

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

VOLUMEN 51 No. 4

OCTUBRE-DICIEMBRE 2006

ISSN 0526-717X



**CACTÁCEAS Y SUCULENTAS
MEXICANAS**
Volumen 51 No. 4
octubre-diciembre 2006

Editor Fundador
Jorge Meyrán

Consejo Editorial
Anatomía y Morfología
Dra. Teresa Terrazas
Colegio de Posgraduados

Ecología
Dr. Arturo Flores-Martínez
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

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
Dra. Raquel Galván
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

Química
Dra. Kasuko Aoki
UAM-Xochimilco

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
Instituto Darwinion, Argentina

Editores
Dr. Jordan Golubov
UAM-Xochimilco
Dra. María C. Mandujano Sánchez
Instituto de Ecología, UNAM

Asistentes editoriales
Biol. Gisela Aguilar Morales
M. en C. Mariana Rojas Aréchiga
Instituto de Ecología, UNAM

Diseño editorial y versión electrónica
Palabra en Vuelo, S.A. de C.V.

Impresión
Ortempus SA de CV
Se imprimieron 1 000 ejemplares, mayo de 2006

SOIEDAD MEXICANA DE CACTOLOGÍA, A.C.

Presidenta Fundadora
Dra. Helia Bravo-Hollis †

Presidenta
Araceli Gutiérrez de la Rosa

Vicepresidente
Alberto Pulido Aranda

Tesorero
Omar González Zorzano

Secretaria
Samantha Mendoza Moreno

Bibliotecario
Raymundo García A.

Fotografía de portada:
Turbincarpus horripilus en el "Santuario de cactáceas"
Foto: Ma. Loraine Matias-Palafox



Cactáceas y Suculentas Mexicanas es una revista trimestral de circulación internacional, 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. Se autoriza su reproducción total o parcial siempre y cuando se cite la fuente.

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

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

Complete or partial copying of articles is permitted only if the original reference is cited.

The journal *Cactaceas y Suculentas Mexicanas* is registered in the following indices: CAB Abstracts, Periodica and Latindex.

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

Correo electrónico: cactus@miranda.ecologia.unam.mx

El costo de suscripción a la revista es de \$250.00 para México y \$30 USD o 25€ para el extranjero. Pago de suscripciones a la cuenta no. 148-6353704 de Banamex.

Subscription rates: \$30.00 USD or 25.00€. Payment in cash, bank transfer or International Postal Money Order (only from the USA). Los comprobantes bancarios, la documentación pertinente y cualquier correspondencia deberán ser enviados a (Payments and correspondence to): Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. Aptdo. Postal 19-490, San José Insurgentes, 03901, México, D.F. socmexcact@yahoo.com

www.cactus-mall.com/smc/

www.ecologia.unam.mx/laboratorios/dinamica_de_poblaciones/cacsu-cmex/cacsucmex_main.html

La Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. agradece el financiamiento a suscriptores y donativos por productos de divulgación que genera la sociedad.

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 51 No. 4 octubre-diciembre 2006



Contenido

- Evaluación del riesgo de extinción de las poblaciones de *Turbinicarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha, cactácea endémica de la Barranca de Metztitlán, México**
Matías-Palafox, Ma. Loraine & Jiménez-Sierra, Cecilia 100
- Promoción de la germinación de semillas de *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaum y *Escontria chiotilla* (Weber) Rose**
Martínez-Cárdenas, María de Lourdes; Cabrera-Jiménez, María del Carmen; Carmona, Antonio & Varela-Hernández, Gerardo Jesús
. 111
- Cactoblastis cactorum* en México**
Flores-Moreno, Habacuc; Mandujano, María C. & Golubov, Jordan . . 122
- Mammillaria beneckeii* C. Ehrenb**
García Morales, Erick 128

Contents

- Population extinction risk assessment of *Turbinicarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha, an endemic cactus from the Barranca de Meztitlán, México**
Matías-Palafox, Ma. Loraine & Jiménez-Sierra, Cecilia 100
- Seed germination promotion of *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaum and *Escontria chiotilla* (Weber) Rose**
Martínez-Cárdenas, María de Lourdes; Cabrera-Jiménez, María del Carmen; Carmona, Antonio & Varela-Hernández, Gerardo Jesús
. 111
- Cactoblastis cactorum* in México**
Flores-Moreno, Habacuc; Mandujano, María C. & Golubov, Jordan . . 122
- Mammillaria beneckeii* C. Ehrenb**
García Morales, Erick 128

Evaluación del riesgo de extinción de las poblaciones de *Turbincarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha, cactácea endémica de la Barranca de Metztlán, México

Matías-Palafox, Ma. Loraine ¹ & Jiménez-Sierra, Cecilia ¹

Resumen

Se presenta la evaluación del riesgo de extinción de las únicas seis poblaciones silvestres conocidas de *Turbincarpus horripilus*, para ello se siguió la metodología propuesta en el Anexo I de la Norma Ecológica NOM-059-ECOL-2001. Esta especie es endémica de la Barranca de Metztlán en el estado de Hidalgo, México. *T. horripilus* se encuentra en el Apéndice I de CITES y en la Lista Roja de la UICN como especie vulnerable (Vu), pero no es considerada por la Norma Ecológica NOM-059-ECOL-2001. La especie obtuvo doce puntos considerando su distribución geográfica, el estado de su hábitat, su vulnerabilidad biológica y el impacto de las actividades humanas sobre sus poblaciones. Concluimos que la especie debe ser incluida como “especie en peligro de extinción (P)” en la NOM-059-ECOL-2001 y re-categorizada en la Lista Roja de la UICN a especie “en peligro” (EN).

Palabras clave: Barranca de Metztlán, CITES, Método de Evaluación del Riesgo de extinción, MER, *Turbincarpus horripilus*.

Abstract

In this paper we evaluate the risk status of *Turbincarpus horripilus* in the only six natural known populations. *T. horripilus* is listed in CITES Appendix I and is considered a vulnerable species (Vu) in the Red List by IUCN, but is not considered at risk by the national red species lists. The species is endemic to the Metztlán cliffs, in the state of Hidalgo, México. In order to assess risk, we used the methodology proposed by the Mexican legislation, Norma Ecológica NOM-059-ECOL-2001 (Annex I). According to the legislation the species was considered in risk of extinction (12 points) when we considered its geographic distribution, habitat preservation, biological vulnerability and the impact of human activities on its populations. We conclude that this species should be included in the category of as “in risk of extinction” (P) by the NOM-059-ECOL-2001, and re-categorized by the Red List (IUCN) as “endangered” (EN).

Key words: Barranca de Metztlán, CITES, Método de Evaluación del Riesgo de extinción MER, *Turbincarpus horripilus*.

Introducción

La Reserva de la Biósfera Barranca de Metztlán se encuentra al este de la región central del estado de Hidalgo. Forma

parte del Eje Neovolcánico y de la Sierra Madre Oriental. La zona está constituida por cañones excavados por los afluentes del río Pánuco, donde se alberga una gran riqueza natural. Las cactáceas forman parte

¹Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186. Col. Vicentina, Iztapalapa. C.P. 09340. México, D.F., México, e-mail: cbs204382969@xanum.uam.mx, cecici@xanum.uam.mx

L. Matías-Patafox



FOTO 1. *Turbinicarpus horripilus* en la localidad “Santuario de cactáceas”.

César Rocha Huerta



FOTO 2. Detalle de la flor de *Turbinicarpus horripilus*.

importante de la flora que caracteriza a dicho lugar, motivo por el cual la Barranca de Metztitlán es considerada como una de las zonas cactológicas más llamativas de nuestro país (Sánchez-Mejorada 1978). En este lugar la familia Cactaceae se encuentra representada por alrededor de 70 especies de las cuales el 11.42% son especies endémicas y al menos el 15% están consideradas en alguna categoría de riesgo por la Norma Ecológica NOM-059-ECOL-2001. Sin embargo, *Turbincarpus horripilus*, no ha sido considerada como una especie en riesgo por nuestra legislación a pesar de que es considerada por instancias internacionales como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Flora y Fauna Silvestres (CITES 1990; IUCN 1990).

Descripción taxonómica

Turbincarpus horripilus (Lem.) Vác. John & Riha.

Es una especie endémica de la Barranca de Metztitlán (Foto 1). Es una planta subglobosa, generalmente ramificada. Su tallo mide de 6 a 12 cm de diámetro y de 4 a 10 cm de altura, y está constituido por numerosos tubérculos piramidales de un centímetro de altura dispuestos en espiral. Sus espinas radiales (9 a 12) son aciculares, rectas o ligeramente curvas, de color blanco con la punta parda, las de la parte inferior son más cortas que las de la parte superior. Posee solo una espina central recta rígida de color café. Sus flores son acampanadas de color magenta de 2 cm de longitud y surgen en los surcos adaxiales de las aréolas jóvenes que se encuentran en el ápice del tallo (Foto 2). Sus frutos son

secos y ovoides con venación longitudinal, de color verde con tintes rojizos los cuales conservan los restos del perianto. Miden hasta un centímetro de longitud y de 4 a 7 mm de diámetro y contienen de 5 a 75 semillas, las cuales son ovoides de testa negra o rojiza de 1.2 a 1.5 mm de longitud (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991; Matias-Palafox & Jiménez-Sierra 2004; Milan 2004). La especie ha sido ubicada en distintos géneros por diversos autores: *Mammillaria horripila* Lem., 1838; *Echinocactus horripilus* (Lem.) Lem., 1839; *Neolloydia horripila* (Lem.) Britton & Rose, 1923; *Gymnocactus horripilus* (Lem.) Backeb., 1961; *Thelocactus horripilus* (Lem.) Kladiwa & Fittkau in Krainz, 1970; *Pediocactus horripilus* (Lem.) Halda, 1998; *Bravocactus horripilus* (Lem.) Doweld, 1998 (Guzmán *et al.* 2003).

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, y establece los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante la aplicación del Método de Evaluación del Riesgo de Extinción (MER) (Semarnat 2002).

El MER, se basa en cuatro criterios independientes a los cuales se les asignan valores numéricos. Los criterios y los rangos de los valores por categoría son: A. Amplitud de la distribución del taxón en México (1-4); B. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón (1-3); C. Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón (1-3); y D. Impacto de la actividad humana sobre el taxón (1-4). La sumatoria de estos valores permite ubicar

a las especies como Amenazada (A); Sujeta a protección especial (Pr); o en Peligro de extinción (P) (Semarnat 2002).

El objetivo de este trabajo es evaluar por medio de la aplicación del Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER), el estado de conservación de *Turbinicarpus horripilus* para proponer su inclusión en la Norma Oficial NOM-059-ECOL-2001 y su permanencia en el Apéndice I de CITES y en la Lista Roja del IUCN.

