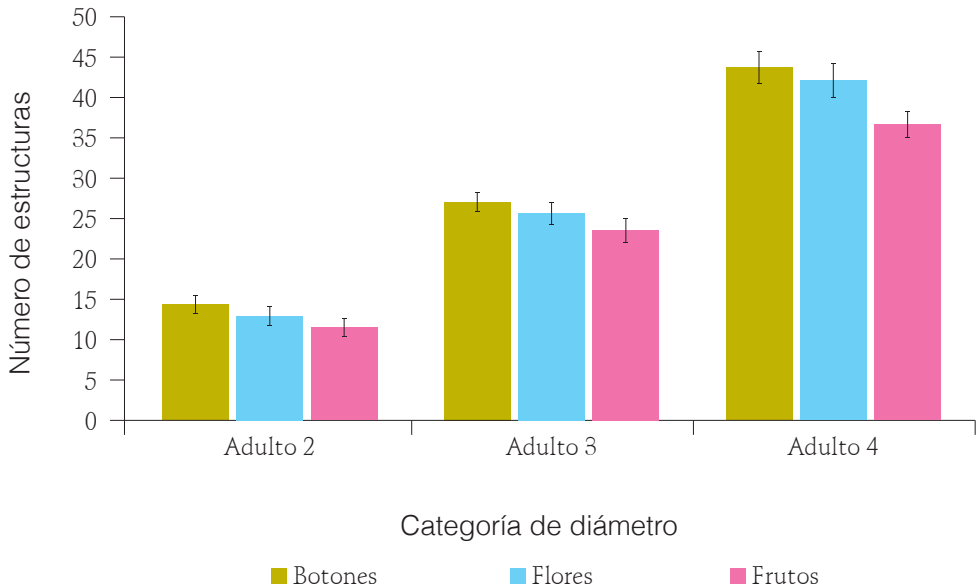


FIGURA 2. Número promedio de estructuras reproductivas \pm error estándar por categoría de diámetro registradas en los individuos de *Echinocactus platyacanthus* en la Barranca Huexotitlanapa, Tecali de Herrera, Puebla.

estructuras reproductivas ($F_{2,261}=6.784$; $P<0.001$), así como en las categorías de diámetro ($F_{2,261}=258.735$; $P<0.001$); mientras que en la interacción de ambos factores no existió variación ($F_{4,261}=0.734$; $P=0.560$). La prueba de Duncan mostró que los individuos de la categoría Adultos 4 contribuyeron en mayor medida a la producción de estructuras reproductivas (Cuadro 2).

El peso y volumen promedio estimado para los frutos de *E. platyacanthus* resultó igual a 5.573 ± 0.166 g y 3.623 ± 0.141 cm³ respectivamente. El número de semillas por fruto osciló entre 74 y 947, con una media de 361.67 ± 17.61 . El análisis de correlación mostró que la producción de semillas está relacionada positivamente con el peso y volumen de los frutos ($r=0.80$, $F_{1,99}=179.67$, $P<0.001$; $r=0.71$, $F_{1,99}=103.37$, $P<0.001$, respectivamente).

Discusión

La densidad estimada en el presente estudio (390.51 ind/ha) fue mayor a la observada para otras poblaciones localizadas en Santuario, Hidalgo (333 ind/ha); Roberto y Cielo, Puebla (276 y 300 ind/ha respectivamente) y Casas viejas, Querétaro (333 ind/ha), las cuales presentan altos índices de perturbación, erosión, cambio de uso de suelo, actividad ganadera, extracción y venta ilegal de plantas (Jiménez-Sierra & Eguiarte 2010), donde tales factores generan impactos negativos en el reclutamiento de nuevos individuos (Godínez-Álvarez *et al.* 2003; Coates *et al.* 2006; Jiménez-Sierra *et al.* 2007). En contraste en el sitio de estudio no se detectaron indicios de pastoreo, de cambio de uso de suelo, de extracción de individuos o asentamientos humanos. Lo anterior sugiere que posiblemente en esta

CUADRO 2. Producción promedio de estructuras reproductivas \pm error estándar registradas para los individuos de las diferentes categorías de Adulto de la población de *Echinocactus platyacanthus* en la Barranca Huexotitlanapa, Tecali de Herrera, Puebla.

