



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**Banco de semillas de *Echinocactus platyacanthus* Link y
Otto (Cactaceae) y especies asociadas en una región
semiárida de la Reserva de la Biosfera “Barranca de
Metztitlán”, Hidalgo.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A
JOSÉ VÍCTOR LÓPEZ LÓPEZ



DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARGARITA COLLAZO ORTEGA

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno

López

López

José Víctor

57 56 86 68

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

099170778

2. Datos del tutor

Dra.

Margarita

Collazo

Ortega

3. Datos del sinodal 1

Dra.

Ana Laura

López

Escamilla

4. Datos del sinodal 2

Biol.

Panuncio Jerónimo

Reyes

Santiago

5. Datos del sinodal 3

Dra.

Alicia Enriqueta

Brechú

Franco

6. Datos del sinodal 4

M. en C.

Mariana

Rojas

Aréchiga

7. Datos del trabajo escrito

Banco de semillas de *Echinocactus platyacanthus* Link y Otto (Cactaceae) en una región semiárida de la reserva de la Biosfera “Barranca de Metztitlán”, Hidalgo.

54 p

2006.

Esta tesis se realizó en el Laboratorio de Desarrollo en Plantas, FC-UNAM, como parte del taller “Biología del Desarrollo y Función de Estructuras Reproductoras en Cactáceas.

Agradecimientos

A la Dra. Margarita Collazo Ortega por todo el apoyo y dedicación para dirigir esta tesis.

Al laboratorio de edafología de la Facultad de Ciencias, en especial a la Dra. Norma Eugenia García Calderón por las facilidades prestadas para el uso del material necesario para la toma de muestras.

Al Ing. Salvador Montes por las facilidades prestadas para realizar los estudios dentro de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, asimismo al personal de vigilancia de la Reserva y a la comunidad del municipio de Metztitán por su colaboración durante los muestreos.

A la Dra. Silvia Espinosa Matías por su colaboración en la toma de fotografías de Microscopía Electrónica de Barrido.

A la profesora Anabel Bieler y en general al Laboratorio de Microcine de la Facultad de Ciencias por su ayuda en la toma impresiones fotográficas del material colectado, así como la digitalización de las mismas.

A la M. en C. Laura Patricia Olgún Santos y a la Unidad de Ambientes Controlados por las facilidades otorgadas para la utilización de las cámaras de ambientes controlados y el invernadero de la Facultad de Ciencias.

Al Biol. Jerónimo Reyes Santiago por su apoyo para la realización de los listados florísticos incluidos en este trabajo.

A la M. en C. Mariana Rojas Aréchiga y al Laboratorio de Dinámica de Poblaciones y Evolución de Historias de Vida del Instituto de Ecología por su colaboración en la identificación de semillas de cactáceas.

A la Biol. María Eugenia Muñoz Díaz de León por las facilidades para la utilización del Taller de Plantas I y II.

A los sinodales de esta Tesis Dra. Margarita Collazo Ortega, Dra. Ana Laura López Escamilla, Biol. Jerónimo Reyes Santiago, Dra. Alicia Enriqueta Brechú Franco y M. en C. Mariana Rojas Aréchiga por sus observaciones y recomendaciones sobre esta tesis.

Al laboratorio de desarrollo en plantas.

A mis padres, por sus enseñanzas, paciencia, tiempo y apoyo incondicional, esta tesis está dedicada a ustedes.

A Lucila y Adriana por las aportaciones tecnológicas brindadas para la elaboración de esta tesis y sobre todo por compartir conmigo muchas de las alegrías y tristezas de la vida siempre alentándome a seguir adelante.

A mi familia en general por acompañarme en todo momento.

Al grupo cultural Koanalan Tlapacoyan y en especial a Dulce Yaahid Flores Rentería y Yolanda Rentería por su amistad e invaluable enseñanzas.

A mis amigos de generación, en especial a Roxanna, Rodrigo, Mario y Nico por su compañía y amistad inquebrantable a lo largo de estos 4 años.

A todos muchas gracias.

José Víctor López López

Índice

Resumen.....	8
Introducción.....	8
Antecedentes.....	11
Banco de semillas.....	14
Objetivos.....	21
General.....	21
Particulares.....	22
Área de estudio.....	22
Clima.....	24
Edafología.....	25
Método.....	27
1. Toma de muestras.....	27
2. Procesamiento de las muestras y recuperación de las semillas.....	28
3. Presencia y persistencia en el suelo de semillas de <i>E. platyacanyhus</i>	28
4. Presencia de semillas en ápices y costillas de individuos de <i>E. platyacanthus</i>	29
5. Identificación de las plantas de la zona de estudio.....	29
6. Presencia, persistencia e identificación de semillas de otras especies en el banco del suelo.....	29
7. Germinación y establecimiento de plántulas.....	30
a) Semillas de <i>E. platyacanthus</i> presentes en el suelo.....	30

b) Semillas de <i>E. platyacanthus</i> presentes en ápices y costillas de la planta.....	30
c) Semillas presentes en el suelo pertenecientes a especies diferentes a <i>E. platyacanthus</i>	31
d) Semillas obtenidas de especies de la zona.....	31
8. Pruebas estadísticas.....	31
Resultados.....	32
1. Presencia y persistencia de semillas de <i>E. platyacanthus</i> en el banco del suelo.....	32
2. Presencia de semillas en ápices y costillas de individuos de <i>E. platyacanthus</i>	33
3. Lista de especies de la zona de estudio.....	34
4. Identificación, presencia y persistencia en el suelo de semillas de otras especies.....	36
5. Germinación.....	40
a) Semillas del banco del suelo.....	40
b) Semillas de ápices y costillas de <i>E. platyacanthus</i>	41
c) Semillas obtenidas de frutos de las especies de la zona.....	42
Discusión.....	43
Conclusiones.....	46
Bibliografía.....	47

Resumen

Se estudió la presencia y persistencia de semillas de *Echinocactus platyacanthus* en el paraje Buenavista, Municipio Metztitlán en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán Hgo., para determinar si forma, junto con otras especies de la región, un banco de semillas. Se seleccionaron 2 sitios con abundancia de individuos de *E. platyacanthus*, y se realizaron durante 1 año muestreos de suelo cada 45 días a dos profundidades: 0 – 5 cm y 5 – 10 cm. Se contó el número de semillas por tipo y profundidad, y para el caso de *E. platyacanthus* el número de semillas presentes en el ápice y las costillas del tallo así como el número de frutos libres y enterrados en el ápice del tallo y sus semillas. Se colectaron plantas y frutos de las demás especies presentes en las zonas de estudio para identificar las semillas mediante fotografías en el microscopio electrónico de barrido (MEB). Se realizaron pruebas de germinación, para evaluar la viabilidad de las semillas. Una vez que las semillas germinaron, las plántulas se trasplantaron a tierra y se mantuvieron en invernadero para su mantenimiento. Los resultados indican que *E. platyacanthus* forma parte del banco de semillas en el suelo, sin embargo éste es efímero y poco persistente, también presenta banco de semillas aéreo en plantas en pie, así como en plantas caídas. Se encontraron, además, en el banco del suelo ocho tipos diferentes de semillas, básicamente en la profundidad de 0 – 5 cm, de las cuales se identificaron a *Agave xylonacantha*, *Hechtia podantha*, *Myrtillocactus geometrizans* y *Turnera diffusa*, especies que se encuentran en la región.

Introducción

Las amenazas contra la diversidad y existencia de las cactáceas son permanentes y van en aumento. Aunque no existan estadísticas recientes, por lo menos desde hace tres décadas las actividades humanas han provocado cambios en el uso del suelo y la extracción de plantas de su hábitat (Sánchez-Mejorada, 1978; Anderson *et al.*, 1994). Actualmente continúa ocurriendo una fuerte

expansión de las actividades agrícola, forestal, turística e inmobiliaria. Áreas naturales en donde hasta hace 10 años era impensable o poco probable que fuesen ocupadas por el hombre (Ej. cerros, áreas costeras), ahora están siendo deforestadas o desmontadas para el cultivo, el desarrollo y la actividad ganadera, principalmente de caprinos. Estas actividades han degradado grandes extensiones naturales acelerando el proceso de desertificación en las zonas áridas y, por consiguiente, la destrucción de las poblaciones vegetales de las zonas afectadas (León-Lobos *et al.*, 2003).

Por lo general las poblaciones de especies de cactáceas son poco abundantes, se encuentran aisladas entre sí (Hernández y Godínez, 1994; Godínez-Álvarez *et al.* 2003; Álvarez *et al.*, 2004) y su crecimiento es lento (Freeman, 1969, Hernández y Godínez, 1994; Godínez-Álvarez *et al.* 2003; Álvarez *et al.*, 2004); debido a que el crecimiento y expansión celular dependen en gran medida de la cantidad de agua y cuando este recurso es limitante (como es el caso de las zonas áridas) el crecimiento disminuye debido a un desfase entre la absorción y la pérdida de agua (Hsiao, 1973 y Boyer, 1985 en Frensch, 1997). Si se considera además la problemática a la que están sujetas, se hace imprescindible conocer los diversos aspectos de su biología reproductiva, entre ellos cuál es el mecanismo por el que se preservan sus semillas. Una de estas formas es mantenerse en bancos de semillas por un tiempo determinado antes de su germinación de modo que las poblaciones puedan renovarse.

Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes (2000), Rojas-Aréchiga y Batis (2001), mencionan que, a partir de los pocos trabajos realizados específicamente sobre bancos de semillas en cactáceas, no se puede afirmar de manera rotunda que las cactáceas posean semillas capaces de persistir en el suelo a largo plazo, aunque se ha demostrado la existencia de semillas a corto plazo.

La razón por la que estos bancos no pueden persistir por largos periodos de tiempo se debe a la intensa depredación de las semillas, como lo reporta Montiel

(1999; en Rojas-Aréchiga y Batis, 2001) para *Opuntia rastrera* ya que la mayor parte de las semillas se pierden por depredación durante el primer mes después de su dispersión. Asimismo Bowers (2000) demuestra que las semillas de *Ferocactus wislizeni* son consumidas mes a mes después de su dispersión llegando a perder hasta un 99% de la producción de semillas.

Otros estudios sugieren que las semillas de cactáceas permanecen viables por pocos periodos de tiempo después de su dispersión (Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet, 1998; Esparza-Olguín *et al.*, 2002)

Otro aspecto importante a considerar es la presencia de una reserva de semillas en la planta madre, denominada por Baskin y Baskin (1998) como banco de semillas aéreo y establecen que se forman debido a que los frutos que producen las plantas madre no liberan las semillas al medio de manera inmediata (Lamont, 1991), sino que las retienen por un periodo de tiempo muy variable dependiendo de la especie, esta estrategia es común en ambientes sujetos a incendios y en ambientes áridos sin embargo la funcionalidad de esta estrategia en ambientes áridas no ha sido explicada satisfactoriamente (Günster, 1994). Rodríguez-Ortega y Franco (2001) y Valverde y Zavala-Hurtado (2006) estudiaron este fenómeno, los primeros en el género *Mammillaria* y los segundos en *Mammillaria pectinifera*, llegando a la conclusión de que este tipo de estrategias ayudan a mantener viables las semillas por un periodo de tiempo más prolongado.

Echinocactus platyacanthus es una especie sujeta a protección especial de la cual no existe un plan de manejo, se utiliza para la obtención de acitrón y como ornamental, por lo que se aprovecha directamente de las poblaciones naturales provocando la destrucción de miles de plantas afectando la sobrevivencia de la especie en un futuro próximo (Página en red: INE, 2003).

Es por lo anterior que el presente trabajo aborda el estudio de la presencia de semillas de *E. platyacanthus* en una región semiárida de la Reserva de la Biosfera

Barranca de Metztitlán, Hgo., con la finalidad de determinar si forma parte de un banco de semillas y en su caso, determinar el tipo de banco. Además, de determinar la presencia de semillas en el banco del suelo de especies que viven asociadas con *E. platyacanthus*.

Antecedentes

La familia Cactaceae comprende 4 subfamilias: Pereskioideae, Opuntioideae y Cactoideae (Bravo-Hollis, 1978) y Maihuenioideae (Anderson, 2001). Cuenta entre 1500 y 2000 especies (Bravo-Hollis y Scheinvar 1995). En México se encuentran 52 géneros (47% de la familia) y 850 especies (42% de la familia) (Arias, 1993); de las cuales el 73% son endémicas a nivel genérico y el 78% a nivel específico (Hernández y Godínez, 1994).

Arias *et al.* (2005), en base al trabajo de Guzmán *et al.* (2003), redujeron a 239 especies mas 16 subespecies el listado de las cactáceas presentes en la NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT, 2002). Cada cactácea se encuentra en una categoría de la norma, y la mayoría de ellas en el apéndice II de la Convención Sobre el Tráfico Internacional de Especies Silvestres de Flora y Fauna Amenazadas; CITES por sus siglas en inglés (Inskeep y Gilliet, 2003.), que incluye todas las especies que pueden no estar en peligro de extinción hoy en día pero que pueden llegar a estarlo a menos que su comercio sea regulado estrictamente. En el apéndice I de la CITES (que incluye todas las especies en peligro de extinción que pueden o no ser afectadas por el comercio ilegal) se encuentran otras especies sujetas a regulación para que el comercio de determinadas especies sea controlado, por ejemplo, especies que se parecen físicamente.

En México las zonas áridas se encuentran distribuidas dentro de los desiertos Sonorense y Chihuahuense, el primero ocupando la mayor parte de la península de Baja California y Sonora, mientras que el desierto Chihuahuense abarca Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, parte de Tamaulipas, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí. Al sur de este extenso territorio hay dos áreas más pequeñas pero muy significativas por el número de cactáceas que albergan y son los valles íntermontanos de Metztitlán, Zimapán y el Río Estórax entre Hidalgo y Querétaro y la zona de Tehuacán-Cuicatlán, entre Puebla y Oaxaca (Arias, 1977). González-

Medrano (com. pers.) establece que el desierto Chihuahuense se extiende hasta estas zonas.

En Hidalgo se localiza la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán que, entre otros tipos de vegetación, presenta matorral xerófilo en el que predominan asociaciones de cactáceas y especies de otras familias (Jiménez-Sierra y Jiménez-González, 2002).

Las plantas de zonas áridas presentan adaptaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas para vivir en el medio árido como son: pérdida de hojas en temporada de sequía, reducción de hojas a espinas, raíces profundas para llegar a los mantos freáticos o superficiales y horizontales para captar el agua de rocío o de lluvias ocasionales, ciclos de vida cortos (anuales) o presencia de lento crecimiento como en las cactáceas, y en el caso de las suculentas un metabolismo tipo ácido de las crasuláceas (CAM por sus siglas en inglés) (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000).

De acuerdo con Bravo-Hollis y Scheinvar (1995) las cactáceas pueden ser arbóreas, arbustivas, rastreras o epífitas, suculentas, más raramente leñosas (*Pereskia*). A veces están formados por cladodios superpuestos (opuntias), tallos globosos o columnares pero con dos características siempre presentes: los tubérculos (los cuales corresponderían a la base de la hoja hipertrofiada) que a veces se disponen en costillas, y las aréolas (meristemas productores de flores y a veces de raíces y nuevos tallos) redondeadas y provistas de borlas de apretados pelos sedosos y blanquecinos. Las aréolas se desarrollan en la axila de los tubérculos, pero en muchas especies se desplazan hacia el ápice; son más o menos redondeadas y producen nuevos tallos y flores, además de espinas, así como fieltro, lana y glóquidas o ahuates. Sólo en los géneros más primitivos como *Pereskia*, *Quiabentia* y *Pereskiopsis* existen hojas integradas por limbo y pecíolo; en todas las demás el pecíolo se ha hipertrofiado en un tubérculo en tanto que el limbo (porción laminar de la hoja) se ha reducido a una escamita o a vestigios

microscópicos. Las espinas son consideradas como hojas modificadas, reducidas por la acción del medio seco, en donde los tejidos se atrofian y parte de ellos se esclerifica, aunque persisten los vasos conductores de agua que se condensan en la superficie. Pueden ser finas como agujas o muy gruesas; cilíndricas o aplanadas; rectas, curvas o retorcidas; muy pequeñas, como de 1 mm de longitud, o muy largas, hasta 30 cm; rígidas o flexibles; su color varía desde el blanco hasta el negro, pasando por tonalidades amarillentas, morenas o rojizas. Algunas están cubiertas por una vaina papirácea, completa o incompleta, de origen epidérmico. En la subfamilia Opuntioideae hay glóquidas o ahuates retrobarbados. Muchas veces hay dos tipos de espinas en una misma aréola: radiales y centrales. Las flores brotan de las aréolas cercanas al ápice de los tallos, en corona o hileras longitudinales. Constan de receptáculo (pericarpelo), que además de englobar al ovario se extienden hacia arriba, integrando un tubo más o menos largo, con podarios, aréolas y escamas; en la parte superior del receptáculo se producen, en series espiraladas, los tépalos (pétalos y sépalos no bien diferenciados unos de los otros), que integran el perianto; los estambres se forman en las paredes internas del tubo receptacular; el pistilo o estilo, a continuación del ovario, queda rodeado por los estambres, y es más o menos largo; a veces sobresale de la corola. En general, en los frutos de las cactáceas interviene no sólo el ovario propiamente dicho, sino el pericarpelo, ambos integrados. Por las modalidades de las estructuras del pericarpelo (tubérculos, aréolas, lana, espinas y escamas) o por la reducción de ellos, el fruto tiene aspecto muy diverso. Pueden ser secos y dehiscentes, pero en la mayoría de los casos son carnosos y no se abren. En los frutos existe una cantidad grande de semillas que varía según los géneros y las especies. Las semillas son generalmente pequeñas, de 1 a 2 mm de longitud, pero en las especies más primitivas llegan a medir hasta medio centímetro. Tienen formas diversas: globosas, discoides, reniformes, ovoides, y son de colores que varían del negro al crema, pasando por tonalidades pardas, castañas o con tintes rojizos. Están integradas por el embrión, las cubiertas protectoras (testa y tegmen) y, a veces, restos de substancias nutritivas. El embrión tiene dos cotiledones grandes o pequeños, según los géneros más o menos primitivos.