Material y métodos

Criterio A: Amplitud de la distribución del taxón en México

Para determinar la amplitud de la distribución del taxón se realizaron revisiones bibliográficas y de herbario de las cuales se obtuvieron datos de las localidades ya conocidas. Con la información obtenida se realizaron recorridos en las zonas aledañas a dichas localidades y en lugares en los que

se suponía por la información obtenida de los pobladores de la región la presencia de la especie.

Todas las poblaciones encontradas de *T. horripilus* fueron georeferenciadas y localizadas en un mapa de la región.

Criterio B: Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón

Este criterio fue evaluado registrando las características bióticas (tipo de vegetación y especies acompañantes) y abióticas (altitud, tipo de suelo, pendiente y pedregosidad) presentes en los sitios en donde fue encontrada la especie.

Criterio C: Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón

La vulnerabilidad biológica del taxón se determinó mediante un censo poblacional y el estudio de algunos aspectos reproductivos de la población de la localidad "Santuario de cactáceas". Se determinaron: la densidad poblacional, el patrón de dis-

CUADRO 1. Localización geográfica y características demográficas de las poblaciones de *Turbinicarpus horripilus*.

Localidad	Ubicación geográfica	Altitud (msnm)	Pendiente (°)	Área estimada (m ²)	Densidad (Ind/m ²)	Comunidad vegetal
Santuario de Cactáceas	20° 35.318' 98° 45.468'	1294	60°	900	0.74	Matorral xerófilo
San Juan	20° 35.30' 98° 45.33'	1303	70°	1500	1.22	Matorral xerófilo
Jilotla	20° 33.08' 98° 44.22'	1468	45°	150	0.33	Matorral xerófilo
San Cristóbal		1260	40°	70	?	---
Almolon	20° 43.727' 98° 56.231'	1020	30°	250	0.08	Matorral xerófilo
San Pablo Tetlapaya	20° 37.24' 98° 52.50'	1498	35°	500	0.5	Matorral xerófilo

tribución intra poblacional, la estructura de tamaños basada en el diámetro y el porcentaje de asociación con otras plantas. Se obtuvieron datos sobre la fenología, tiempo de vida de la flor, visitantes florales y tipo de polinización. En experimentos controlados en laboratorio, se determinaron los porcentajes de germinación de semillas y la viabilidad de las mismas a través del tiempo (Matías-Palafox & Jiménez-Sierra datos no publicados).

Criterio D: Impacto de la actividad humana sobre el taxón

El impacto de la actividad humana en las poblaciones de *T. horripilus* se determinó en cinco de las poblaciones empleando la

metodología de Evaluación del Disturbio del Hábitat (Peters & Martorell 2000).

Resultados

Criterio A

Turbincarpus horripilus es una especie endémica del estado de Hidalgo y su distribución está restringida a la Barranca de Metztitlán. Solo existe un ejemplar de herbario, el cual se menciona que fue colectado a las orillas del poblado de San Juan Metztitlán (actualmente, Jardín Botánico “Santuario de Cactáceas”). Toda la bibliografía existente sobre esta especie está referida a esta población y a la localizada en San Pablo Tetlapaya.



FOTO 3. *Turbincarpus horripilus* creciendo en una ladera caliza fuertemente erosionada y con pendiente muy pronunciada (60°).

De acuerdo a las visitas realizadas a los lugares sugeridos por los pobladores y a los recorridos realizados a las zonas aledañas, se lograron encontrar 6 poblaciones, algunas de ellas (Jilotla y San Pablo Tetlapaya) separadas hasta por mas de 30 km de distancia. Los datos de estas poblaciones se encuentran en el cuadro 1.

El área total ocupada por la especie es aproximadamente de 3,370 m² lo que resulta ser menor al 5% de la superficie del territorio nacional (ca. 1, 964, 000 km²), por está razón a este criterio se le asignaron cuatro puntos.

Criterio B

Turbnicarpus horripilus suele establecerse en laderas calizas fuertemente ero-

sionadas (Foto 3), en altitudes que van de los 1000 a los 1500 msnm. El tipo de vegetación al que comúnmente se encuentran asociadas sus poblaciones es el matorral xerófilo con crasicuales, en donde las especies de cactáceas acompañantes son: *Astrophytum ornatum* (DC.) F. A.C. Weber ex Britton & Rose, *Cephalocereus senilis* (Haw.) Pfeiff, *Coryphantha erecta* (Lem.) Lem., *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, *Ferocactus glaucescens* Britton & Rose, *Mammillaria geminispina* Haw, *Mammillaria longimamma* DC., *Mammillaria schiedeana* C. Ehrenb., *Myrtillocactus geometrizans* (Martius) Console; además de algunas especies de los géneros *Selaginella*, *Mimosa*, *Hechtia*, *Fouquieria* y *Bombax*, estos dos últimos presentes

CUADRO 2. Especies acompañantes de las poblaciones de *Turbnicarpus horripilus*.

Localidad	Comunidad vegetal	Especies acompañantes
"Santuario de Cactáceas"	Matorral xerófilo con crasicuales	<i>Astrophytum ornatum</i> , <i>Cephalocereus senilis</i> , <i>Coryphantha erecta</i> , <i>Echinocactus platyacanthus</i> , <i>Ferocactus glaucescens</i> , <i>Mammillaria geminispina</i> , <i>Mammillaria longimamma</i> , <i>Myrtillocactus geometrizans</i> , <i>Selaginella</i> spp. y <i>Mimosa</i> spp.
San Juan	Matorral xerófilo con crasicuales	<i>Astrophytum ornatum</i> , <i>Cephalocereus senilis</i> , <i>Coryphantha erecta</i> , <i>Echinocactus platyacanthus</i> , <i>Ferocactus glaucescens</i> , <i>Mammillaria geminispina</i> , <i>Mammillaria longimamma</i> , <i>Myrtillocactus geometrizans</i> , <i>Selaginella</i> spp., <i>Mimosa</i> spp. y briofitas
Jilotla	Matorral xerófilo rosetófilo	<i>Astrophytum ornatum</i> , <i>Cephalocereus senilis</i> , <i>Ferocactus glaucescens</i> , <i>Mammillaria geminispina</i> , <i>Mammillaria longimamma</i> , <i>Pachyphytum longifolium</i> , <i>Selaginella</i> , <i>Mimosa</i> spp. y briofitas
San Cristóbal	---	---
Almolon	Matorral xerófilo con crasicuales	<i>Astrophytum ornatum</i> , <i>Cephalocereus senilis</i> , <i>Coryphantha erecta</i> , <i>Echinocactus platyacanthus</i> , <i>Ferocactus glaucescens</i> , <i>Mammillaria geminispina</i> , <i>Mammillaria longimamma</i> , <i>Mammillaria schiedeana</i> , <i>Neobuxbaumia polylopha</i> , <i>Mimosa</i> spp., <i>Hechtia</i> spp., <i>Fouquieria</i> spp. y <i>Bombax</i> spp.
San Pablo Tetlapaya	Matorral xerófilo espinoso	<i>Astrophytum ornatum</i> , <i>Cephalocereus senilis</i> , <i>Coryphantha erecta</i> , <i>Ferocactus glaucescens</i> , <i>Mammillaria geminispina</i> , <i>Mammillaria longimamma</i> , <i>Mimosa</i> spp., <i>Hechtia</i> spp., <i>Fouquieria</i> spp. y <i>Bombax</i> spp.

en la población de San Pablo Tetlapaya (Cuadro 2).

Por la susceptibilidad de los ambientes en donde crece esta especie a este criterio se le asignaron tres puntos.

Criterio C: Aspectos demográficos

La densidad de los individuos de *T. horripilus* va de 0.08 individuos/m² en Almolon a 1.22 individuos/m² en San Juan, siendo ésta la población con mayor extensión. La población de San Cristóbal es la menos extensa y se ubica en el traspatio de una casa por lo que no fue posible obtener su densidad (Cuadro 1).

De acuerdo al muestreo poblacional detallado realizado en la población “Santuario de cactáceas” (Foto 4), *T. horripilus* conforma el 75% de la comunidad de cactáceas ahí presentes, su densidad es de 0.74 individuos/m² y su distribución espacial es agregada (media/varianza; $P < 0.05$). La altura de los individuos osciló entre 2 y 40 cm, solo el 11% de los organismos no presentan ramificaciones y los organismos ramificados pueden poseer hasta 60 ramas (Fig. 1).

La estructura de tamaños obtenida a partir de la categorización de los individuos con base en su diámetro total, muestra la ausencia de organismos pequeños ($< a 2$



L. Matías-Palafox

FOTO 4. Imagen donde se aprecia la localidad “Santuario de cactáceas”.

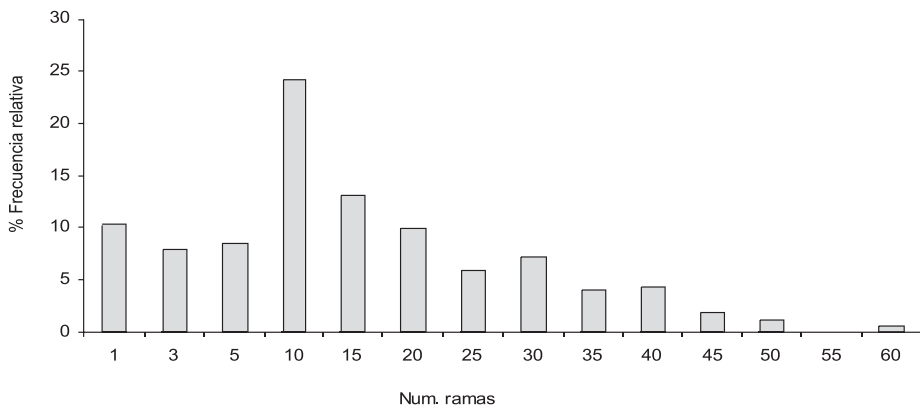


L. Matías-Palaox

FOTO 5. Asociación de *Turbinicarpus horripilus* a briofitas y *Selaginella* sp.

cm² de cobertura). La distribución observada, presenta un patrón multimodal, en donde se aprecian picos con altas frecuencias, seguidos por categorías con bajas frecuencias (Fig. 2).

En cuanto a la asociación a otras plantas, el 96% de los individuos pequeños de *T. horripilus* se encuentran asociados a plantas del género *Selaginella* y a briofitas (Foto 5). Mientras que el 50% de los individuos con

FIGURA 1. Frecuencia relativa del número de ramas por individuo de *Turbinicarpus horripilus* (N= 302 individuos).