Categoría	Estructura	Media \pm EE	Intervalo
Adulto 2	Botón	14.33 \pm 1.22 a	0 – 29
	Flor	12.90 \pm 1.19 a	0 – 28
	Fruto	11.50 \pm 1.12 a	0 – 23
Adulto 3	Botón	27.00 \pm 1.22 b	14 – 44
	Flor	25.60 \pm 1.31 c	13 – 44
	Fruto	23.57 \pm 1.38 d	5 – 44
Adulto 4	Botón	43.70 \pm 2.06 e	22 – 75
	Flor	42.07 \pm 2.06 e	15 – 74
	Fruto	36.63 \pm 1.61 f	14 – 55

Diferentes letras señalan diferencias significativas entre el número de estructuras reproductivas. $P < 0.001$

población aún existan sitios seguros para la germinación y los individuos adultos pueden producir semillas que permitan el establecimiento de nuevos individuos.

La estructura de la población observada en Tecali de Herrera se asemeja a la registrada en algunas poblaciones del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Roberto, Maurillo, Jardín, Cecilia, Cielo y Agua de burro), donde las Plántulas son menos abundantes que los Adultos 2, 3 y 4 (Jiménez-Sierra *et al.* 2007). La abundancia de individuos Adultos posiblemente se relacione con la inexistencia de perturbaciones causadas por factores antropogénicos, asociado con su baja tasa de mortalidad anual (2.5%; Jiménez-Sierra *et al.* 2010). Adicionalmente la escasez de Plántulas y Juveniles tal vez sea resultado de la incidencia de herbivoría o de la intolerancia a largos periodos de sequía (Coates *et al.* 2006).

Como ocurre en otras poblaciones de cactus como: *Mammillaria zephyranthoides*, *Stenocactus crispatus*, *Ferocactus robustus* y *Mammillaria mystax* (Cortés 2003; López & Navarro 2009; González & Navarro 2011; Saldivar & Navarro 2012) en la población de *E. platyacanthus* en Tecali de Herrera existe una distribución desigual en tamaños y/o categorías, donde la abundancia de individuos adultos y la escasez de plántulas sugiere una población en declive (Odum & Barrett 2006), quizá lo anterior también sea resultado de que para esta categoría de tamaño se ha registrado una tasa de mortalidad de 19.7% (Jiménez-Sierra *et al.* 2007).

Se ha establecido que las plantas de *E. platyacanthus* son monopodiales (Gibson & Nobel 1986; Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991; Anderson 2001); sin embargo en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Jiménez-

Sierra *et al.* 2007) como en la población de Tecali de Herrera se registraron altos porcentajes de individuos ramificados (14.6% y 15.8% respectivamente) hasta con 37 tallos (Jiménez-Sierra *et al.* 2007), quizá este tipo de crecimiento sea ocasionado por daños relacionados con efectos antropogénicos, ganado, incendios o por la incidencia de la radiación solar que deteriora el meristemo apical que provoca el desarrollo de nuevos tallos (Gibson & Nobel 1986; Anderson 2001; Yetman 2006).

Los individuos de la población de *E. platyacanthus* en Tecali de Herrera presentaron estructuras reproductivas a lo largo del año tal como ocurre en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Jiménez-Sierra *et al.* 2007) y difieren de lo observado en poblaciones de San Luis Potosí donde las plantas presentaron tres periodos reproductivos (Trujillo 1982; Trujillo-Argueta & Del Castillo 2013); éstas diferencias posiblemente estén relacionadas con las condiciones ambientales de las localidades de estudio; así como con las características morfológicas propias de los individuos de cada población, debido a que se ha observado que la humedad del suelo, la temperatura, el fotoperiodo, la precipitación pluvial, el número de costillas, la altura y el diámetro de las plantas son factores importantes que influyen en el comportamiento reproductivo de la especie (Pavón & Briones 2001; Díaz *et al.* 2008).

Por otro lado la producción continua de flores, podría ser una fuente de recursos para los polinizadores (Beatley 1974), o puede ser una adaptación que incrementa la fecundación cruzada (Rathcke & Lacey 1985), o quizá una estrategia para prevenir la competencia por polinizadores y dispersores (Trujillo-Argueta & Del Castillo 2013) o tal vez las plantas adultas constantemente

producirían semillas lo que podría favorecer la germinación y el establecimiento de plántulas cuando existan condiciones favorables (Marshall *et al.* 2008).