Banco de semillas

El banco de semillas del suelo está formado por las semillas viables no germinadas presentes en él, ya sea enterradas, depositadas sobre la superficie o mezcladas en la capa de hojarasca y humus. Cada banco tiene dimensiones espaciales y temporales propias. Las semillas se dispersan horizontal y verticalmente, reflejando su dispersión inicial y sus movimientos una vez que se encuentran en el suelo. Frecuentemente hay gran cantidad de semillas latentes en la mayoría de los suelos debido a que las comunidades vegetales están compuestas por un componente real y otro potencial, la primera representada por los individuos presentes en el área y la segunda por las semillas y propágulos presentes en el suelo (Granados y López, 2001), su número depende de factores como la historia, la diversidad y la dinámica de la vegetación que cubre cada suelo. El tiempo que las semillas de una especie de planta determinada permanecen latentes en el suelo antes de germinar, morir o ser atacadas por parásitos o depredadores está determinado por factores fisiológicos innatos y por las condiciones ambientales del lugar. Los bancos de semillas de diferentes especies varían en duración, de temporales a persistentes. En los primeros su duración corresponde al periodo de diseminación de una cosecha de semillas, en los segundos las semillas latentes de una especie se encuentran en el suelo la mayor parte del año (Simpson *et al.*, 1989).

Grime (1989) menciona algunos trabajos que relacionaron a los bancos de semillas con la fisiología de la germinación como los de Went (1949) sobre el efecto de la lluvia y la temperatura sobre la germinación y crecimiento de plantas del desierto; el de Wesson y Wareing (1969) sobre el efecto de la luz en la germinación de poblaciones de semillas de maleza enterradas y el de Vegis (1974) sobre la latencia de semillas de angiospermas. También menciona que hasta la década de los años 70' aún era frecuente la falta de interacción de los estudios ecológicos con la fisiología de la germinación. Todos aquellos fenómenos

fisiológicos que son esenciales para comprender el banco de semillas como la postmaduración, los requerimientos de temperatura y luz, las fluctuaciones de temperatura y la latencia, entre otros aspectos, fueron objeto de estudio intensivo por parte de los fisiólogos de la germinación antes de haberse desarrollado una clasificación de los bancos de semillas.

Harper *et al.* (1977, citado por Brechú, 1994), tuvieron un papel muy importante en el desarrollo del tema. Este trabajo junto con el de Grime (1982) incluyen muchas consideraciones en el contexto de los bancos de semillas del suelo y en específico se refieren a la producción de semillas, depredación, dispersión y supervivencia del banco de semillas y germinación.

Grime (1989) señala como contribuciones especialmente notables en cuanto a bancos de semillas a la de Milton (1939), Gómez Pompa (1967) y Marks (1974), quienes reconocen que la presencia de una reserva de semillas latentes confiere el potencial para la recuperación de la población después de una perturbación de la vegetación establecida.

El estudio de los bancos de semillas comprende diversos aspectos sobre su biología, incluyendo investigaciones sobre la distribución espacial de las semillas enterradas hasta los intentos para estimular su germinación y sus consecuencias evolutivas (Templeton y Levin 1979, citados por Baker *et al.*, 1989).

El estudio de las semillas que forman parte de un banco en el suelo ha cobrado gran interés por la información que aportan para los trabajos sobre comunidades vegetales relacionados con estrategias del ciclo de vida de las especies, la demografía de las plantas, y la dinámica de la vegetación y la conservación de las especies.

Las semillas recién diseminadas tienen tres destinos diferentes en el suelo: 1) su pronta germinación después de su llegada al suelo; 2) entrar en un periodo de

quiescencia o latencia que dura hasta que las condiciones ambientales sean apropiadas para la germinación, y, 3) la muerte por envejecimiento natural o por la acción de parásitos o depredadores (Crist, 1993; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

En el ciclo de vida de toda angiosperma se presentan 2 fases principales (Grime, 1982): a) la fase establecida, que se caracteriza por el crecimiento y la maduración de la planta que produce a las semillas, y b) la fase regenerativa, que inicia desde la diseminación de las semillas hasta la germinación de las mismas y el establecimiento de la plántula. En la fase regenerativa, todas las semillas viables de una planta desprendidas en un tiempo determinado pueden constituir un banco de semillas, que incluiría a todas aquellas unidades localizadas por encima o por debajo de la superficie del suelo (Thompson y Grime, 1979). Una vez que las semillas se han dispersado y entran en contacto con el suelo, el comportamiento del banco se ve afectado por la interrelación de los procesos bioquímicos en las semillas y los factores ambientales del suelo, en donde ambos contribuyen con sus propios patrones y restricciones (Brechú, 1994).

De acuerdo con Grime (1982), los bancos de semillas pueden dividirse en 2 grandes tipos:

a) Bancos transitorios: se caracterizan porque la mayoría de las semillas (si no es que todas) germinan poco después de su liberación y por lo tanto no logran permanecer en el suelo por más de 1 año. Las especies pertenecientes a bosques tropicales primarios generan semillas que son recalcitrantes, las cuales deben germinar en un corto periodo de tiempo, por lo que si estas semillas forman parte de un banco de semillas en el suelo es de manera transitoria (Reigosa *et al.*, 2004)

b) Bancos persistentes: se caracterizan porque muchas semillas permanecen por más de 1 año en el suelo sin germinar y después de un cierto lapso, bajo condiciones propicias, logran germinar y emerger como plántulas. Por lo general estos bancos constan de semillas enterradas; se pueden detectar en todo momento en el hábitat durante el año y puede representar una acumulación de

muchos años. Son característicos de comunidades vegetales a zonas de laboreo agrícola, de brezales, de chaparral o de tierras encharcadas, sin descartar aquellas pertenecientes a especies de los primeros estadios de la sucesión vegetal y que colonizaron en primer lugar el ecosistema en cuestión (Reigosa *et al.*, 2004).

En el campo no todas las semillas germinan en el periodo en el cual se presentan las condiciones ambientales adecuadas. En particular, en aquellas especies que forman parte de bancos persistentes, la inhibición de la germinación es un prerrequisito para sobrevivir y es una parte indispensable del patrón de cambios anuales en la latencia (Karssen, 1982).

Generalmente se asume que si las semillas tienen un tamaño grande tendrán una longevidad más extendida que aquellas de pequeño tamaño, debido a que comúnmente se relaciona el tamaño con una mayor cantidad de reservas. Sin embargo la muerte de las semillas está más relacionada con la falta de las enzimas necesarias para metabolizar las reservas, o bien por fallas en el mecanismo de reparación del DNA (Baker, 1989). Así la longevidad de las semillas estará dada por la eficacia de la maquinaria enzimática de las células del embrión, más que por el tamaño.

Gracias a la latencia, la población de semillas puede distribuir su germinación a través del tiempo e incrementar las oportunidades de que algunas semillas germinen con éxito y completen su ciclo de vida después de un cierto lapso, lo que es necesario para que se de una adecuada distribución de los recursos existentes en el área, además de evitar la competencia por luz, agua, nutrientes y espacio.

Aunque el significado funcional de un banco de semillas varía en sus detalles de acuerdo con las especies y situación ecológica, se encuentran los mismos problemas básicos cuando se intenta descubrir como se originó el banco y su relación con el establecimiento de las plántulas. En primer lugar, es necesario

descubrir el mecanismo por medio del cual se entierran las semillas. En segundo lugar, es preciso identificar los factores que impiden la germinación justo antes de que se entierren y durante su periodo de supervivencia en el terreno. En tercer lugar, como muchas semillas parecen germinar en lugares y momentos propicios para el establecimiento de plántulas, es de considerable interés examinar los mecanismos que desencadenan la germinación de las semillas enterradas (Grime, 1982).

Se ha observado la presencia de grandes bancos de semillas en regiones sometidas a fuegos intermitentes en tipos de vegetación compuestos por arbustos y herbáceas, así como en praderas y pastizales inundables (Grime, 1982).

Se han realizado muy pocos estudios sobre bancos de semillas en cactáceas. En las revisiones realizadas por Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes (2000) y Rojas-Aréchiga y Batis (2001) se plantea que para que las semillas puedan formar bancos en el suelo y persistir en él durante un tiempo determinado es necesario que presenten las siguientes características fisiológicas que les permitan mantenerse viables bajo condiciones naturales, así como características ecológicas y morfológicas:

1) Tener un requerimiento de la luz para germinar.

El fotoblastismo es un elemento determinante para la formación de bancos de semillas en el suelo, ya que las semillas que presenten un fotoblastismo positivo no germinarán a menos que se encuentren enterradas a pocos centímetros de profundidad del suelo, por lo tanto, si se encuentran profundamente enterradas tendrán más posibilidades de formar un banco de semillas persistente. La combinación del factor luz con el factor temperatura influyen en la permanencia de las semillas en el banco (Pons, 1984)

2) Tener un tamaño pequeño.