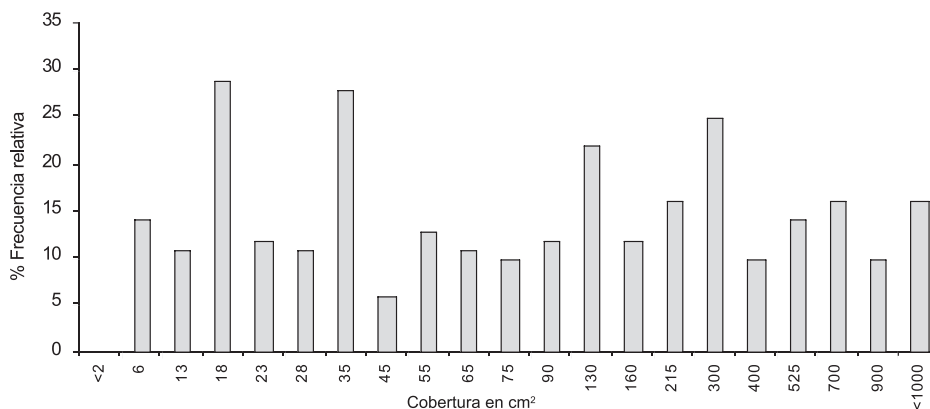


FIGURA 2. Distribución de tamaños por diámetros totales de los individuos de *Turbinicarpus horripilus*.

más de 40 ramas no se encuentran asociados a otros vegetales (Fig. 3).

Aspectos Reproductivos

La floración y fructificación de la especie es de octubre a julio, la máxima producción de flores se presenta durante el mes de marzo, mientras que la máxima producción de frutos se presenta de noviembre a enero (Fig. 4).

Los organismos comienzan a reproducirse después de alcanzar 2 cm² de cobertura,

aunque existen individuos de entre 15 y 20 cm² que no se reprodujeron durante el año de muestreo.

Las flores de *T. horripilus* viven alrededor de dos días, la antesis comienza al medio día y termina al atardecer. Se requiere de polinización cruzada y los principales visitantes florales son insectos del orden Hymenoptera.

Los frutos producen entre 5 y 75 semillas, con un promedio de 35 semillas.

En lo que se refiere a la germinación de semillas, éstas presentan fotoblas-

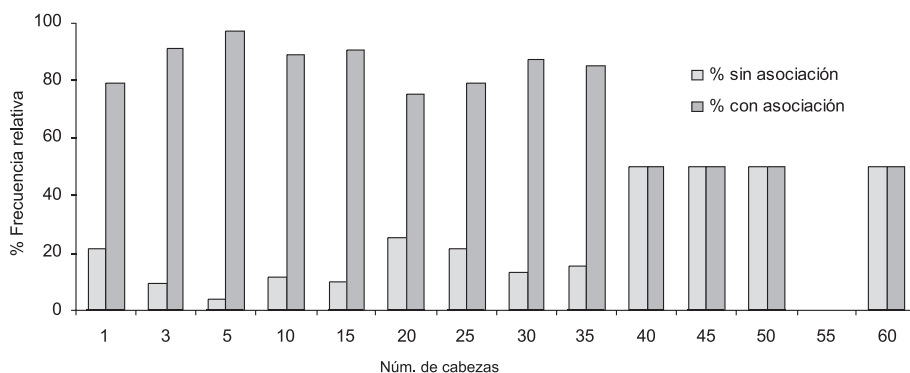


FIGURA 3. Distribución de tamaños de *Turbinicarpus horripilus* y porcentaje de asociación con otras plantas.

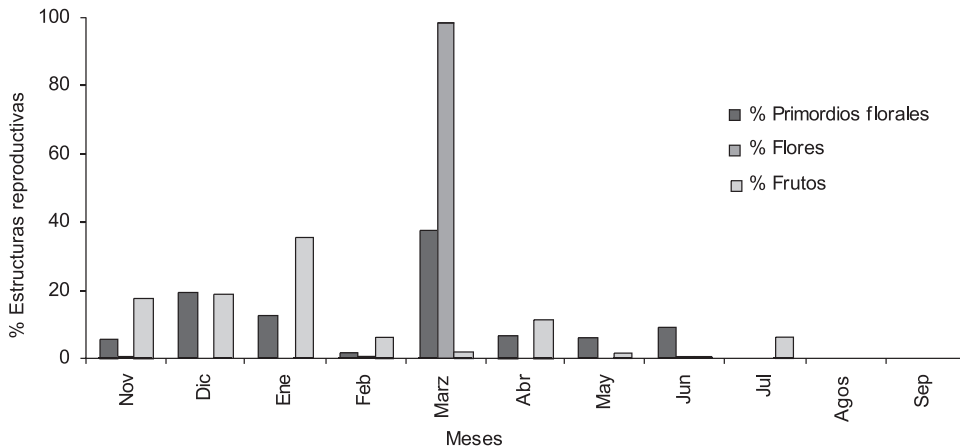


FIGURA 4. Fenología reproductiva de *Turbinicarpus horripilus* de noviembre de 2004 a septiembre de 2005.

tismo positivo. La germinación es de 56.5% en semillas recién cosechadas. Sin embargo la viabilidad disminuye con el paso del tiempo (Matías-Palafox datos no publicados).

Debido a las características demográficas y reproductivas de la especie a este criterio se le asignó un valor de dos puntos.

Criterio D

El deterioro natural del hábitat, la ganadería y las actividades antropogénicas suelen ser los principales factores de perturbación en los lugares en donde habita *T. horripilus*. El análisis de disturbio realizado en las seis poblaciones conocidas (Foto 6) muestra un valor promedio del Índice de Perturbación (IP) de 51 puntos lo que sugiere una perturbación media del ambiente. El deterioro natural del hábitat en todas las poblaciones es el factor que más influye en la perturbación de las mismas. Debido al puntaje obtenido a este criterio se le asignó un valor de tres puntos.

Discusión

De acuerdo a la evaluación de los cuatro criterios independientes establecidos por la Norma Ecológica NOM-059-ECOL-2001, la sumatoria obtenida es de doce puntos, por lo que este trabajo sustenta la propuesta de incluir a *T. horripilus* dentro de dicha Norma en la categoría en Peligro de Extinción (P). Al mismo tiempo, proponemos que la especie sea re-categorizada en la Lista Roja de la UICN de Vulnerable (Vu), a en Peligro (EN) y recomendamos su permanencia en el Apéndice I de CITES.

Agradecimientos

Agradecemos al Personal de la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán por el apoyo brindado para la localización de las poblaciones, en especial a los ingenieros Salvador Montes, Miguel Ángel de Jesús y José Ángeles, así como a los brigadistas Guillermo Sánchez, Carlos Ángeles, Erasto Badillo y Roberto Espíndola por su disposición, compañía y apoyo en el trabajo de campo. A la familia Sánchez por su hospitalidad, a cada una de las personas que apoyaron en



L. Matías-Palafox

FOTO 6. Transectos para evaluar el deterioro ambiental en la población "Santuario de cactáceas".

diversas ocasiones en el trabajo de campo en especial a la Biól. Diana Reyes S. Este trabajo se realizó gracias al apoyo del laboratorio de Ecología de la UAM-I y al proyecto 0350-AL Conacyt-Semarnat de MMS.

Literatura Citada

- Bravo-Hollis H & Sánchez-Mejorada H. 1991. *Las cactáceas de México*. Vol 2. UNAM. D.F. México.
- CITES. 1990. *Appendices I, II and III to the Convention on International Trade in Endangered Species of wild Fauna and Flora*. U.S. Department of the Interior Washington, D.C.
- Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2003. *Catálogo de cactáceas mexicanas*. UNAM. CONABIO. D.F. México.
- IUCN. 1990. *Centres of Plant Diversity. An Introduction to the Project with Guidelines for Collaborators*. Parchment (Oxford) UK.
- Peters C & Martorell E. 2000. *Conocimiento y conservación de las mamilarias endémicas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Reporte final del proyecto R166 - CONABIO. México.
- Matías-Palafox ML & Jiménez-Sierra C. 2004. *Turbinicarpus horripilus* (Lem.) Vác. John & Riha. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **49**:128.
- Milan Z. 2004. The genus *Turbinicarpus*. Vydavatelstvo Igor Dráb & Spolocnost Cactaceae. Bratislava-Slovakia.
- Sánchez-Mejorada H. 1978. *Manual de campo de las Cactáceas y Suculentas de la Barranca de Metztitlán*. Sociedad Mexicana de Cactología. México.
- Semarnat. 2002. NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. *Diario Oficial de la Federación* 6 de marzo de 2002.

Recibido: noviembre 2005, aceptado: agosto 2006.
Received: November 2005, accepted: August 2006.

Promoción de la germinación de semillas de *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaum y *Escontria chiotilla* (Weber) Rose

Martínez-Cárdenas, María de Lourdes¹; Cabrera-Jiménez, María del Carmen; Carmona, Antonio² & Varela-Hernández, Gerardo Jesús³

Resumen

El conocimiento sobre la germinación de cactáceas es importante para la reforestación de zonas áridas naturales o desertificadas. Pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) y jiotilla (*Escontria chiotilla*) son dos especies que para la Mixteca oaxaqueña es importante conservar. Se comparó el efecto en el porcentaje y la velocidad de germinación entre cinco tratamientos: ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 20 y 30%, ácido giberélico (GA₃) a 1 mg l⁻¹ y 2.5 mg l⁻¹, y agua destilada. Se sembraron semillas de pitaya tipos “olla” y “ceniza” y de jiotilla en cajas de Petri, a 27±2 °C y un fotoperiodo de 16 h de luz. Se registró la germinación durante 30 días. Con la prueba de Kruskal-Wallis y comparaciones múltiples, se encontró que GA₃ a 2.5 mg l⁻¹ promueve mejor la germinación que el H₂SO₄ y el testigo, tanto en el porcentaje como en la velocidad de germinación. No se encontró diferencia significativa entre los tipos de plantas ni entre la interacción con los tratamientos.

Palabras clave: ácido giberélico, ácido sulfúrico, cactáceas, *Escontria chiotilla*, germinación, jiotilla, *Stenocereus griseus*.

Abstract

Knowledge about cacti germination is important for reforestation of natural, as well as for desertified zones. In the Mixteca region it is important to preserve pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) and jiotilla (*Escontria chiotilla*). The effect of 5 treatments: sulphuric acid (H₂SO₄) at 20 and 30%, gibberellic acid (GA₃) at 1 mg l⁻¹ and 2.5 mg l⁻¹ and distilled water on germination percentage and germination velocity was compared. Seeds of pitaya, “olla” and “ceniza” types, and jiotilla were grown in Petri dishes, at 27±2°C with a daily photoperiod of 16 h light. Germination per dish was recorded for 30 days. Through a Kruskal-Wallis test and a multiple comparisons test, it was found that GA₃ at 2.5 mg l⁻¹ promoted germination percentage and increased germination velocity in comparison with H₂SO₄ at both concentrations and with the control. There was no significant difference neither among plant types nor with the interaction among treatments.