De manera similar a lo observado en *Ferocactus histrix*, *Echinocereus pulchellus* var. *pulchellus* y *Stenocactus crispatus* (Escobar-Santos & Huerta-Martínez 1999; Navarro & Flores-Martínez 2002; López & Navarro 2009) los individuos en la población de *E. platyacanthus* presentaron asincronía reproductiva, que podría ser una estrategia importante ante condiciones adversas (lluvias, sequías y plagas) donde solo parte de las estructuras reproductivas sería afectada, mientras que el resto pudiera llegar al final de su desarrollo (Pimienta-Barrios *et al.* 2002).

En *Ferocactus cylindraceus* y *E. platyacanthus* (McIntosh 2002; Díaz *et al.* 2008) se ha mostrado que la temporada de lluvias se relaciona positivamente con la producción de estructuras reproductivas, lo mismo sucede en las plantas de *E. platyacanthus* de Tecali de Herrera que presentaron la mayor producción de botones y flores en julio, posiblemente las plantas de estas especies responden rápidamente a los cortos pulsos de agua disponible donde su sistema de raíces superficiales puede incrementar su capacidad de absorción y transporte de nutrientes (Nobel 1984) lo que posiblemente favorece la producción de estructuras reproductivas en las mismas.

De manera similar a lo observado en otras poblaciones de *E. platyacanthus* (Jiménez-Sierra *et al.* 2007; Herce *et al.* 2014) en los individuos de Tecali de Herrera la mayor fecundidad ocurrió en las plantas adultas, las cuales son sitios seguros para la germinación de semillas, para el establecimiento de plántulas y crecimiento de juveniles (Jiménez-Sierra *et al.* 2007) debido a que se

registró un número considerable de plántulas y juveniles creciendo a resguardo de individuos adultos; además se observaron plántulas que germinaron entre las costillas de estas plantas adultas.

Como ocurre en otras especies de cactus como *Mammillaria hamata*, *Stenocactus crispatus*, *Mammillaria mystax* y *Mammillaria pectinifera* (Navarro & Castillo 2007; López & Navarro 2009; Saldívar & Navarro 2012; Deméneghi *et al.* 2013) la transición de botones a flores resultó mayor de 90%. En las plantas de *E. platyacanthus* solo 5.3% de los botones abortaron, posiblemente debido a la alta disponibilidad de recursos (agua y nutrientes) en la zona de estudio y de las condiciones de su hábitat idóneas para la reproducción pues se ha sugerido que las especies modifican sus períodos fenológicos debido a factores tales como la precipitación y la temperatura (León de la Luz & Domínguez 1991; Johnson 1992; Méndez *et al.* 2005; Mandujano *et al.* 2010). Además de que no se observaron daños por herbívoros en las estructuras florales, 90% de las flores produjeron frutos, lo anterior podría ser resultado de la escasa competencia por la asignación de recursos, de una elevada tasa de polinización y/o fertilización, una nula o poca depredación de flores o bien por una alta abundancia de polinizadores (León de la Luz & Domínguez 1991; Lomeli-Mijes & Pimienta-Barrios 1993; Contreras 2000).

El número de semillas presentes en el interior de los frutos con respecto al tamaño de estos, en algunas especies de cactus muestra una relación positiva como ocurre en *Ferocactus wislizeni*, *F. cylindraceus*, *Hylotelephium undatum* y *Opuntia spp* (McIntosh 2002; Castillo *et al.* 2003; Karababa *et al.* 2004), una situación similar se observa en el pre-

sente estudio para *Echinocactus platyacanthus* ($r=0.71$) en Tecali de Herrera; mientras que en otras especies como *Mammillaria crucigera*, *Pterocereus gaumeri* y *Ferocactus robustus*, no se encontró relación entre estas variables (Valverde 1999; Méndez *et al.* 2005; González & Navarro 2011). Al parecer la respuesta es variada y depende de factores como el tamaño de la planta de la cual fueron recolectados, la cantidad de frutos producidos, la disponibilidad de recursos en el suelo y del efecto de los polinizadores (Pimienta-Barrios *et al.* 2002). Adicionalmente se ha documentado que las especies con largos períodos reproductivos disponen de mayor tiempo para la maduración de frutos y por consiguiente producen semillas de mayor tamaño y a veces en gran cantidad (Primak 1987; Moles & Westoby 2003) posiblemente esta sea la causa de que en los frutos de *E. platyacanthus* se hayan registrado hasta 947 semillas por fruto.