El tamaño de las semillas podría influir de manera tal que a mayor tamaño menor será el fotoblastismo, como plantean Reigosa *et al.* (2004) con respecto a que las semillas mas grandes a menudo son producidas por especies que se desarrollan en ecosistemas sombríos; estas semillas son capaces, en general, de emerger desde lugares muy profundos del suelo y en este caso la luz deja de ser un factor regulador de la germinación por lo que las semillas tenderán a ser indiferentes a las condiciones lumínicas. Thompson *et al.* (1993) mencionan que un menor tamaño de la semilla les facilita pasar inadvertidas por los depredadores, por lo que éste es un factor que determina la persistencia física de las semillas en el banco. Guo *et al.* (1999) establecen que existe una relación entre el tamaño de las semillas y el número de éstas presentes en un banco en el suelo, mencionan que especies cuyas semillas son de tamaño pequeño presentan bancos muy grandes, aunque también pueden presentar bancos con pocos individuos, mientras que las que poseen semillas de mayor tamaño tienden a tener un menor número de representantes en el banco puesto que es más difícil que sean enterradas y están más expuestas a la depredación.

3) Requerir de un periodo de postmaduración para germinar.

Hay muchas semillas que al desprenderse de la planta progenitora deben pasar aún por un periodo de maduración en el que ocurren cambios bioquímicos en el interior de las células del embrión, así que hasta que estos cambios se produzcan el embrión no podrá continuar su desarrollo aunque esté en condiciones ambientales favorables (Vázquez-Yanes y Orozco Segovia, 1996).

4) Tener longevidad ecológica

Se refiere a la viabilidad de las semillas, por lo que si unas semillas van a formar parte de un banco, tienen que ser viables para que el banco tenga funcionalidad. (Thompson y Grime, 1979; Baskin y Baskin, 1998).

Bowers (2000) reporta estas características para las semillas de *Ferocactus wislizeni* y concluye que éstas son potenciales formadoras de bancos de semillas interanuales, pudiendo sobrevivir en el suelo durante 18 meses, sin embargo éstas no se encuentran presentes en el suelo debido a la intensa depredación de que son objeto. Mandujano *et al.* (1996) proponen que las semillas de *Opuntia rastrera* forman parte del banco de semillas ya que presentan un tipo de latencia innata y a que aumenta el porcentaje de germinación conforme el periodo de almacenamiento es mayor. Las semillas de *Stenocereus griseus* permanecen en el suelo por lo menos 4 meses antes de germinar y las de *Opuntia lindheimeri* presentan porcentajes de germinación más altos conforme permanecen almacenadas por más tiempo (Potter *et al.*, 1994; citados por Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000; Silviu, 1995).

La composición del banco de semillas en el desierto consiste principalmente de plantas anuales, considerando su biomasa y número de semillas, constituyen el 95 % del total. Las semillas en los suelos del desierto se distribuyen principalmente cerca de la superficie (Brown *et al.*, 1979; Inouye, 1991; Kemp, 1989).

En las revisiones de Rojas-Aréchiga y Batis (2001) se establece que las cactáceas no son capaces de formar bancos de semillas en el suelo a largo plazo, aunque han demostrado la existencia de semillas en bancos a corto plazo (De Viana, 1999 en Rojas-Aréchiga y Batis, 2001; Montiel 1999 en Rojas-Aréchiga y Batis, 2001; Bowers, 2000); esto puede deberse, como en el caso del estudio de Montiel 1999 en Rojas-Aréchiga y Batis (2001) y Bowers (2000), a la intensa depredación de que son objeto las semillas después de su dispersión.

Baskin y Baskin (1998) hacen referencia a otra importante reserva de semillas que se encuentra atrapada en los frutos retenidos en la planta madre conocida como banco de semillas aéreo, que tal como citan Rodríguez-Ortega y Franco (2001) y Valverde y Zavala-Hurtado (2006) para el género *Mammillaria*, ayudan a mantener viables las semillas por un periodo más prolongado de , contribuyendo así a alargar la longevidad de las semillas y aumentar sus posibilidades de germinar y establecerse en un futuro. Lamont (1991) utiliza el término *serótin* para definir a las plantas que retienen las semillas en la planta madre dentro del fruto, que el mismo define también como banco aéreo de semillas.

Es importante reconocer y valorar la presencia de una reserva persistente de semillas en el suelo tiene importantes consecuencias ecológicas en la dinámica de las poblaciones vegetales, entre las que cabe destacar el reclutamiento de nuevos individuos que regeneren la población y la flexibilidad en la capacidad de respuesta a perturbaciones ecológicas (Ferrandis, 2001, página en red; Luzuriaga *et al.*, 2005). Esta información permitirá tomar acciones más concientes para lograr la conservación de estas especies, en especial de *Echinocactus platyacanthus* que se encuentra incluida dentro de la categoría Pr (sujeta a protección especial) dentro de la **NOM-059-ECOL-2001** (SEMARNAT, 2002); así como en el apéndice II de la CITES (Inskeep y Gilliett, 2003).

Objetivos

General

Determinar la existencia de un banco de semillas en una región semiárida de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, con dominancia de *E. platyacanthus* y, en su caso, caracterizarlo.

Particulares

- Determinar si *E. platyacanthus* forma parte del banco de semillas y, en su caso, a que tipo pertenece.
- Determinar la presencia en el suelo de semillas de especies diferentes a *E. platyacanthus*.
- Determinar la variación estacional en el banco de semillas de *E. platyacanthus* y de otros tipos de semillas presentes en el banco.

Área de estudio

En la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán se seleccionó una región donde hubiera abundancia de individuos de *E. platyacanthus*, localizada en la zona Venados, paraje Buenavista, Municipio de Metztitlán (Fig. 1). En la zona se eligieron 2 sitios: I ($20^{\circ} 29.03'N$, $98^{\circ} 41.14'O$) que presenta pendiente con inclinación de aproximadamente 22° (Fig. 2a); II ($20^{\circ} 28'N$, $98^{\circ} 41'O$) con una pendiente pronunciada de aproximadamente de 45° (Fig. 2b).

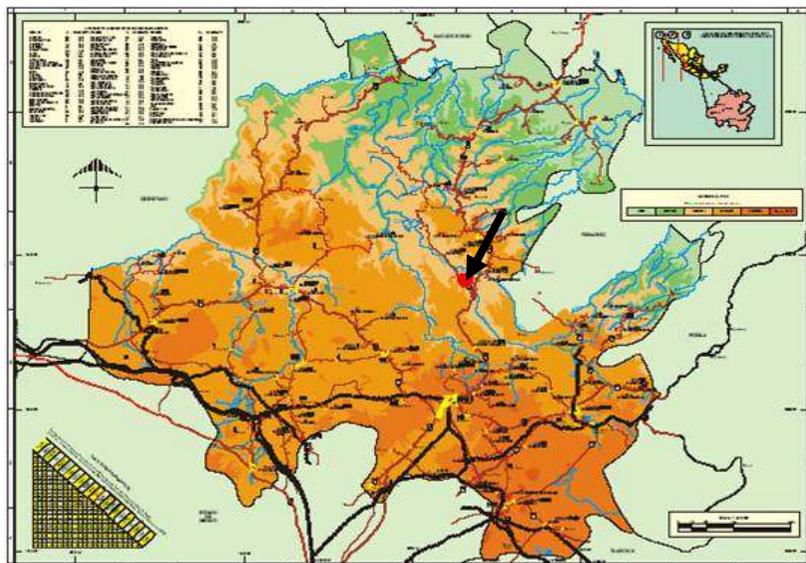


Figura 1: Mapa del estado de Hidalgo. El punto rojo representa la ubicación de los sitios de estudio en el estado.



Figura 2. Sitios de estudio; a) Sitio I con baja pendiente (22° aprox.), b) Sitio II con pendiente pronunciada (45° aprox.)

La reserva se ubica al centro este del Estado de Hidalgo, que incluye los municipios de Acatlán, Atotonilco el Grande, Eloxochitlán, Huasca de Ocampo, Metepec, Metztitlán, San Agustín Metzquititlán y Zacualtipán de Ángeles (Fig. 3), Integra una superficie de 2'090,512 ha y se localiza entre los 19°35'52" y 21°25'00" N y los 97°57'27" y 99°51'51" O (CONANP, 2003.). Se ubica en la región hidrológica número 26 del río Pánuco, presenta gradientes altitudinales que van desde los 1000 hasta los 2000 msnm y es hábitat de un conjunto de ecosistemas frágiles de zonas áridas que contienen una gran riqueza en flora y fauna silvestre de importancia biológica, científica, económica, social y cultural.

Está localizada al occidente de la Sierra Madre Oriental y al norte del Eje Neovolcánico, en una cuenca aislada física y climáticamente de otras regiones similares del altiplano mexicano. Su clima cálido y seco, donde contrasta con las zonas contiguas más húmedas, es el resultado del efecto denominado “sombra de lluvia” provocado por la presencia de la Sierra Madre Oriental, en cuyas laderas se condensa y precipita la humedad del aire proveniente del Golfo de México, de tal suerte que cuando éste alcanza el altiplano ya ha perdido casi toda su humedad (Jiménez-Sierra y Reyes-Santiago, 2003). Aquí se desarrolla un matorral Xerófilo

Crasicaule con dominancia del órgano *Isolatocereus dumortieri*, el garambullo *Myrtillocactus geometrizans* (Jiménez-Sierra y Jiménez-González, 2002), y la biznaga gigante *Echinocactus platyacanthus* (Sánchez, 1968; González y Sánchez, 1972) así como de *Prosopis laevigata* (mezquite) y *Senna wislizeni* (Sánchez, 1968 González y Sánchez, 1972; Jiménez-Sierra y Jiménez-González, 2002).