Key words: Cactaceae, *Escontria chiotilla*, germination, gibberellic acid, jiotilla, *Stenocereus griseus*, sulphuric acid.

Introducción

El matorral xerófilo de la Mixteca Oaxaqueña se caracteriza por la presencia de diversas especies de cactus. Las especies

de la familia Cactaceae son susceptibles de manejarse para la reforestación de zonas en las que el hombre ha intervenido con la consecuente reducción de su abundancia y diversidad. De igual manera representan

¹Departamento de Ciencias de la Salud, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. San Rafael Atlixco 186, Iztapalapa. 09340, México, D.F. macl@xanum.uam.mx

²Departamento de Biotecnología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. UAM-I

³Departamento de Matemáticas, División de Ciencias Básicas e Ingeniería. UAM-I. gvar@xanum.uam.mx

recursos naturales útiles para el desarrollo sustentable en regiones donde la pobreza económica es una consecuencia de los suelos deficientes y climas secos, entre otros factores. Los cactus se han utilizado como plantas ornamentales, como productoras de fruto, formando ancestralmente parte importante de la dieta, para la construcción de viviendas rústicas y bardas, así como en ritos religiosos (Arnaud *et al.* 1977; Rzedowski 1978).

Especies como la pitaya, *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaum, y la jiotilla, *Escontria chiotilla* (Weber) Rose, se encuentran en la Mixteca oaxaqueña de forma natural. La pitaya es una especie que escapó del cultivo y se naturalizó en el país (Mercado & Granados 1999); por lo que, además de encontrarse formando parte de huertos familiares (Espejel & Granados 1995), es posible localizarla junto con la vegetación nativa contribuyendo a la biodiversidad de la zona.

La forma de propagación de la pitaya para el establecimiento de huertos se realiza de manera asexual. Esto limita la variabilidad genética (López-Gómez *et al.* 2000) que, si bien sería benéfico para la producción de frutos homogéneos con aceptación por las normas de comercio, provoca la pérdida de genotipos que pudieran aportar otras características deseables (Mercado & Granados 1999). A pesar de ello, esta especie presenta variaciones debidas a factores ecológicos o genéticos, ya que se han cultivado desde épocas inmemoriales sin una selección rigurosa, dirigida hacia la homogeneidad en las características del fruto, dando como resultado la presencia de tipos agronómicos poco caracterizados y sujetos a su determinación por la apreciación que

otorga la experiencia empírica de los cultivadores de la zona. Tales diferencias se aprecian en la forma del fruto, el color de la pulpa y el arreglo de las espinas, entre otras características. Así tenemos los tipos “olla”, “ceniza”, “jarra”, “sandía”, “melón” y varias más, además de los que resultan de cruza interespecíficas con el xoconostle (*Stenocereus stellatus*).

La jiotilla es una especie autóctona abundante en esta zona y su fruto se recolecta para su comercialización local y se consume fresca (Mercado & Granados 1999). Sería conveniente la selección de plantas con producción elevada y frutos de calidad para la creación de huertos que permitan la producción suficiente para ampliar el área de comercialización y el aprovechamiento de la fruta en la elaboración de productos derivados como néctares y dulces como se realiza con la pitaya actualmente (Armella *et al.* 2001; Rocha-Cortés *et al.* 2003).

En la Mixteca existen zonas amplias sin vegetación y erosionadas por el efecto de las actividades humanas como la agricultura, el pastoreo y la recolección de plantas. Es importante considerar que la pitaya (Mercado & Granados 1999) y la jiotilla generalmente prosperan en terrenos áridos, pedregosos, erosionados o deforestados, además de que requieren poco gasto de insumos como el agua. Debido a ello, ambas especies pueden considerarse para la reforestación y la recuperación del suelo.

El conocimiento acerca de la fisiología de la germinación de cactáceas como la pitaya y la jiotilla se requiere no únicamente para incrementar su reproducción, dado su valor económico, sino para aplicarse en la reforestación de zonas áridas naturales

o desertificadas. De ahí el interés por la propagación artificial y el establecimiento de estas especies.

En muchas semillas, entre el desarrollo del embrión y la germinación se presenta un período de quiescencia, durante el cual el embrión permanece desecado. Además, las semillas pueden presentar latencia, donde el embrión no germina bajo condiciones favorables hasta que se pierde este estado (Holdsworth *et al.* 1999).

En los pocos trabajos que se han realizado sobre germinación en pitaya (Martínez 1983; López & Sánchez 1989) y jiotilla (Martínez-Cárdenas *et al.* 2003), se ha manifestado la necesidad de la luz para la germinación de sus semillas, dado que germinan mejor cuando se encuentran expuestas a ella y sobre la superficie del sustrato o suelo (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000, De la Barrera & Nobel 2003). La adición de GA₃ promueve la ruptura de la fotolatenencia, acelera la movilización de nutrimentos durante la germinación y la provoca aún en la obscuridad (Salisbury & Ross 1994). Alcorn y Kurtz (1959, en Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000) y McDonough (1964, en Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000) demostraron que el GA₃ incrementa la germinación en *Carnegiea gigantea* (Engelm.) Britton & Rose, mientras que Deno (1994, en Rojas-Aréchiga *et al.* 2001), mostró que es absolutamente necesaria la adición de GA₃ para la germinación de semillas de otras especies como *Echinocereus viridiflorus*, *Ferocactus acanthodes* y *F. wislizeni*.

Previamente a su dispersión, muchas semillas pasan a través del tracto digestivo de los frugívoros que son agentes de dispersión endozoocóricos importantes

(Bregman 1988). Con los jugos digestivos, compuestos por enzimas y ácidos, se remueve el mucílago y se adelgaza la cubierta de las semillas, y aunque algunas se destruyen otras quedan viables y germinan. Las semillas de cactáceas en algunos casos también requieren de escarificación para romper la latencia y germinar (Silva *et al.* 1997; Florez-Martínez & Manzanero-Medina 2002). Las semillas de *S. griseus* son consumidas por aves y al ser defecadas se incorporan al suelo. Se ha observado también que semillas de esta especie pueden presentar latencia por la presencia de compuestos endógenos inhibitorios (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; Naranjo *et al.* 2003).

El objetivo del presente trabajo fue comparar el efecto de la escarificación química con ácido sulfúrico (H₂SO₄) y con ácido giberélico (GA₃), que es un fitoregulador, sobre la velocidad y el porcentaje de germinación de semillas de pitaya tipos “olla” y “ceniza”, así como de jiotilla para seleccionar tratamientos adecuados para la producción de plántulas a partir de semillas.

Material y métodos

Especies de estudio. *Stenocereus griseus* es un cactus arborescente que crece de 6 a 9 m de altura, con numerosas ramificaciones, color verde más o menos glauco, con 8-10 costillas (Foto 1). *Escontria chiotilla* es un cactus arborescente que alcanza 3-4 m de altura, ramificaciones muy numerosas y rígidas, color verde oscuro, dicotómicas, con 7 u 8 costillas prominentes (Foto 2) (Bravo-Hollis 1978).

Sitio de estudio. Las poblaciones donde se colectaron los frutos se encuentran en San



María de Lourdes Martínez Cárdenas.

FOTO 1. Individuo de *Stenocereus griseus*.

Juan Joluxtla, Cosoltepec, Oaxaca, México, localizado en 18° 8' N y 97° 45' W.

Obtención de semillas. Las semillas se extrajeron de frutos de pitaya tipos “olla” y “ceniza” y de jiotilla. Se lavaron con agua corriente y se secaron a temperatura ambiente sobre papel secante por 48 horas. Se guardaron durante 3 meses en refrigeración a 4°C para evitar el envejecimiento de la semilla.

Desinfección. Las semillas se desinfectaron con etanol al 50% durante 5 minutos, después con cloro comercial al 30% por 10 minutos y se enjuagaron con agua destilada esterilizada por 5 minutos.

Diseño experimental. Se prepararon 5 lotes con 9 repeticiones para cada uno de los tipos de pitaya y la jiotilla. Cada repetición constó de 50 semillas que se sembraron en cajas de Petri con papel filtro, quedando al final 45 cajas.

Escarificación química. Se prepararon soluciones de H_2SO_4 al 20% y 30%. Se colocó un lote de semillas por concentración para cada tipo de pitaya y otro para jiotilla. Las semillas se sumergieron en H_2SO_4 durante 10 min, se lavaron por 10 min en agua destilada y se sembraron.



FOTO 2. Individuo de *Escontria chiotilla*.

Aplicación del fitoregulador. Se prepararon dos soluciones de GA_3 , 1 mg l^{-1} y 2.5 mg l^{-1} . Para cada tipo de pitaya y para jiotilla se colocaron tres lotes de semillas, uno para cada concentración, se sumergieron durante 48 h en el GA_3 , se enjuagaron con agua destilada esterilizada y se sembraron.

Testigo. Se sembró un lote testigo por cada tipo de pitaya y uno para jiotilla. Estas semillas se sembraron después de la desinfección.

A cada caja de Petri se le agregaron 3 ml de agua destilada esterilizada y se selló para que no se perdiera la humedad. Todos los lotes se mantuvieron en una cámara de cre-

cimiento a $27 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, con un fotoperiodo de 16 h luz y 8 h oscuridad, con una intensidad lumínica de $1\ 620 \text{ lux}$ durante 30 días, dentro de los cuales se registraron la velocidad y el porcentaje de germinación por caja. Se consideró como semilla germinada la que presentara la radícula protruida.

Se realizó un análisis de varianza no paramétrico (prueba de Kruskal-Wallis) de dos vías, para evaluar las diferencias en el porcentaje medio de germinación por tratamiento (testigo, GA_3 1 mg l^{-1} y 2.5 mg l^{-1} , H_2SO_4 20% y 30%), y por tipo de planta (pitaya “ceniza”, pitaya “olla” y jiotilla), así como una posible interacción entre ambos

factores (tratamiento x tipo de planta). Se llevaron a cabo comparaciones múltiples (no paramétricas) tipo SNK para encontrar diferencias entre los porcentajes medios de germinación por condición experimental, según las fórmulas de Conover (1980) y Zar (1984). Para evaluar la velocidad de la respuesta germinativa se determinó el tiempo en que se inició la misma y cuando alcanzó el 50% de la germinación, de acuerdo con Belcher y Miller (1974, en García & Lasa 1991).