Los datos de demografía y de fenología mostraron que en la población de *E. platyacanthus* de la Barranca Huexotitlanapa en Tecali de Herrera, las plantas adultas son las más abundantes, presentan la mayor fecundidad, además de que sirven como nodrizas para las plántulas, en consecuencia preservarlas es importante dado que de ellas dependerá el éxito reproductivo de la especie a largo plazo.

Agradecimientos

Los autores reconocen la valiosa colaboración de César Omar Labastida Libreros, por la asistencia técnica para la realización de este trabajo.

Literatura citada

Alcaráz-Rivera S. 2005. Análisis del disturbio ambiental en poblaciones de *Echinocactus platyacanthus*. Link & Otto, en la región sur

- de su distribución. Tesis de Licenciatura. UAM-I. México.
- Anderson EF. 2001. *The cactus family*. Timber Press. Portland, Oregon, USA.
- Beatley JC. 1974. Phenological events and their environmental triggers in Mohave Desert Ecosystems. *Ecology* **55**: 856-863.
- Bravo-Hollis H. & Sánchez-Mejorada H. 1991. *Las cactáceas de México*. Vol 3. UNAM. México, D.F.
- Castillo R, Livera M, Brechú AE & Márquez-Guzmán J. 2003. Compatibilidad sexual entre dos tipos de *Hylocerus* (Cactaceae). *Rev Biol Trop* **51**(3): 699-706.
- Coates F, Lunt ID & Tremblay RL. 2006. Effects of disturbance on population dynamics of the threatened orchid *Pasophyllum correctum* D. L. Jones and implications for grassland management in south-eastern Australia. *Biol Conserv* **129**:59-69.
- Contreras MC. 2000. Dinámica poblacional de *Mammillaria crucigera* (Cactaceae) una especie rara de la región de Tehuacán Cuicatlán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Cortés RP. 2003. Contribución al conocimiento de la dinámica poblacional de *Mammillaria zephyrantoides* en Cuautinchán, Puebla. Tesis profesional. Escuela de Biología. BUAP. Puebla, Puebla.
- Deméngni AP, Navarro MC & Saldivar-Sánchez S. 2013 Dinámica poblacional de *Mammillaria pectinifera*, en el municipio de Santa Clara Huitziltepec, Puebla, México. *Cact Suc Mex* **59**:68-81.
- Díaz H, Navarro MC & Rodríguez CA. 2008. Aspectos de la morfometría y fenología reproductiva de *Echinocactus platyacanthus* en la Barranca Huexotitlanapa en Tecali de Herrera, Puebla. *Cact Suc Mex* **53**:100-107.
- Eguiarte LE & Jiménez C. 2000. Análisis de la distribución y estructura de las poblaciones de *Echinocactus platyacanthus* Link et Otto, en el Valle de Zapotitlán, Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L009. México D. F.
- Escobar-Santos V & Huerta-Martínez FM. 1999. Relaciones ecológicas de *Ferocactus histrix* (DC.) Lindsay en los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas. *Cact Suc Mex* **44**:40-49.
- Esparza-Olguín L. 1998. Estudio poblacional de *Neobuxbaumia macrocephala*: Análisis Matricial. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de México, México D.F.
- Esparza-Olguín L & Valverde T. 2003. Estudio comparativo de la fenología de tres especies de *Neobuxbaumia*, que difieren en su nivel de rareza. *Cact Suc Mex* **48**:68-84.
- Franco M. 1990. Ecología de poblaciones. *Ciencias*. Número especial:4-9.
- Gibson A & Nobel P. 1986. *The cactus primer*. Harvard University. Press, Cambridge, Massachusetts.
- Godínez-Álvarez H, Valverde T & Ortega-Baes P. 2003. Demographic trends in the Cactaceae. *Bot Rev* **69**:173-203.
- González EM & Navarro MC. 2011. Fenología reproductiva de *Ferocactus robustus* en San Mateo Tlaíxpan, Tecamachalco, Puebla, México. *Cact Suc Mex* **56**:100-111.
- Herce MF, Martorell C, Alonso-Fernández C, Boullosa LF & Meave JA. 2014. Stem tilting in the inter-tropical cactus *Echinocactus platyacanthus*: an adaptive solution to the trade-off between radiation acquisition and temperature control. *Plant Biol* **16**:571-577.
- Hernández BT & Treviño CJ. 1998. Notas referentes al fruto de *Ariocarpus agavoides* (Castañeda) Anderson. *Cact Suc Mex* **43**:80-84.
- IUCN 2012. IUCN Red list of threatened species. <<http://www.iucnredlist.org>> Consultado 12 Mayo de 2017.