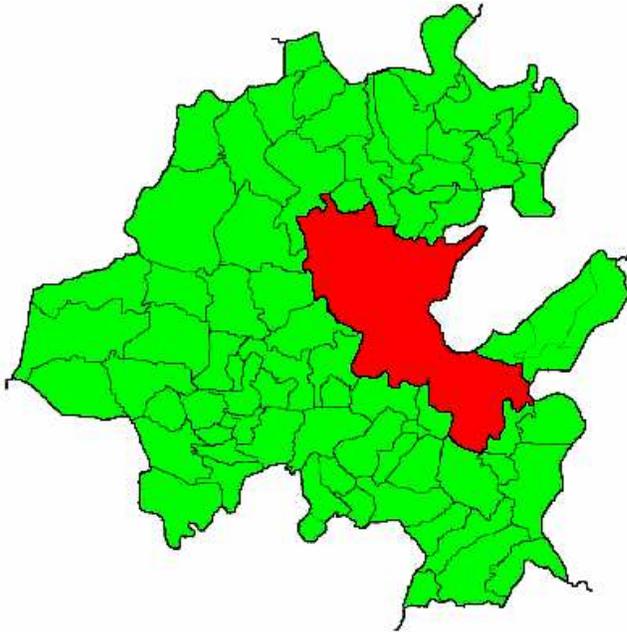


Figura 3. Mapa del estado de Hidalgo. Se indica en rojo la región donde se localiza la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán.

Clima

Sánchez (1968) y Jiménez-Sierra y Jiménez-González (2002) reportan los siguientes climas para la zona de estudio, basándose en la clasificación de Köppen modificado por García (1964, citado por Sánchez, 1968):

Zona de Venados y El Tajo

BS h w' (w) (e) g

Esta fórmula nos indica que se trata de clima seco, semicálido con temperatura media anual entre 18° y 22° C, con la temperatura media del mes más frío debajo de 18° C con un régimen de lluvia en verano, con dos estaciones lluviosas separadas por una temporada seca en el verano y una muy marcada en

el invierno, con precipitación del mes más húmedo 10 o más veces superior a la del mes más seco, siendo el mes más caliente antes del solsticio de verano.

Edafología

Se reportan nueve unidades de suelo: litosol, rendzina, regosol, fluvisol, feozem, vertisol, cambisol, luvisol y planosol, dominando las seis primeras (CONANP, 2003).

***Echinocactus platyacanthus* Link y Otto (1827)**

Tallo globoso, subgloboso, gruesamente columnar hasta toneliforme, simple o cespitoso de 0.5 m a 2.0 m de alto y 0.4 m a 0.8 m de ancho, verde oscuro o algo glauco, presentando, en las formas jóvenes, bandas horizontales de color rojizo purpúreo; apéndice hundido, llevando abundante lana amarilla que forma una amplia zona lanosa circular o más o menos elíptica. (Arias *et al.*, 1997); costillas gruesas y duras, cuyo número aumenta con la edad, de 5 a 8 en las formas juveniles hasta alrededor de 60 en las formas columnares viejas, con vértice agudo, con la base más o menos ancha y los surcos intercostales profundos. Aréolas, en los ejemplares jóvenes distantes entre sí de 1 a 3 cm, en los ejemplares adultos contiguas o confluentes, circulares hasta elípticas, de unos 12 mm de diámetro, las del apéndice con abundante lana amarillenta, las restantes más o menos glabras. Espiración variable en relación con la edad de la planta, todas las espinas grandes y gruesas, subuladas o más o menos aplanadas, estriadas transversalmente, al principio amarillentas hasta con tintes rojizos, después más o menos castañas y al final negruzcas. Espinas radiales, en los ejemplares jóvenes 8 a 10, dispuestas cuatro arriba y cuatro debajo de la aréola, de 3 a 4 cm de longitud, frecuentemente una superior y otra inferior dirigidas hacia arriba y hacia abajo, las demás largas, rectas, una que otra, a veces un poco ganchuda, horizontales y laterales, con el tiempo se reducen en número hasta desaparecer. Espina centrales 4 dispuestas en cruz, a veces por

reducción 3 o hasta 1, de 5 a 10 cm de longitud, la inferior y a veces la superior generalmente más largas, más o menos aplanadas y con la base algo engrosada, rectas o algo curvas, estriadas transversalmente, las 2 laterales más o menos horizontales, la inferior dirigida hacia abajo, la superior porrecta, con el tiempo se atrofian pudiendo reducirse a una sola. Flores numerosas emergiendo entre la lana del ápice, diurnas abriéndose ampliamente, de 5 a 7 cm de diámetro, de color amarillo intenso, pericarpelo y región receptacular indiferenciados, formando un todo obcónico, de paredes gruesas; la región pericarpelar de alrededor de 2 cm de longitud y 1.2 cm de diámetro, provista de numerosas escamas angostamente lineares y largamente acuminadas, con la extremidad escariosa, de 7 a 12 mm de longitud, con abundantes pelos axilares sedosos, de 3 a 4 cm de longitud, de color blanco amarillento; región receptacular muy corta, de paredes gruesas, las dos terceras partes inferiores con escamas semejantes a las del pericarpelo, el tercio superior con numerosas escamas angostamente triangulares, de cerca de 15 mm de longitud, coriáceas acuminadas, con lana axilar, en transición con los segmentos exteriores del perianto; segmentos exteriores del perianto numerosos, anchamente oblancelados, coriáceos de alrededor de 1.5 cm de longitud, acuminados, con el margen dentado; segmentos interiores del perianto también numerosos, espatulados con el ápice apiculado o dentado y el margen dentado, de color amarillo intenso, cavidad del ovario ovoide, de 6 mm de diámetro, con óvulos numerosos provistos de funículos ramificados; nectario en torno a la base del estilo de cerca de 1 cm de longitud; estambres muy numerosos, filamentos amarillos, anteras de color amarillo cromo; estilo grueso, de 3 a 3.5 cm de longitud, amarillento, estriado longitudinalmente, lóbulos del estigma 10 a 12, de unos 8 mm de longitud, amarillos. Fruto seco, largamente oblongo, de 5 a 7 cm de longitud, amarillento con escamas numerosas, angostamente lineares, escariosas, con lana y pelos axilares que cubren la pared del fruto; conserva adheridos los restos secos del perianto. Semillas de alrededor de 2.5 mm de longitud; testa negra, brillante, con ornamentación celular, hilo basal lateral, micrópilo pequeño próximo al hilo. Estas plantas crecen lentamente y pasan muchos años (cerca de un siglo) para adquirir su forma columnar o de tonel, pudiendo alcanzar hasta 3

metros de altura (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991). Es una especie endémica de México y se encuentra en los estados de Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas (Guzmán *et al.*, 2003). Florece entre Junio y Septiembre (Arias *et al.*, 1997; Guzmán *et al.*, 2003). El fruto queda atrapado por un tiempo en la lana del ápice, por lo que es posible coleccionar semillas casi todo en año.



Figura 2. Individuo de *E. platyacanthus* presente en la región

Método

1. Toma de muestras

En base al método propuesto por López (2002), en cada sitio se marcó un cuadrante de 100 m², subdividido en 10 subcuadrantes de 10 m² cada uno (Fig. 6).

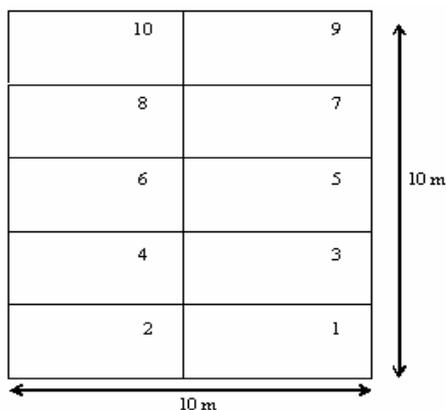


Fig. 6 Marcaje del cuadrante principal y los subcuadrantes.

De Septiembre de 2004 a Diciembre de 2005 se realizaron 9 muestreos, cada 45 días, cada vez en 5 subcuadrantes elegidos al azar (López, 2002) y en cada uno se tomaron, con un nucleador de suelos tipo “sand auger” (10 cm de diámetro por 20 cm de altura muestras de suelo), muestras de suelo superficial (0-5 cm) y suelo profundo (5-10 cm) de acuerdo a Thompsom y Grime (1979), posteriormente, con etiquetas de plástico, se marcó el lugar de donde se tomó la muestra. Las muestras se guardaron en bolsas de plástico debidamente etiquetadas, y se transportaron al Laboratorio de Desarrollo en Plantas de la Facultad de Ciencias, UNAM, para su procesamiento.

2. Procesamiento de las muestras y recuperación de semillas

En cada muestreo los suelos por estrato y localidad se homogeneizaron. Para la recuperación de las semillas se utilizó la técnica de flotación descrita por González (1986), que consiste en vaciar el contenido de la muestra de tierra en un recipiente que contiene 5 L de agua en la que se disuelven 50 mL de silicato de sodio, el cual tiene la función de incrementar la densidad de la solución facilitando así la flotación de las semillas. El material flotante se recuperó por medio de coladeras y se dejó secar. Para separar las semillas las muestras se revisaron con un microscopio estereoscópico (Gul y Weber, 2001) marca Nikon modelo SMZ-1B.