Resultados

Los promedios de los porcentajes de germinación por tratamiento y por tratamiento por tipo de planta se muestran en el cuadro 1. El análisis de varianza no paramétrico de dos vías (prueba de Kruskal-Wallis), con un $\alpha=0.05$, reveló diferencia entre tratamientos ($P=0.0000$), pero no reveló diferencia significativa en el porcentaje medio de germinación por tipo de planta ($P=0.4936$), ni presencia de interacción

tratamiento por especie y tipo de planta ($P=0.9894$ Cuadro 1).

Las comparaciones múltiples entre porcentaje medio de germinación por condición experimental, con un $\alpha=0.05$, mostraron que las semillas tratadas con GA_3 son las que germinaron significativamente mejor ($\alpha=0.05$), comparadas con el testigo y las tratadas con H_2SO_4 . De las dos concentraciones de GA_3 que se aplicaron, la de 2.5 mg l^{-1} presentó mayor número de semillas germinadas ($\alpha=0.05$) para los dos tipos de pitaya y la jiotilla, así como de forma general (Cuadro 1). En el caso del ácido sulfúrico, no se obtuvo germinación con ninguna de las concentraciones en ningún tipo de planta. El tratamiento testigo resultó con un bajo porcentaje de germinación, para pitaya tipo “ceniza” (0.4%), para pitaya tipo “olla” (0%) y para jiotilla (3.1%), resultando significativamente ($\alpha=0.05$) más alto que el tratamiento con H_2SO_4 en las dos concentraciones.

La velocidad de germinación tomando en cuenta el día en que se inicia la germi-

CUADRO 1. Porcentaje de germinación promedio por tratamiento y por tratamiento x planta para *Stenocereus griseus* y *Escontria chiotilla*.

Plantas	Condiciones experimentales (tratamientos)				
	Testigo	GA_3		H_2SO_4	
		1 $mg l^{-1}$	2.5 $mg l^{-1}$	20%	30%
Pitaya “ceniza”	0.4 ^a	36.2 ^b	55.1 ^c	0 ^d	0 ^d
Pitaya “olla”	0 ^a	32.4 ^b	58.4 ^c	0 ^d	0 ^d
Jiotilla	3.1 ^a	41.6 ^b	71.3 ^c	0 ^d	0 ^d
Promedio por tratamiento	1.2 ^a	36.7 ^b	61.6 ^c	0 ^d	0 ^d

Porcentajes con diferente letra (a, b, c, d) se consideran estadísticamente diferentes, de acuerdo con pruebas de comparaciones múltiples no paramétricas tipo SNK, según las fórmulas de Conover (1980) y Zar (1984).

nación permite confirmar que al tratar las semillas con GA_3 se aceleró la germinación siendo la mejor concentración la de 2.5 mg l^{-1} . La germinación se inicia para los tres tipos de planta al mismo tiempo en el caso de GA_3 , aunque para pitaya “ceniza” se atrasa hasta el día 13 en GA_3 1 mg l^{-1} ; también se observó retraso en agua para pitaya “ceniza” que inició el día 17 y para jiotilla que lo hizo el día 12 y pitaya “olla” no germina en agua. El 50% de germinación lo alcanza primero jiotilla en GA_3 2.5 mg l^{-1} , el día 26 pitaya “olla” y el día 27 pitaya “ceniza”, lo cual no las hace diferentes, sin embargo, ninguna de las tres plantas alcanza el 50% de germinación para GA_3 1 mg l^{-1} o con agua, confirmando que GA_3 a 2.5 mg l^{-1} es el tratamiento más adecuado (Figs. 1, 2 y 3).

Discusión

La latencia se considera una ventaja adaptativa a ciertas condiciones ambientales naturales y es de utilidad en algunos cultivos agrícolas tradicionales, pero tal característica puede resultar un obstáculo para la germinación, por lo que se requirió de probar métodos químicos para la ruptura de la latencia y hacer uniforme el proceso de germinación en las semillas de pitaya tipos “olla” y “ceniza” y de jiotilla.

Las semillas se mantuvieron en refrigeración (4 °C) durante tres meses para su mejor conservación hasta el inicio del experimento. Las semillas se aprovecharon de esa forma, ya que en un trabajo preliminar se pudo observar que los mismos tipos de semilla no presentaban cambios significativos en su viabilidad, comparadas con las semillas recién extraídas del fruto

(Martínez-Cárdenas *et al.* 2003). En el mismo trabajo, también observaron que la germinación disminuía significativamente a los tres meses de haber sido extraídas y por ello, se decidió probar las mismas concentraciones agregando otra más alta, tanto para GA_3 como para H_2SO_4 , y así promover la germinación en mayor cantidad. Se puede pensar que el tiempo de almacenamiento en refrigeración, previo a la germinación, pudo inducir latencia en las semillas, sin embargo, Godínez *et al.* (2004), no encontraron diferencias entre las curvas de germinación anuales para semillas almacenadas en refrigeración o a temperatura ambiente, ya sean tratadas o no con GA_3 , para semillas de *S. griseus* tipo “roja”.

El hecho de que no existan diferencias significativas entre plantas (especies y tipos) y la falta de interacción se interpretó como que *S. griseus*, tipos “ceniza” y “olla”, así como *E. chiotilla* responden de la misma forma a las condiciones experimentales utilizadas; mostrando, al menos en estos aspectos, semejanza en la estrategia de germinación: no requieren de escarificación química (H_2SO_4) pero sí responden al GA_3 como promotor de la germinación.

Del resultado de las comparaciones múltiples se desprende que la escarificación química con H_2SO_4 (20% y 30%) no representa un tratamiento efectivo en el incremento del porcentaje promedio de germinación, por lo que la cubierta de la semilla no parece ser un impedimento para la germinación. Más aún, la escarificación aplicada de esta forma podría ser perjudicial a la semilla. Si se considera el resultado de las comparaciones múltiples tipo SNK, el promedio de germinación

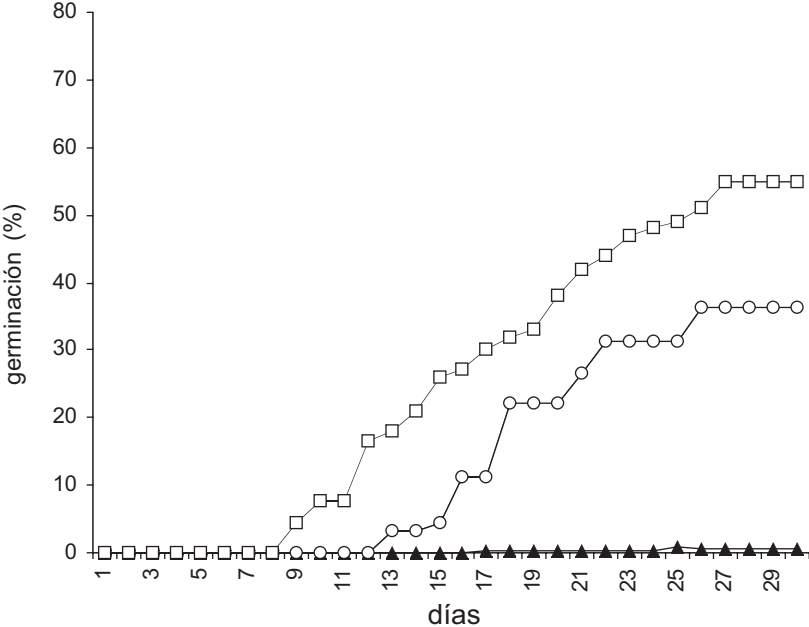


FIGURA 1. Porcentaje promedio de semillas de pitaya “ceniza” germinadas por día: GA₃ 2.5 mg/l (□), GA₃ 1 mg/l (○) y agua (▲).

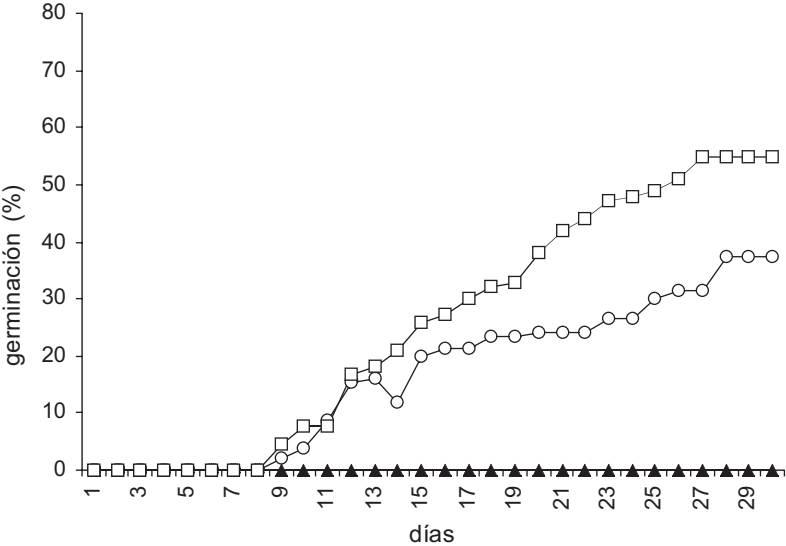


FIGURA 2. Porcentaje promedio de semillas germinadas de pitaya “olla” por día: GA₃ 2.5 mg/l (□), GA₃ 1 mg/l (○) y agua (▲).

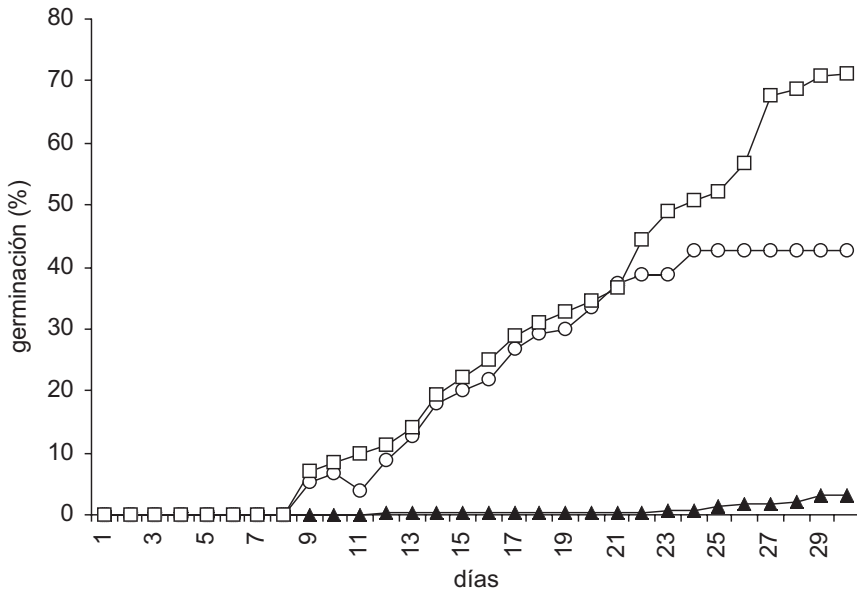


FIGURA 3. Porcentaje promedio de semillas de jiotilla germinadas por día: GA₃ 2.5 mg/l (□), GA₃ 1 mg/l (○) y agua (▲).

del testigo (1.2%) es superior al del tratamiento con H₂SO₄ (0%). Sin embargo, es necesario considerar que por la forma de extracción de las semillas, es probable que hayan sufrido escarificación mecánica durante ella y esto haya permitido que el H₂SO₄ penetrara dañando a la semilla. Debe considerarse la posibilidad de utilizar tiempos más cortos de inmersión, menor concentración o, tal vez, ácido clorhídrico que es el que se produce en el tracto digestivo y que actúa de forma natural durante la dispersión endozoocórica, como ocurre con *S. gummosus*, cuyas semillas aumentan el porcentaje de germinación cuando han pasado por el tracto digestivo de *Melanerpes uropygialis*, ave que consume el fruto (León de la Luz & Domínguez 1991).