- Jiménez C & Torres-Orozco B. 2003. Estado actual de las poblaciones de la biznaga dulce *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) en el SE de Puebla. *Contactos* **47**:28-34.
- Jiménez-Sierra C, Mandujano MC & Eguiarte LE. 2007. Are populations of the Candy barrel cactus (*Echinocactus platyacanthus*) in the desert of Tehuacán, Mexico at risk? Population protection matrix and life table response analysis. *Biol Conserv* **135**:278-292.
- Jiménez-Sierra C & Eguiarte LE. 2010. Candy Barrel Cactus (*Echinocactus platyacanthus* Link & Otto): A Traditional Plant Resource in Mexico Subject to Uncontrolled Extraction and Browsing. *Econ Bot* **64**:99-108.
- Jiménez-Sierra C. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Rev Dig Univ* **12**:1-23
- Johnson RA. 1992. Pollination and reproductive ecology of Acuña cactus, *Echinomastus erectocentrus* var. *acunensis* (Cactaceae). *J Plant Sci* **153**:400-408.
- Karababa E, Coşkun Y & Aksay S. 2004. Some physical fruit properties of cactus pear (*Opuntia* spp) that grow wild in the Eastern Mediterranean region of Turkey. *J Prof Assoc Cactus* **6**:1-21.
- Larson J. 1992. Estudio demográfico de *Echeveria gibbiflora* DC (Crasulaceae) en el Pedregal de San Angel: Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.
- León de la Luz JL & Domínguez R. 1991. Evaluación de la reproducción por semilla de la pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) en Baja California Sur, México. *Acta Bot Mex* **14**:75-87.
- Lomeli-Mijes E & Pimienta-Barrios EP. 1993. Demografía reproductiva del Pitayo (*Stenocereus queretaroensis* (Web.) Buxbaum). *Cact Suc Mex* **38**:13-20.
- López D & Navarro C. 2009. Estudio demográfico de *Stenocactus crispatus* (Cactaceae) en los Angeles Tetela, Puebla, Mexico. *Cact Suc Mex* **54**:100-111
- Mandujano MC, Carrillo-Ángeles I, Martínez-Peralta C & Golubov J. 2010. Reproductive Biology of Cactaceae. *Desert Plants* **1**:197-230.
- Marshall DJ, Bonduriansky R & Bussiere L. 2008. Offspring size variation within broods as a bet.hedging strategy in unpredictable environments. *Ecology* **89**:2506-2517.
- McIntosh ME. 2002. Flowering phenology and reproductive output in two sister species of *Ferocactus* (Cactaceae). *Plant Ecol* **159**:1-13.
- Méndez M, Durán R, Dzib G, Simá L, Simá P & Orellana R. 2005. Floral demography and reproductive system of *Pterocereus gaumeri*, a rare columnar cactus endemic to Mexico. *J Arid Environ* **62**:363-376.
- Moles AT & Westoby M. 2003. Latitude seed predation and seed mass. *J Biogeogr* **30**:105-128.
- Navarro MC & Castillo AD. 2007. Estado actual de la población de *Mammillaria hamata* en Los Ángeles Tetela, Puebla, México. *Cact Suc Mex* **52**:68-78.
- Navarro MC & Flores-Martínez A. 2002. Aspectos demográficos de *Echinocereus pulchellus* var. *Pulchellus* en el Municipio de Chignahuapan, Puebla. *Cact Suc Mex* **47**:23-31.
- Navarro MC, Tzompa R & González EM. 2013. Propagación de *Echinocactus platyacanthus*: efectos del sustrato, viabilidad y escarificación de semillas. *Zonas Áridas* **15**:31-47.
- Nobel PS. 1984. Extreme temperatures and thermal tolerances for seedling of desert succulents. *Ecology* **62**:310-317.
- NOM-059-SEMARNAT-2010, Norma Oficial Mexicana 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.