3. Presencia y persistencia en el suelo de semillas de *E. platyacanthus*.

En cada muestra se separaron y se contaron las semillas de *E. platyacanthus*. Las semillas se guardaron en cajas Petri y se almacenaron a temperatura ambiente.

4. Presencia de semillas en ápices y costillas de individuos de *E. platyacanthus*

Considerando que en el ápice de *E. platyacanthus* permanecen los frutos durante una gran parte del año, y que tiene un gran desarrollo de costillas, se contaron las semillas presentes en las plantas, para lo cual se seleccionaron 10 individuos fuera de los cuadrantes de cada sitio de estudio (esto para no alterar la dinámica de las semillas que pudieran llegar al suelo dentro de nuestros cuadrantes) y se contaron en dos ocasiones (en las fechas 14/01/06 y 25/03/06) el número de semillas: a) libres en ápices y costillas, b) en los frutos libres depredados y el de semillas que contenían y c) en los frutos enterrados en el ápice.

5. Identificación de las plantas de la zona de estudio

Con el objetivo de conocer las especies presentes en la zona de estudio se realizó: una revisión bibliográfica de los listados de vegetación en la zona, se colectaron plantas y una visita en marzo de 2006 con el Biol. Jerónimo Reyes Santiago (Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM) para identificar las plantas en el campo. Los datos obtenidos se cotejaron con la lista de especies reportada por la CONANP (2003),

6 Presencia, persistencia e identificación de semillas de otras especies en el banco del suelo.

En las muestras de suelo se separaron las semillas de especies diferentes a *E. platyacanthus* a las que en principio se les asignó un número de acuerdo al orden en el que fueron encontradas. Se contó el número de cada una de ellas en los diferentes muestreos y estratos. Se tomaron fotografías al Microscopio Electrónico de Barrido de los distintos tipos de semillas encontradas en el suelo (Maití *et al.*, 1994). Para su identificación se tomaron muestras de frutos de las

plantas de los sitios de estudio, lo que se apoyó con información bibliográfica y revisión de ejemplares en los herbarios de la Facultad de Ciencias y MEXU, ambos de la UNAM.

7. Germinación y establecimiento de plántulas

a) Semillas de *E. platyacanthus* presentes en el suelo

Las semillas de *E. platyacanthus* obtenidas del suelo se sembraron en cajas Petri con papel absorbente, esterilizado con luz ultravioleta durante 15 minutos, y se colocaron dentro de una germinadora Biotronette 84 (LabLine Instruments) en el Taller de Plantas I y II de la Facultad de Ciencias, UNAM con un fotoperiodo luz/obscuridad de 16/8 a 25 ° C para promover su germinación y en su caso mantener las plántulas; se sembraron 10 semillas por profundidad y se mezclaron los sitios debido a que el material era escaso.

b) Semillas de *E. platyacanthus* presentes en ápices y costillas de la planta.

Las semillas colectadas de los ápices y costillas de plantas fuera de los cuadrantes se desinfectaron con Tween 80 3 gotas en 50mL⁻¹ por 30 min, Microdyn 3 gotas en 50 mL⁻¹ por 15 min, etanol al 70% por 2 min, hipoclorito de sodio comercial al 20% por 15 min y tres enjuagues con agua destilada esterilizada (Rosas-López, 2002) y otro lote se escarificó con H₂SO₄ concentrado durante 15 segundos. Las semillas se sembraron en cajas Petri en papel absorbente, esterilizado con luz ultravioleta, 30 semillas por caja con tres repeticiones.

Las cajas se colocaron en una germinadora Biotronette 84 (LabLine Instruments) en el Taller de Plantas I y II de la Facultad de Ciencias, UNAM, con un fotoperiodo de 16/8 a 25° C en luz blanca para establecer si germinaban y en

su caso mantener las plántulas en nuevas cajas Petri pero en condiciones de invernadero.

c) Semillas presentes en el suelo pertenecientes a especies diferentes a *E. platyacanthus*

Las semillas obtenidas se sembraron en cajas Petri con papel absorbente, esterilizado con luz ultravioleta durante 15 minutos, y se colocaron dentro de una germinadora Biotronette 84 (LabLine Instruments) en el Taller de Plantas I y II de la Facultad de Ciencias, UNAM con un fotoperiodo de 16/8 a 25 ° C para promover su germinación y en su caso mantener las plántulas en nuevas cajas Petri pero en condiciones de invernadero y se fotografiaron para apoyar su identificación.

d) Semillas obtenidas de especies presentes en la zona.

De las especies en fructificación en las fechas de muestreo, en la zona de estudio (*Hechtia podantha* y *Agave xylonacantha*) se extrajeron semillas y se guardaron en bolsas de papel estraza a temperatura ambiente. Las semillas se sembraron en cajas Petri con papel absorbente, 30 semillas por caja con 3 repeticiones.

8. Pruebas estadísticas

Usando el programa STATISTICA versión 6.0 se realizaron pruebas estadísticas de ANOVA de dos vías y Análisis de comparaciones múltiples (Tukey) en el caso de las semillas encontradas en plantas en pie, mientras que para analizar los resultados de las muestras de suelo se utilizó la prueba no paramétrica para datos pareados de Wilcoxon.

Resultados

1. Presencia y persistencia de Semillas de *E. platyacanthus* en el banco del suelo.

Se registró la presencia de semillas de *E. platyacanthus* (Fig.7) en los 2 sitios y ambos estratos durante todo el año (Gráfica 1), aunque ésta fue escasa ya que el máximo valor fue de 12 semillas en el sitio I estrato superficial, en los demás casos los valores oscilaron entre 1 y 5 semillas en el siguiente orden: sitio II estrato profundo (5), sitio II estrato superficial (4) y finalmente el sitio I en su estrato profundo (2) (Gráfica 1). Se registraron variaciones durante el año en todas las condiciones, por lo que el comportamiento tiene un patrón irregular.

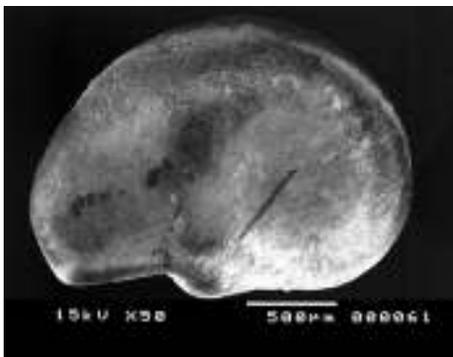
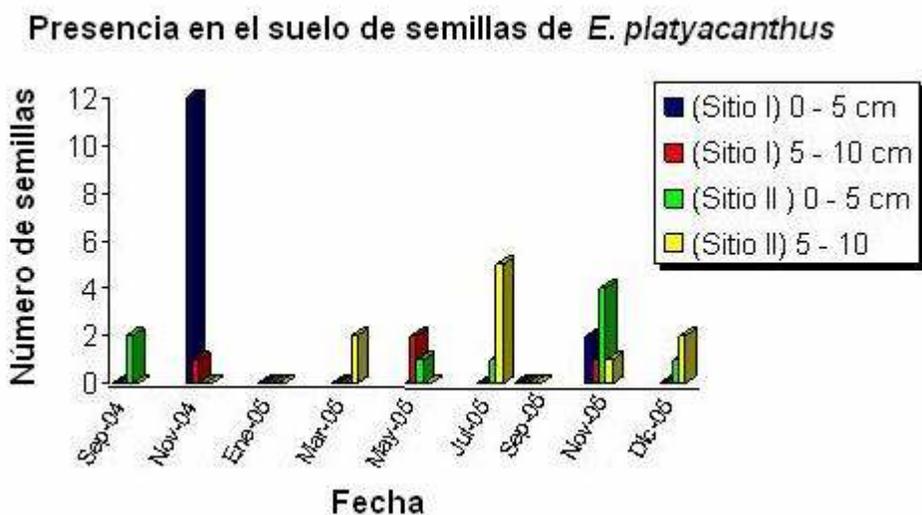


Figura 7. Semilla de *E. platyacanthus* (MEB). Forma arriñonada, testa con ornamentación celular, color café oscuro brillante.



Gráfica 1. Número de semillas de *E. platyacanthus* en los sitios I y II en las profundidades 0-5 cm y 5-10 cm.

2. Presencia de semillas en ápices y costillas de individuos de *E. platyacanthus*

En la Tabla 1 se presenta la estimación del número de semillas encontradas libres en los ápices y costillas de individuos de *E. platyacanthus* así como de semillas encontradas en frutos insertados en el ápice y frutos depredados encontrados en los ápices.

Tabla 1. Número promedio de frutos insertados, frutos depredados, total de frutos, semillas en los frutos insertados y depredados, total de semillas en frutos, semillas sueltas en el ápice y costillas de la planta en 10 individuos de *E. platyacanthus* en los dos sitios de estudio.