Zúñiga *et al.* (2002) encontraron, para *Echinocereus pectinatus*, y *Ferocactus acanthodes*, que el H₂SO₄ al 10 y 20%, incrementaba un poco el porcentaje de germinación, sin embargo, esta diferencia no era significativa con respecto al control. Mientras que Flores-Martínez y Manzanero-Medina (2002) vieron que con H₂SO₄ y HCl concentrados o al 90% sí se incrementaba significativamente el porcentaje de germinación para cuatro especies de *Mammillaria*, pero no así cuando se empleaba HCl al 1% o al 10%.

Con respecto a la acción del GA₃, los resultados muestran claramente una promoción en la germinación reflejada en el incremento del porcentaje promedio, si bien, ya se había observado que la germinación no aumentaba para semillas de tres

meses de edad (Martínez-Cárdenas *et al.* 2003), en esta ocasión y al incrementar la concentración de GA_3 , se alcanzó mayor número de semillas germinadas. Esto concuerda con los resultados de López y Sánchez (1989) y Martínez (1983) que trabajaron con pitaya, sin distinguir tipos. Sin embargo, para otras especies de cactáceas esto no necesariamente se repite, tal es el caso de *Echinocactus platyacanthus* (Quintana & Grajales 1997).

Otro parámetro que indica que la aplicación de GA_3 promueve mejor la germinación, es la velocidad con que se presenta y se puede observar que en todos los casos el regulador de crecimiento incrementa la velocidad de germinación y ésta se inicia antes que en el control. La velocidad de germinación no se consideró para H_2SO_4 porque no ocurrió germinación. Se puede observar que GA_3 en cualquier concentración es mejor que el agua y que GA_3 a 2.5 mg l^{-1} promovió una mayor velocidad de germinación. Independientemente de la concentración y especie, la germinación se inició el día 9 con GA_3 . El 50% se alcanzó sólo en el caso de GA_3 a 2.5 mg l^{-1} , a los 26 días los dos tipos de pitaya, y jiotilla lo logra a los 24 días.

A pesar de la distinción morfológica de los tipos en la pitaya, fisiológicamente no se distinguen en la respuesta germinativa a los tratamientos. Se propone la búsqueda de otros factores para caracterizarlos más ampliamente.

De lo anterior podemos concluir que para las plantas estudiadas no se recomienda la escarificación química con H_2SO_4 , pues no solamente no incrementa el porcentaje de germinación, sino que podría incluso disminuirlo y se recomienda el empleo de GA_3

para promover la germinación e incrementar su porcentaje y velocidad, utilizando una concentración de 2.5 mg l^{-1} .

Agradecimientos

Las semillas fueron donadas por el grupo de Frutas, Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

Literatura Citada

- Armella MA, Yañez-López L, Soriano J & Ramírez RG. 2001. Phenology, postharvest physiology and marketing of pitaya (*Stenocereus griseus*, L.) as a sustainable resource. *Acta Horticulturae* **598**:251-254.
- Arnaud VR, Santiago GP & Benito BP. 1977. Agroindustria de algunos frutos, páginas 79-85. En: Valles-Septién C. (ed.). *Suculentas mexicanas/Cactáceas*. CVS Publicaciones. México.
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. I. UNAM. D.F., México.
- Bregman R. 1988. Forms of seed dispersal in Cactaceae. *Acta Botanica. Neerlandica* **37**: 395-402.
- Conover W J. 1980. *Practical nonparametric statistics*. John Wiley & Sons. New York.
- De la Barrera E & Nobel PS. 2003. Physiological ecology of seed germination for the columnar cactus *Stenocereus queretaroensis*. *Journal of Arid Environments* **53**:297-306.
- Espejel EChR & Granados SD. 1995. Los huertos familiares como sistemas agroforestales en la comunidad de San Juan Epatlán, Puebla. *Revista Chapingo/Ciencias Forestales* **1**:91-95.
- Flores-Martínez A & Manzanero-Medina GI. 2002. Conservación de cactáceas endémicas de Oaxaca, páginas 143-147. En *Memorias del III Simposio Internacional Sobre la Flora Silvestre de Zonas Áridas*. Universidad de Sonora. Hermosillo, México.

- García A & Lasa JM. 1991. *Ensayos de vigor de nacencia: Revisión bibliográfica*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Estación Experimental de Aula. Zaragoza.
- Godínez AR, Carmona AA & Martínez-Cárdenas ML. 2004. Estrategia germinativa anual de *Stenocereus griseus*, página 82. En *Memorias del IX Simposio del Departamento de Ciencias de la Salud: Memorias*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. D.F., México.
- Holdsworth M, Kurup S & McKibbin R. 1999. Molecular and genetic mechanisms regulating the transition from embryo development to germination. *Trends in Plant Science* **4**: 275-279.
- Leon de la LJJ & Domínguez CR. 1991. Evaluación de la reproducción por semilla de la pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) en Baja California Sur, México. *Acta Botánica* **14**:75-87.
- López-Gómez R, Díaz-Pérez JC & Flores-Martínez G. 2000. Vegetative propagation of three species of cacti: Pitaya (*Stenocereus griseus*), tunillo (*Stenocereus stellatus*) and jiotilla (*Escontria chiotilla*). *Agrociencia* **34**: 363-367.
- López GR & Sánchez RP. 1989. Germinación de dos variedades de pitaya *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaum. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **34**:34-40.
- Martínez HE. 1983. Germinación de semillas de *Stenocereus griseus* (Haw.) Buxbaum (pitayo de mayo). *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **28**:51-56.
- Martínez-Cárdenas ML, Carmona AA, Cabrera-Jiménez MC & Varela-Hernández GJ. 2003. Germination studies on *Stenocereus griseus* and *Escontria chiotilla*. *Acta Horticulturae* **598**:39-41.
- Mercado BA y Granados SD. 1999. *La pitaya: biología, ecología, fisiología, sistemática, etnobotánica*. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Naranjo ME, Rengifo C & Soriano PJ. 2003. Effect of ingestion by bats and birds on seed germination of *Stenocereus griseus* and *Subpilocereus repandus* (Cactaceae). *Journal of Tropical Ecology* **19**:19-25.
- Quintana SME & Grajales MO. 1997. Germinación y GA₃ en *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, página 50. En *Memorias del I Congreso Nacional sobre Cactáceas en Honor a Helia Bravo Hollis*. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.
- Rocha-Cortés F, Reyes DA & Escamilla-Hurtado ML. 2003. Desarrollo preliminar de la formulación de una bebida licorosa de jugo de pitaya, página 8. En *Memorias del III Simposio Uso Integral de Productos Alternativos en la Mixteca: Memorias*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México.
- Rojas-Aréchiga M & Vázquez-Yanes C. 2000. Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments* **44**:85-104.
- Rojas-Aréchiga M, Casas A & Vázquez-Yanes C. 2001. Seed germination of wild and cultivated *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central Mexico. *Journal of Arid Environments* **49**:271-287.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México.
- Salisbury FB & Ross CW. 1994. *Fisiología vegetal*. Iberoamérica. México.
- Silva De AAC, Bruno LM, De Oliveira SAD & Nunes RF. 1997. Quebra de dormência de sementes de sucupira-preta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **32**:465-469.
- Zar JH. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall. Englewood Cliff., New Jersey.
- Zúñiga AG, Olivas GM, Licon-Trillo L & Achondo NJA. 2002. Estudio de la evaluación de la germinación de tres especies de cactáceas del norte de México, páginas 166-170. En *Memorias del III Simposio Internacional Sobre la Flora Silvestre de Zonas Áridas*. Universidad de Sonora, Hermosillo. México.

Recibido: julio 2006, aceptado: agosto 2006.

Received: July 2006, accepted: August 2006.

Cactoblastis cactorum en México

Flores-Moreno, Habacuc¹; Mandujano, María C¹& Golubov, Jordan^{2*}

Resumen

Las invasiones biológicas tienen efectos nocivos importantes sobre las poblaciones nativas de flora y fauna. En este trabajo modelamos la distribución potencial del género *Opuntia* en la zona Maya y por consiguiente las zonas donde potencialmente se verán atacadas las poblaciones nativas de *Opuntia* por *Cactoblastis cactorum*. En especial, aquellas especies que han sido documentadas que pueden ser atacadas por la palomilla del nopal en otros países. *C. cactorum* es un fitófago del género *Opuntia* originario de Sudamérica usado como control biológico de *Opuntia* en Australia. A partir de su introducción al Caribe y detección en Florida se esperaba su eventual arribo a México. Usamos ejemplares de herbario y modelado bioclimático para identificar la distribución potencial de especies de *Opuntia* en México. Además, utilizando datos de dispersión publicados predecimos la posible expansión hacia el México continental. Encontramos que las zonas ricas de *Opuntia* que pueden ser afectadas por *Cactoblastis* se encuentran en el altiplano central, sin embargo la presencia de *C. cactorum* en Isla Mujeres, en la Península de Yucatán en donde se encuentran tres especies de *Opuntia* silvestres y posiblemente otras dos cultivadas dan el acceso a *C. cactorum* a las zonas de riqueza de *Opuntia*.

Abstract

Biological invasions have important effects on native flora and fauna populations. In this paper we model the effect of *Cactoblastis cactorum* on native populations of *Opuntia*, especially those that have been known to be attacked previously in other areas outside Mexico. *C. cactorum* is a phytophagous moth native of South America that was used as a biological control agent against *Opuntia* in Australia. It was later introduced in the Caribbean, found in Florida and its presence was expected in Mexico. We used herbarium specimens and bioclimatic modelling to identify potential distribution of *Opuntia* species in Mexico. In addition using data on dispersal of *C. cactorum* we predicted the possible expansion into mainland Mexico. The *Opuntia* rich areas that are affected by *C. cactorum* are concentrated in the central part of Mexico, however the presence of *C. cactorum* was detected in the offshore island of Isla Mujeres in the Yucatán Peninsula where at least two species of *Opuntia* are found, providing access of *C. cactorum* to *Opuntia* rich areas.