- Odum EP & Barrett GW. 2006. *Fundamentos de Ecología*. Quinta Edición. CENGAGE, Learning. Estado de México, México
- Ollerton J & Lack A. 1998. Relationship between flowering phenology, plant size and reproductive success in *Lotus corniculatus* (Fabaceae). *Plant Ecol* **139**:35-47.
- Pavón NP & Briones O. 2001. Phenological patterns of nine perennial plants in an intertropical semi-arid Mexican scrub. *J Arid Environ* **49**:265-277.
- Pimienta-Barrios E, Robles-Murgía C & Pimienta-Barrios Eu. 2002. Crecimiento primario en plantas silvestres de pitayo (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Bauxbaum) y su relación con temperatura, lluvia y micorrizas. *Rev Fitotec Mex* **25**:219-222.
- Piña H & Flores-Martínez A. 2012. Demografía floral de *Ferocactus robustus*. *Cact Suc Mex* **57**:36-46.
- Primak RB. 1987. Relationships among flowers, fruit, and seeds. *Annu Rev Ecol Evol S* **18**:409-430.
- Rathcke B & Lacey EP. 1985. Phenological Patterns of Terrestrial Plants. *Ann Rev Ecol Syst* **16**:179-214.
- Rosas-López U & Collazo-Ortega M. 2004. Conditions for the germination and the early growth of seedlings of *Polaskia chichipe* (Goss.) Backeberg and *Echinocactus platyacanthus* Link and Otto fa. *grandis* (Rose) Bravo-Hollis (Cactaceae). *Phyton* **73**:213-220.
- Saldívar S & Navarro MC. 2012. Estudio demográfico de *Mammillaria mystax* en Cañada Morelos, Puebla, México. *Cact Suc Mex* **57**:47-63.
- Téllez JG. 2004. Establecimiento de Plantas cultivadas de *Echinocactus platyacanthus* inoculadas con *Azospirillum* sp. en la barranca "Huexotitlanapa", bajo la protección de arbustos nodriza en el Municipio de Tecali de Herrera, Puebla, México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Trujillo S. 1982. Estudio sobre algunos aspectos ecológicos de *Echinocactus platyacanthus* (L.K. & O). en el estado de San Luis Potosí. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala. México, D.F.
- Trujillo S. 1984. Distribución geográfica y ecológica de *Echinocactus platyacanthus* un ejemplo de distribución disyunta. *Cact Suc Mex* **4**:75-81.
- Trujillo-Argueta S & Del Castillo RF. 2013. Fenología reproductiva de *Echinocactus platyacanthus* una biznaga común de las zonas semiáridas de México, páginas 74-86. En: Briones-Salas M, González Pérez G & Manzanero Medina G (eds.). *Ecología y conservación en zonas áridas de Oaxaca*. Carteles Editores P.G.O. Oaxaca, México
- Valverde T. 1999. Dinámica poblacional de *Mammillaria crucigera* y *Neobuxbania macrocephala* en la región de Tehuacán-Cuicatlán. Informe de proyecto R129. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Villanueva RM, Navarro MC & Eliosa HR. 2016. Germinación de tres especies de cactáceas endémicas de México en condiciones asépticas. *Zonas Áridas* **16**:1-16
- Yetman D. 2006. A rare ring form of Herrér's Barrel Cactus, *Ferocactus herrerae*. *Cact Suc J* **78**:174-177.
- Zar JH. 2010. *Biostatistical analysis*. 5ta. Edición. ED. Pearson Prentice Hall.

Sobre las hojas de herbario

Meyrán García Jorge

La Sra. Helia Bravo me aconsejaba hacer hojas de herbario de cactáceas, pues decía que en el Herbario del Instituto de Biología de la Universidad de México había pocas y mal hechas.

Tratando de seguir sus consejos llegué a hacer algunas, las cuales resultaron muy mal hechas y feas, por lo que siempre pensé que serían de poca utilidad. Más tarde empecé con las hojas de herbario de crasuláceas, más fáciles de elaborar.

El método que acostumbro realizar en plantas de la familia Crassulaceae es, más o menos, el recomendado por el Dr. Moran: pongo la planta en el congelador durante 2 o 3 días, ya afuera separo la mitad de las hojas del tallo y algunas del tallo floral, secciono longitudinalmente una o varias flores y el tallo, pico con un alfiler delgado todos los elementos para facilitar la salida del agua y los presiono durante 8 a 10 días. Ya secos se pegan con pegamento líquido blanco en la cartulina, poniendo las hojas en orden de las pequeñas a las mayores; a un lado el tallo con algunas de las hojas, la inflorescencia y las flores. Un botánico conocido mío prefería poner la planta completa, lo que no me gustaba pues salía una "torta", una plasta en la mayoría de las

veces. Abajo, a un lado de la nota informativa, es indispensable una o varias fotografías en blanco y negro o de preferencia en color.