	Media \pm d. e.	
	Sitio I	Sitio II
Frutos insertados	8 \pm 12	5 \pm 4
Frutos depredados	9 \pm 6	8 \pm 4
Semillas en frutos insertados	747 \pm 1193	329 \pm 534
Semillas en frutos depredados	34 \pm 37	28 \pm 26
Semillas en ápice y costillas	29 \pm 38	22 \pm 41

Se realizó una prueba de ANOVA de dos vías para encontrar diferencias significativas en el número de frutos insertados, el número de frutos depredados, número de semillas en frutos insertados, número de semillas en frutos depredados y la cantidad de semillas en ápices y costillas de las plantas.

No se encontraron diferencias significativas entre sitios en el número de frutos insertados ($F= 0.89$; $p= 0.54$), frutos depredados ($F= 1.01$; $p= 0.45$), semillas en frutos insertados ($F= 0.63$; $p= 0.75$) y semillas en frutos depredados ($F= 0.86$; $p= 0.57$). Si se encontraron diferencias significativas en el número de semillas presentes entre individuos del en ápice y costillas ($F= 0.89$; $p= 0.54$)

Se observó que semillas de *E. platyacanthus* eran transportadas por hormigas desde la planta (Fig. 9a) hacia su hormiguero (Fig. 9b y c) lo cual podría ser una causa, además de la depredación por aves y la presencia de semillas en el banco aéreo, de que se encontrara un bajo número de semillas en el banco del suelo.

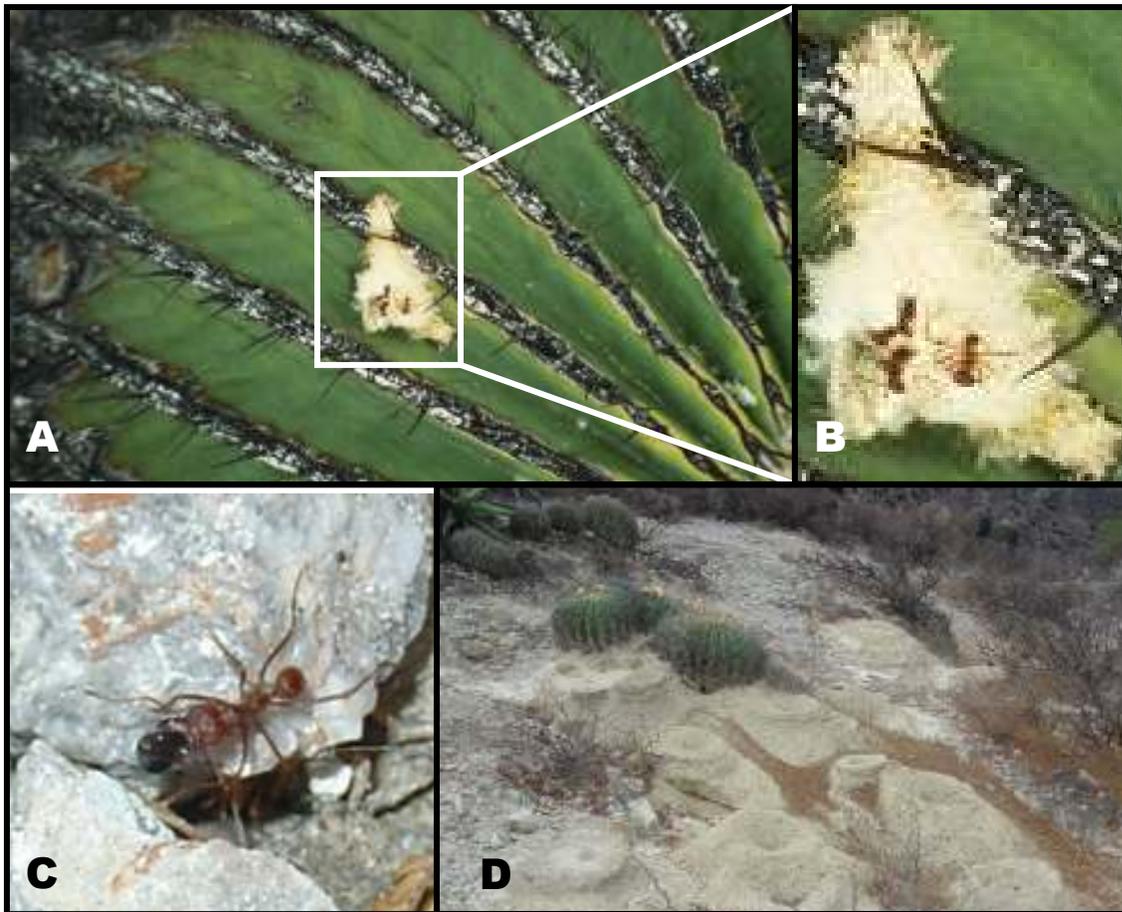


Figura 8. A) Hormigas depredando fruto de *E. platyacanthus*. B) Amplificación de la zona marcada en A. C) Hormiga transportando semilla de *E. platyacanthus*. D) Hormiguero ubicado dentro de la zona de estudio (Fotografías cortesía del Biol. Jerónimo Reyes Santiago).

3. Lista de especies en la zona de estudio

Se realizó con la información reportada por Sánchez Mejorada (1968), Ortiz-Calderón (1980), y Jerónimo Reyes Santiago (Com. pers., 2006), corroborada con

el listado general de vegetación realizado por la CONANP (2003); la cual se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2: Especies reportadas por Sánchez-Mejorada (1968), Ortiz-Calderón, (1980) y Reyes-Santiago (2006, com. pers.) para la zona de estudio.

Familia	Especies reportadas		
	Sánchez-Mejorada (1968)	Ortiz-Calderón (1980)	Reyes-Santiago (2006 com. Pers)
Acanthaceae		<i>Anisacanthus wrightii</i>	
Agavaceae	<i>Agave grandidentata*</i> <i>Agave lechuguilla</i> <i>Agave striata*</i>		<i>Agave americana</i> <i>Agave striata*</i> <i>Agave xylonacantha*</i> <i>Yucca filifera*</i>
Anacardiaceae	<i>Pistacia mexicana</i>	<i>Pseudosmodingium multifolium</i>	<i>Pseudosmodingium multifolium</i>
Asteraceae	<i>Gochnatia hypoleuca*</i> <i>Perymenium subsquarrosium</i>	<i>Eupatorium espinosarum</i> <i>Gochnatia hypoleuca*</i> <i>Verbesina sp.*</i> <i>Vernonia sp.*</i> <i>Zexmenia sp.*</i>	<i>Montanoa sp.</i>
Boraginaceae	<i>Heliotropium angustifolium</i>		<i>Heliotropium sp.</i>
Bromeliaceae	<i>Hechtia podanta*</i>	<i>Hechtia sp.*</i>	<i>Hechtia podanta</i>
Burseraceae	<i>Bursera schlechtendalii*</i>	<i>Bursera fagaroides*</i> <i>Bursera morelensis*</i>	
Cactaceae	<i>Cephalocereus senilis*</i> <i>Dolichothele longimamma</i> <i>Echinocactus ingens*</i> <i>Ferocactus histrix*</i> <i>Mammillaria sempervivi*</i> <i>Opuntia pubescens*</i>	<i>Cephalocereus senilis*</i> <i>Mammillaria sp.*</i> <i>Opuntia sp.*</i>	<i>Cephalocereus senilis*</i> <i>Echinocactus platyacanthus*</i> <i>Ferocactus glaucescens</i> <i>Ferocactus histrix</i> <i>Ferocactus latispinus</i> <i>Mammillaria geminispina*</i> <i>Mammillaria sempervivi*</i> <i>Myrtillocactus geometrizans*</i> <i>Opuntia cantabrigiensis</i> <i>Opuntia imbricata</i> <i>Opuntia leucotricha*</i> <i>Opuntia tomentosa*</i>
Capparidaceae			<i>Capparis incana</i>
Cesalpiniaceae	<i>Cassia wislizeni (sinonimo)</i>		<i>Senna wislizeni</i>
Euphorbiaceae		<i>Cnidoscolus sp.*</i> <i>Croton sp.*</i> <i>Croton aff. Microphyllus*</i> <i>Croton rzedowskii</i> <i>Jatropha dioica*</i>	<i>Croton sp.</i> <i>Jatropha dioica</i>
Fabaceae	<i>Acacia berlandieri</i> <i>Calliandra biflora</i> <i>Dalea leucosericea</i> <i>Mimosa lacerata*</i> <i>Pithecellobium revolutum</i>	<i>Acacia berlandieri</i> <i>Calliandra sp.*</i> <i>Senna wislizeni</i>	<i>Mimosa lacerata*</i> <i>Mimosa biuncifera*</i> <i>Senna wislizeni</i> <i>Zapoteca portorricensis</i>
Fouquieriaceae	<i>Fouquieria campanulata</i>		<i>Fouquieria splendens*</i>
Krameriaceae	<i>Krameria cytisioides*</i>		<i>Krameria cytisioides*</i>
Malpighiaceae			<i>Mentzelia sp.</i>
Malvaceae			<i>Anoda sp.</i>
Nolinaceae	<i>Dasyllirion acrotriche</i>	<i>Dasyllirion glaucophyllum</i>	<i>Dasyllirion acrotriche</i>
Rhamnaceae		<i>Karwinskia mollis*</i>	<i>Karwinskia humboldtiana*</i>
Rubiaceae	<i>Machaonia coulteri</i>		
Rutaceae	<i>Polyaster boronoides*</i>	<i>Polyaster boronoides*</i>	
Sapindaceae	<i>Neopringlea integrifolia</i>		<i>Neopringlea sp.*</i> <i>Serjania sp.*</i>
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum ambiguum</i>		<i>Leucophyllum ambiguum</i>
Solanaceae		<i>Solanum aff. Verbascifolium</i>	<i>Solanum sp.</i>
Sterculiaceae		<i>Ayenia rotundifolia*</i>	
Turneraceae	<i>Turnera diffusa*</i>	<i>Turnera diffusa*</i>	<i>Turnera diffusa*</i>
Verbenaceae	<i>Lipia alba</i>	<i>Lippia graveolens*</i> <i>Lantana velutina*</i>	<i>Lippia graveolens</i> <i>Lantana sp.</i>
Zygophyllaceae			<i>Morkillia mexicana*</i>

* Indica que también se encuentran en el listado de la CONANP.