Introducción

Las invasiones biológicas han tenido recientemente un impacto importante en los sistemas naturales (Mack *et al.* 2000). Las invasiones biológicas se dan por una oportunidad de nicho, dada por presencia de recursos, ausencia de enemigos naturales y las condiciones ambientales adecuadas (Shea & Chesson 2002). Algunas de las invasiones biológicas han sido asociadas a programas de

control biológico que no han sido adecuados los cuales han causado problemas serios en áreas donde se ha introducido el agente de control (Stiling 2004). De particular importancia para México es la palomilla del nopal *Cactoblastis cactorum* Berg. (Lepidoptera: Pyralidae) nativa de Sudamérica (Argentina, Paraguay, Uruguay y el sur de Brasil) que consume cladodios de especies de la subfamilia *Opuntioideae*. *C. cactorum* fue utilizado exitosamente como control biológico

¹Laboratorio Dinámica de Poblaciones y Evolución de Historias de Vida. Depto Ecología de la Biodiversidad. Instituto de Ecología. UNAM. Apartado Postal 70-275 México, D.F. 04510, México. ²Laboratorio de Ecología, Sistemática y Fisiología Vegetal. Depto. del Hombre y su ambiente UAM-Xochimilco. Calzada del Hueso 1150 México, D.F. 04960, México
*Autor de correspondencia: gfordan@correo.xoc.uam.mx

para varias especies de *Opuntia* (algunas de origen mexicano) en Australia (Dodd 1940) en donde había 30,000 ha infestadas con nopal en 1920 y 25 años después éstas se habían reducido de un 75 a 95% (Ramaley 1940). Los increíbles resultados obtenidos con *Cactoblastis cactorum* hicieron que se llevara a diversas partes del mundo: en 1930 al sur del Sahara (Zimmermann *et al.* 2000), en 1933 a Sudáfrica (Hoffmann *et al.* 1988; Hoffmann *et al.* 1998; Pettey 1948) y Nueva Caledonia, en 1957 de Sudáfrica a Nevis, (Zimmermann, *et al.*, 2000), en Hawaii (Fullaway 1954), 1962 a Montserrat y Antigua desde Nevis, desde donde se dispersa de forma natural a Saint Kitts e ilegalmente a las Islas Vírgenes, E.U.A., en 1963 es encontrada en Puerto Rico en la Isla Desecho (Tuduri *et al.* 1971; Golubov *et al.* 2001), Kenya (1966), después en Haití, República Dominicana, Jamaica y en Cuba en 1980 (Zimmermann *et al.* 2005). También se tiene conocimiento de su dispersión hacia la Isla Caimán (1970), Isla Santa Elena (1971), Isla Ascensión (1973), Pakistán (1994) e Israel (Zimmermann *et al.* 2004; Zimmermann *et al.* 2005). En 1990 es reportada su presencia en los Cayos Florida por Habeck y Bennett (1990).

La palomilla del nopal, es un organismo oligófago, que deposita sus huevecillos en forma de bastones, similares a una espina (120 máximo por bastón, 88 a 188 por hembra) en cladodios jóvenes de nopales que aún no se vuelven leñosos, consumiendo el tejido parenquimatoso y permitiendo la entrada de infecciones que pueden ocasionar la muerte del nopal (Zimmermann *et al.* 2000; Zimmermann *et al.* 2004). La palomilla tiene un poder de dispersión variable, en Australia, Dodd (1940) registró de 16 a 24 km en un periodo de dos años, en Sudáfrica de 3 a 6

km en dos años (Pettey 1948) y en Florida se registraron desde 50 a 70 km por año (Stiling 2000), sin embargo Johnson y Stiling (1998) reportaron que en un año llegó a moverse hasta 200 km en la Florida.

El género *Opuntia* es nativo de México, según Guzmán (2003) representado por 83 especies en el país, de las cuales 55 son endémicas (Golubov *et al.* 2005). Varias de estas especies que fueron llevadas a otros países son susceptibles al ataque de *C. cactorum* (Cuadro 1). Económicamente se puede considerar que México es el primer productor a nivel mundial de nopales, con un volumen de 345,000 toneladas por año y con 70,000 hectáreas de monocultivos (Soberón *et al.* 2001). El valor de los productos derivados del nopal se calcula en \$ 80 mdd y \$30 a \$50 mdd por exportación por año (Soberón *et al.* 2001; Zimmermann *et al.* 2004). Finalmente en el ámbito cultural se sabe que los nopales han intervenido en la vida humana desde hace 14,000 años, se han encontrado restos en cuevas habitadas por humanos en el Valle de Tehuacán (Nobel 2002). Los nopales están plasmados en la iconografía indígena y son encontrados en descripciones hechas por los primeros españoles en el continente americano (Bravo-Hollis 1978).

Por todo lo anteriormente mencionado el movimiento de *C. cactorum* por el Caribe, la Florida y la entrada a México en agosto de 2006 es un enorme peligro para las poblaciones de nopales cultivadas y silvestres del país. El objetivo de este estudio es describir el riesgo que tienen las especies cultivadas del nopal y los posibles vectores que puedan incrementar el riesgo en México continental asociado a la presencia documentada de *C. cactorum* en Isla Mujeres.

Material y método

Se utilizaron bases de datos en formato electrónico provenientes de la REMIB (Red Mundial de Información sobre Biodiversidad), donde se encontraron registros para todas las especies excepto de *O. humifusa*, para las demás especies se encontraron como mínimo once registros para *O. auberi* y como máximo 58 para *O. leucotrichia* (Cuadro 1).

Para la generación de los mapas de distribución de las especies se utilizó el programa Desktop GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Production), los registros de distribución de las especies, 11 capas de variables ambientales (temperatura máxima promedio, temperatura máxima absoluta, temperatura mínima promedio, temperatura mínima absoluta, temperatura absoluta, temperatura media, regiones biogeográficas, precipitación, isothermas media anual, evapotranspiración y edafología, escala 1:1 000 000) y el programa ArcView 3.2. GARP utiliza las capas ambientales y los puntos de presencia de las especies para crear un mapa donde se describa el nicho potencial de las mismas, a través de una relación no azarosa entre los puntos donde se sabe se encuentra la especie y su nicho potencial (Stockwell y Peters 1999). Estos modelos han sido probados anteriormente con buenos resultados en la predicción de la distribución de especies invasoras, de virus y de vectores, entre otros (Komar *et al.* 2005; Peterson 2005). Los mapas generados de las especies fueron recortados en el programa ArcView 3.2 con base a un criterio biogeográfico por ecoregión, dando como resultado el mapa probable de la distribución de las especies. Posteriormente se hizo una suma de los mapas de distribución de las especies de *Opuntia* atacadas por *C. cactorum* en México para conocer la diversidad de dichas especies y estimar las zonas de mayor riesgo.

Resultados

Encontramos que la distribución de las especies mexicanas de nopales atacadas por la palomilla del nopal se ubican principalmente

CUADRO 1. Especies de *Opuntia* atacadas por *Cactoblastis cactorum*, daños que causan (datos extraídos de Zimmermann 2004 y Zimmermann *et al.* 2005), y número de registros obtenidos de la REMIB por especie.

Especie	Daño causado	Número de registros en REMIB
<i>O. dejecta</i>	Alto	48
<i>O. dillenii</i>	Alto	26
<i>O. ficus-indica</i>	Alto	12
<i>O. pilifera</i>	Alto	53
<i>O. streptacantha</i>	Alto	39
<i>O. auberi</i>	Medio	11
<i>O. robusta</i>	Medio	51
<i>O. cochenillifera</i>	Bajo	16
<i>O. humifusa</i>	Bajo	0
<i>O. leucotricha</i>	Bajo	58
<i>O. tomentosa</i>	Bajo	50
<i>O. pubescens</i>	no se sabe	12
<i>O. inaperta</i>	no se sabe	34

en los estados del centro del país y la franja de estados compuesta por Chiapas, Tabasco, Veracruz así como la parte noreste de Oaxaca (Fig. 1). Aún cuando la riqueza de las especies esté concentrada en las regiones mencionadas, también se presentan las especies *O. dillenii*, *O. cochenillifera*, *O. inaperta* y *O. pubescens* susceptibles al ataque de la palomilla en los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Fig. 2), que podrían ser las especies vector de la palomilla. Esto implica que *C. cactorum* cuenta con un puente de especies de *Opuntia* desde el suroeste del país hasta la Altiplanicie mexicana.

Tomando en cuenta el rango de dispersión de la palomilla del nopal y siendo conservadores se puede esperar que: en menos de un año se encuentre en el noreste del estado de Quintana Roo y en el este del estado de Yucatán (Fig. 3A: rango de dispersión 200 km); en dos años en el noreste de Yucatán (Fig. 3B: rango de 60 km) o que en estos dos años solamente llegue a continente en el mismo estado de Yucatán (Fig. 3C: rango de dispersión de 20 km).



Figura 1

FIGURA 1. Mapa de riqueza de las especies de *Opuntia* en México, basado en los datos presentados en el cuadro 1, exceptuando *O. humifusa*. Los colores indican la riqueza de especies.

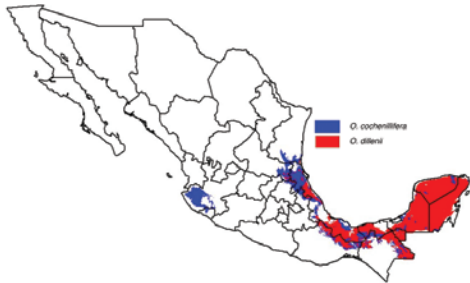


Figura 2

FIGURA 2. Mapa de distribución de *Opuntia dillenii*, y *Opuntia cochenillifera*, especies vectoras de *C. cactorum* que han sido reportadas como hospederas de *C. cactorum* en otros países donde fue introducida *Opuntia*.