Nadie duda de la utilidad y necesidad de la hoja de herbario, pero para cactáceas, crasuláceas, y seguramente para euforbias y todas las otras familias de plantas suculentas, creo indispensable añadir fotografías y a veces dibujos, para darse cuenta de la tercera dimensión, la suculencia y el color y así llegar a ser útiles para la identificación de las especies.

Algunos de los ejemplares hechos de esta forma están depositados en los herbarios MEXU, ENCB y FES Iztacala.

De todas maneras yo seguí con la duda si la hoja de herbario podría servir para identificar una especie, por supuesto con excepciones, como cuando Reid Moran identificó *Villadia misera*.

Después de varios años empecé a encontrar pequeños párrafos en artículos de autores famosos, como Reid Moran, Charles H. Uhl, Robert T. Clausen, H.S. Gentry, etc. quienes también dudaban de su utilidad en algunas o en muchas ocasiones. Añado las referencias de estos autores con el texto, sin traducir para no falsearlo, y dar a conocer sus opiniones.

- [...] herbarium material is thus poor and unsatisfactory; often almost useless for comparison with the living plants, and identification is rendered correspondingly difficult. Praeger RL. 1921. *An Account of the genus Sedum as found in cultivation*. London Royal Horticultural Society, Londres, p. 2.
- He might have added that any distinguishing characters of living plants are likely to be lost in herbarium specimens. Uhl CH & Moran R. 1953. The cytotaxonomy of *Dudleya* and *Hasseanthus*. *Amer J Bot* 40:492.

Herbario virtual CONABIO



FOTO 1. *Echeveria obtusifolia*.

Herbario virtual CONABIO



FOTO 2. *Mammillaria pottsii*.

Herbario virtual CONABIO



FOTO 3. *Sedum madrense*.

Herbario virtual CONABIO



FOTO 4. *Sedum stelliforme*.

- Fresh specimens of *Sedum* are often difficult enough to identify, but dried ones are usually much worse, having lost much of their personality in the drying.
Moran R. 1969. *Sedum* in Baja California. *Cact Suc J* (US) **41**:23.
- Dried material of *Echeveria grisea* is difficult to distinguish from that of either *E. fulgens* or *E. obtusifolia*.
Walther E. 1972. *Echeveria*. *California Academy of Sciences, San Francisco*, p. 185.
- The nature of taxonomy of succulent plants is usually not only complicated by the fact that herbarium specimens are rather different in appearance to that of live plants, but also the amount of variation and [...]
Tölken HR. 1977. A revision of the genus *Crassula* in Southern Africa. *Contr Bolus Herb* **8**:4.
- *Sedum madrese* S. Watson so closely resemble *S. stelliforme* S. Watson that specimens in herbaria are difficult to distinguish. Identification of dried specimens sometimes has been arbitrary, even on the basis of geography.
Clausen RT. 1979. *Sedum* in six areas of the Mexican Cordilleran plateau. *Bull Torrey Club* **106**:215.
- There is no herbarium with adequate study material of the genus (*Agave*). Hooker and Baker considered it not feasible to make representative herbarium specimens and like other nineteenth century botanists, used live garden plants and illustrations. (*Agave*)
Gentry HS. 1982. *Agaves of Continental North America*. University of Arizona Press, Tucson, p. 47.
- Dried specimens, as kept in herbaria, present problems in identification. Many important features are lost in the drying process, dimensions are differentially and significantly altered (Clausen 1959, 1975) and further, specimens may not be representative of the populations from they come. [...] The average specimen of *Sedum*, glued on a sheet of paper, with little or no data, is practically useless for precise identification.
Clausen RT. 1984. *Sedum* (Crassulaceae) of the Mexican Cordilleran Plateau. *Gentes herbarum* **12**(3):23.
- Hence, specimens are hard to identify: the isotypes of *T. platyphylla* (BH, NY) for example, seem indistinguishable from *T. minutiflora*. In fact, I hesitate to identify herbarium specimens unless they are from areas where I already know the plants.
Moran R. 1992. *Thompsonella* with *T. colliculosa*, a new species. *Cact Succ J* (US) **64**:38.
- And of course even the best dried specimens fail to show some details seen in live plants. (p. 2).