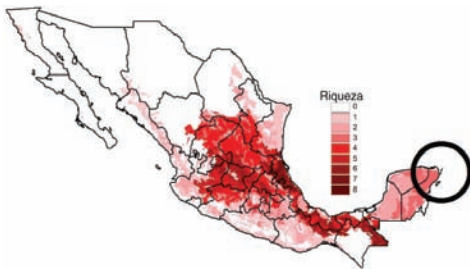


Figura 3A

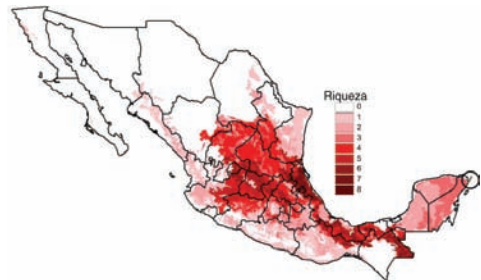


Figura 3B

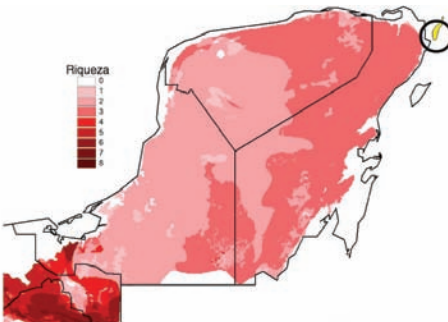


Figura 3C

FIGURA 3. Mapa de riqueza de especies de *Opuntia* en la Península de Yucatán. Los círculos indican el rango de dispersión de la palomilla al continente asumiendo una tasa de dispersión de A) 20 km en dos años registrado en Australia (Dodd 1940), B) con un radio de dispersión aproximado (60 km) de *C. cactorum* registrado en Florida en dos años (Johnson & Stiling 1998 y Zimmerman *et al.* 2004) y C) radio de dispersión aproximado (200 km) de *C. cactorum* registrado en Florida en un año (Johnson & Stiling 1998).

Discusión

La riqueza de especies de nopales atacados por la palomilla esta concentrada en el centro, y centro norte del país y tiende a decrecer hacia la zona sureste, donde solo encontramos tres especies presentes en la Península de Yucatán. Sin embargo estas tres especies se encuentran en el punto de entrada de la palomilla y dos de ellas ya han sido infestadas por *C. cactorum* en otros países. Hay varios factores que deben de ser tomados en cuenta en la toma de decisiones fitosanitarias: 1) pese que la riqueza de las especies de *Opuntia* atacadas por la palomilla se localiza principalmente en el centro del país esto no significa que dichas especies tengan una distribución restringida a dicha región, 2) la palomilla es específica al género y generalista de sus especies (oligófaga) aunque algunas especies en Sudáfrica parecen ser resistentes (por ejemplo *O. microdasys* J. Golubov obs. pers.), 3) con el gran número de especies del género *Opuntia* presentes en el territorio nacional es de esperarse que la palomilla no solo ataque a las especies ya mencionadas sino también a muchas otras (como primera aproximación a las taxonómicamente afines, aunque ha sido observada consumiendo *Cylindropuntia* Perez Sandi y Zimmerman com. pers.), y 4) lo poco estudiado del género *Opuntia*, pese a su importancia en México, hace difícil el trabajo predictivo de daño principalmente por problemas taxonómicos y los pocos datos de su distribución representados en los herbarios.

Desde la Península de Yucatán al centro norte del país son aproximadamente 1500 km de distancia, se esperaría que en máximo 50 años y en un mínimo de siete años y medio la palomilla se encuentre en el centro norte del país, suponiendo que

las condiciones ambientales (naturales o antropogénicas) no cambien significativamente. Es importante resaltar que la palomilla en los diferentes lugares donde se ha distribuido ha respondido de formas muy variadas (dispersión y número de generaciones por año; Johnson & Stiling 1998, Hight *et al.* 2002, Zimmerman *et al.* 2004). Esto posiblemente se debe a que la dispersión se encuentra ligada a factores humanos de transporte de pencas infectadas y el número de generaciones por año depende de las características ambientales específicas de cada sitio. Los diferentes rangos de dispersión reportados nos dan una idea general de dónde se debe hacer un monitoreo extensivo en las poblaciones de nopales, que serían los estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche. Sin embargo hay que considerar los estados aledaños, principalmente Veracruz, Tabasco y Tamaulipas estados contiguos que proporcionan un corredor muy amplio para la dispersión de la palomilla hacia el norte y centro del país además de los estados de Tabasco, Oaxaca y del centro del país que ofrecen un corredor hacia el Pacífico mexicano.

Aunque no sabemos cuál podría ser el impacto preciso a largo plazo de *Cactoblastis cactorum* se esperan pérdidas económicas y biológicas en México, y es alentador considerar que la orografía accidentada del país puede ser una barrera natural en la dispersión de la palomilla a ciertas zonas. Sin embargo el movimiento del nopal verdura, tuna o de otros usos puede ser el vector de la plaga. Esto entonces nos indica que es necesario hacer más estudios de distribución del género *Opuntia*, preferencias de hospedero de la palomilla del nopal por ciertas especies (si es que las tiene) y principalmente estudios sobre su poder de dispersión real tomando en cuenta las condiciones ambi-

entales de México. *C. cactorum* tiene un nicho potencial extenso en México (Soberón *et al.* 2001) pero es de suma importancia conocer qué porción de este nicho potencial realmente puede colonizar.

Literatura Citada

- Bravo-Hollis H. 1978. *Las cactáceas de México*. Tomo I. UNAM. México.
- Dodd AP. 1940. The biological control against prickly pear. Commonwealth Prickly Pear Bulletin. Brisbane, Australia.
- Hight SD, Carpenter JE, Bloem K, Bloem S, Pemberton RW & Stiling P. 2002. Expanding geographical range of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralida) in North America. *Florida Entomologist* **3**:527-529.
- Johnson DM & Stiling PD. 1998. Distribution and dispersal of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae), an exotic *Opuntia*-feeding moth, in Florida. *Florida Entomologist* **1**:12-22.
- Komar O, Robbins MB, Guzmán-Contreras G, Benz BW, Klenk K, Bltivich BJ, Marlene NL, Burkhalter KL, Beckett S, González G, Peña CJ, Peterson AT & Komar N. 2005. West Nile virus survey of birds and mosquitoes in the Dominican Republic. *Vector Borne and Zoonotic Diseases* **5**:120-126.
- Golubov J, Mandujano MC & Soberón J. 2001. La posible invasión de *Cactoblastis cactorum* Berg. en México. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **46**:90-92.
- Golubov J, Mandujano MC & Mandujano F. 2005. Diversidad alfa y beta en *Opuntia* y *Agave*, páginas 221-223. En G Halffter, J Soberón, P Koleff y A Melic (eds.). *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades Alfa, Beta y Gamma*. Monografías tercer milenio. CONABIO, Conacyt, SEA, Grupo Diversitas México. Zaragoza, España.
- Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2003. *Catálogo de cactáceas mexicanas*. CONABIO-UNAM. México.
- Habeck DH & Bennett FD. 1990. *Cactoblastis cactorum* Berg (Lepidoptera: Pyralidae), a Phycitine new to Florida. Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Division of Plant Industry. *Entomology Circular* 333.
- Mack RN, Simberloff D, Lonsdale WM, Evans H, Clout M & Bazzazz F. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications* **10**:689-710.
- Nobel PS. 2002. *Cacti Biology and uses*. University of California. Londres. Inglaterra.
- Peterson AT. 2005. Predicting potencial geographic distributions of invading species. *Current Science* **89**:9.
- Pettey FW. 1948. The biological control of prickly pear in South Africa. Department of Agriculture of the Union of South Africa. *Science Bulletin* **271**:1-163.
- Ramaley F. 1940. Control of Prickly Pear in Australia. *Science* **92**:528-529.
- Shea K & Chesson P. 2002. Community ecology theory as a framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution* **17**:170-176.
- Soberón J, Golubov J & Sarukhan J. 2001. The importance of *Opuntia* in Mexico and routes of invasion and impact of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae). *Florida Entomologist* **84**:486-492.
- Stiling P. 2000. A Worm that turned. *Natural History* **109**:40-43.
- Stiling P. 2004. Biological control not on target. *Biological Invasions* **6**:151-159.
- Stockwell DRB & Peters DP. 1999. The GARP modelling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographic Information Systems* **13**:143-158.
- Tuduri JCG, Martorell LF & Gaud SM. 1971. Geographical distribution and host plants of the cactus moth, *Cactoblastis cactorum* (Berg), in Puerto Rico and the United States Virgin Island. *Journal of the Agricultural University Puerto Rico* **58**:130-134.
- Zimmermann HG, Moran VC & Hoffmann JH. 2000. The renowned cactus moth, *Cactoblastis cactorum*: its natural history and threat to native *Opuntia* floras in Mexico and the United States of America. *Diversity and distribution* **6**: 259-269.
- Zimmermann HG, Bloem S & Klein H. 2004. *Biología, historia, amenaza, monitoreo y control de la palomilla del nopal, Cactoblastis cactorum*. Transcontinental. México, D.F.
- Zimmermann HG, Pérez Sandi M & Bello Rivera A. 2005. *La situación de Cactoblastis cactorum (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) en el Caribe y la posibilidad de su diseminación a México*. IAEA.

Recibido: agosto 2006, aceptado: septiembre 2006.
Received: August 2006, accepted: September 2006.



Erick García Morales

***Mammillaria beneckeii* C. Ehrenb**

Planta cespitosa que por lo general forma grupos de entre 35 a 30 cm de diámetro, aunque en ocasiones pueden ser mucho mayores. Presenta tallos globosos aplanados hasta alargados, de unos 5 a 10 cm de altura y de 4 a 6 cm de diámetro; el ápice se encuentra algo hundido y con frecuencia desplazado lateralmente. Los tubérculos están dispuestos en series espiraladas de 5 hasta 21 tubérculos con una altura de 6 a 9 mm de color verde grisáceo, durante el invierno toman un color rojizo. Espinas centrales ganchudas de 3 a 4 y ocasionalmente 1 o hasta 6, de color café a negras; de 12 a 15 espinas radiales finas, de color blanco o amarillo en la base con las puntas oscuras. Flores de color amarillo hasta anaranjadas, campanuladas alargadas de hasta 25 mm de longitud por 40 mm de diámetro durante la antesis. Los estigmas son de color anaranjado formado de 2 a 5 lobulos con una longitud de 1 a 3 mm, acanalados centralmente. Los frutos son claviformes de 2 a 4 cm de longitud de color rojo o rozado. Las semillas son escasas en los frutos y son globosas de 2 mm de espesor, presentan hilo basal triangular de color blanco, la testa es rugosa, negra y brillante. Esta especie tiene una amplia distribución en México por toda la cuenca del Balsas en Oaxaca, Michoacán, Guerrero, Colima, Nayarit y Sinaloa.

García Morales, Erick

Lab. de Dinámica de Poblaciones y Evolución de Historias de Vida, Instituto de Ecología, UNAM.
Correo electrónico: chaoticat@hotmail.com