FOTO 5. *Opuntia fulgida*.

My descriptions are based largely on live plants, though supplemented so far as possible from published descriptions and illustrations, and from the generally unsatisfactory herbarium specimens. (p. 3).

Moran R. 1994. The genus *Lenophyllum* Rose. *Haseltonia* **2**.

- Walther... had know many species (*Echeveria*) from only one or few herbaria specimens, all that were available in his time, but these are of limited value with succulent plants, where the third dimension is so important.

Uhl CH. 1994. Chromosomes and hybrids of *Echeveria* I. *Haseltonia* **2**:79.

- These choices were in references to living material, which Clausen expected users of his key to have on hand (or else field notes describing the original morphology), but the leaves of *Sedum* shrink radically upon drying and it becomes difficult to surmise the original shape.

Nesom G & Turner BL. 1995. Systematics of the *Sedum parvum* Group in NE Mexico and Texas. *Phytologia* **79**:258.

- En effect, il n'est pas toujours facile de travailler sur des échantillons d'herbier quand il s'agit de Crassulacées, ni même sur des plantes de serres, quand il s'agit d'espèces si plastiques (S'il y a un domaine où la photographie peut rendre service au botaniste, c'est peut-être dans celui-ci. Elle aide à mieux interpréter les échantillons d'herbier et à mieux comprendre les plantes cultivées loin de leur lieu d'origine).

Boiteau P & Allorge-Boiteau L. 1995. *Kalanchoe de Madagascar*. Karthala, Paris, p. 37.

Finalmente, considero que hay que hacer ejemplares de herbario útiles como los que he descrito. Actualmente, también se hacen muchas investigaciones moleculares de ejemplares de herbario y de museo.

Opuntia streptacantha Lem.

Nombre común: Nopal cardón, tuna Cardona

Gerardo Manzanarez Villasana



Cactácea arborescente y muy ramificada, con una altura que puede llegar hasta 5 m, tallos con cladodios verde oscuro, obovados a suborbiculares de 25 a 30 cm y con un tronco bien definido, areolas pequeñas con 3 o 5 espinas, pueden ser rectas o algunas de ellas adpresas, esta especie cuenta con flores hasta 9 cm de largo, amarillas hasta anaranjadas; sépalos rojizos; filamentos verdosos o rojizos; hasta con 12 lóbulos en el estigma y con frutos globosos, de hasta 5 cm de diámetro, rojo oscuro y en algunas ocasiones amarillento. *Opuntia streptacantha* es endémica de México y se encuentra en los Estados de Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí, Aguascalientes y Zacatecas; por el sur llega hasta el Valle de México, cultivadas o en estados silvestre; en algunos pueblos de Puebla y Oaxaca (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada. 1978. *Las cactáceas de México*. Volumen I. UNAM). *Opuntia streptacantha* presenta su floración de marzo a junio y su fructificación de junio a septiembre (Arias *et al.* 2012. Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán). Para el valle de México, se ha reportado que las flores pueden abrir hasta dos días y entre sus polinizadores se encuentran *Apis mellifera*, *Bombus* sp., *Diadasia rinconis* y *Perdiia aztecas* (Huerta 1995) y puede ocurrir una autopolinización gracias a la visita de hormigas (Reyes-Agüero *et al.* 2006). Tiene una importancia para México desde el punto de vista económico, ya que sus frutos y cladodios son comestibles y se pueden utilizar en el forrajeo, también, existen numerosas variedades y formas hortícolas (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada. 1978. *Las cactáceas de México*. Volumen I. UNAM). Así, una revisión sobre el manejo de esta especie en el centro-norte de México, permite reconocer 13 cultivares caracterizados por variaciones en formas y tamaños de los cladodios, aréolas, espinas y frutos (Reyes-Agüero *et al.* 2009).

Un estudio etnobotánico demostró que los vendedores herbolarios de México utilizan especies de opuntias tradicionalmente para el tratamiento de la diabetes no insulino dependiente (Torres-Ponce *et al.* 2015). Por ejemplo *Opuntia streptacantha* se utiliza tradicionalmente y se le sometió a pruebas bioquímicas para probar su efecto hipoglicemiante (Andrade-Cetto & Wiedenfeld 2011).

Manzanarez-Villasana Gerardo

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

Correo electrónico: fk_villasana @ciencias.unam.mx