4. Identificación, presencia y persistencia en el suelo de semillas de otras especies

Durante el periodo de estudio se encontraron en el suelo un total de 8 tipos diferentes de semillas (Fig. 9 A a H, además de *E. platyacanthus*. Los tipos de semillas fueron los siguientes:

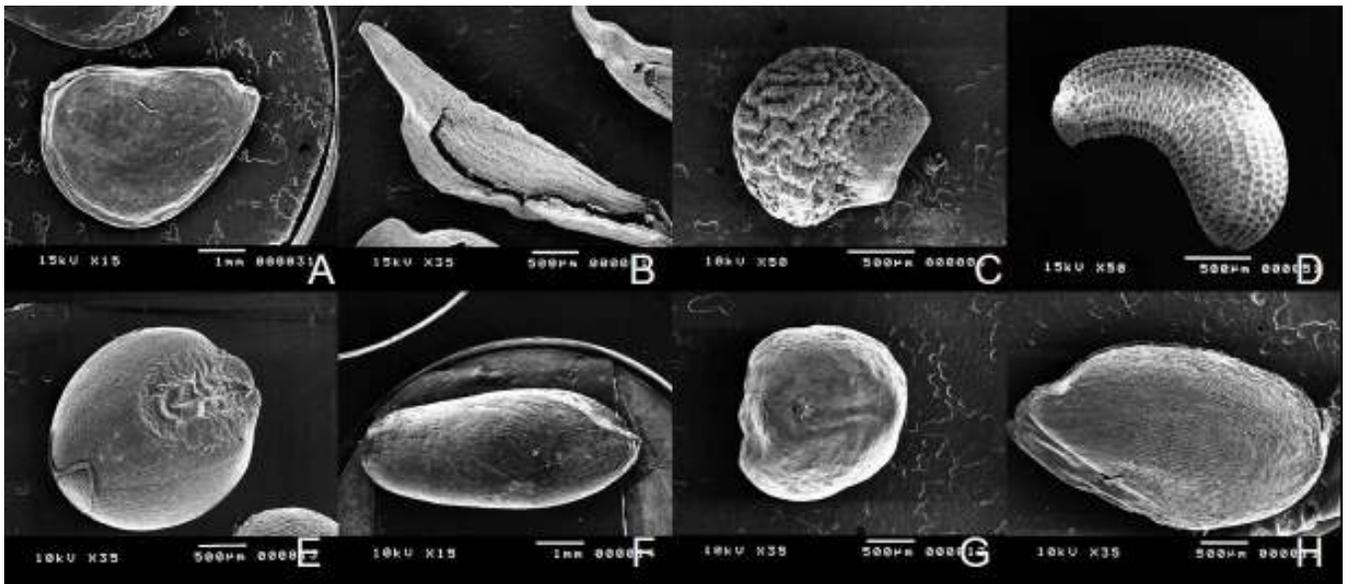


Figura 9. Diferentes tipos de semillas encontradas en los sitios de estudio. A) Semilla de *Agave xylonacantha*. Lisa, cóncava, de color negro y sin ornamentación en la testa. 15 X. B) Semilla de *Hechtia podantha*. Alargada semi ovoide con cubierta color café, testa con ornamentación celular. 50 X. C) Semilla de *Myrtillocactus geometrizans*. De forma arriñonada, testa rugosa, rugosidad que se va perdiendo paulatinamente de la zona trasera hacia la región hilo-micropilar, de color negro. 50 X. D) Semilla de *Turnera diffusa*. Forma arriñonada y delgada con ornamentación de la testa en forma reticular, de color negro. 50X. E) Semilla tipo “1”, especie no identificada. Esférica semi ovoide con región hilo-micropilar bien diferenciada, testa con ornamentación reticular, de color blanco con cubierta color naranja brillante. 35X F) Semilla tipo “2”, especie no identificada. Cilíndrica sin ornamentación en la testa, de color blanco. 15X. G) Semilla tipo “3”, especie no identificada. Forma esférica irregular, testa sin ornamentación, de color blanco. 35X. H) Semilla tipo “4”, especie no identificada. Forma cilíndrica, testa con ornamentación celular con cubierta brillante color café; probablemente leguminosa. 35X.

El número total de semillas en cada sitio y estrato de suelo se presenta en la Tabla 3. Las semillas de *M. geometrizans* y *T. diffusa* se encontraron en todos los estratos y profundidades de suelo, siendo la segunda la más abundante. Las semillas de *A. xylonacantha* sólo se encontraron en suelo superficial en ambos sitios, mientras que las semillas de *H. podantha* sólo aparecieron en el sitio II en

ambos estratos del suelo. El resto de los tipos de semillas sólo se encontraron en el sitio II suelo profundo.

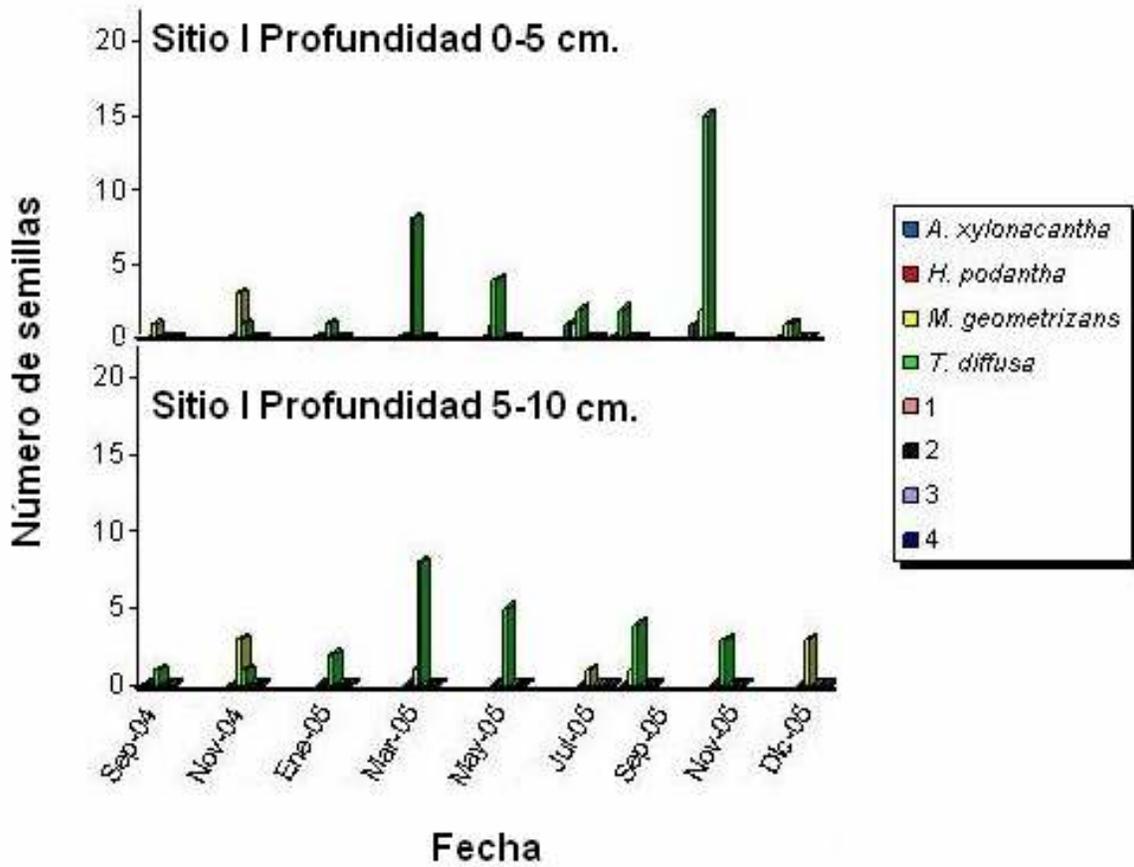
Tabla 3. Número total de semillas por tipo encontradas durante 1 año en los dos sitios y niveles de profundidad del suelo.

Tipo de semilla	Estrato superficial		Estrato profundo	
	Sitio I	Sitio II	Sitio I	Sitio II
<i>A. xylonacantha</i>	2	0	1	0
<i>H. podantha</i>	0	2	0	3
<i>M. geometrizans</i>	9	14	9	12
<i>T. diffusa</i>	34	28	24	28
1	0	0	0	22
2	0	0	0	3
3	0	0	0	12
4	0	0	0	22

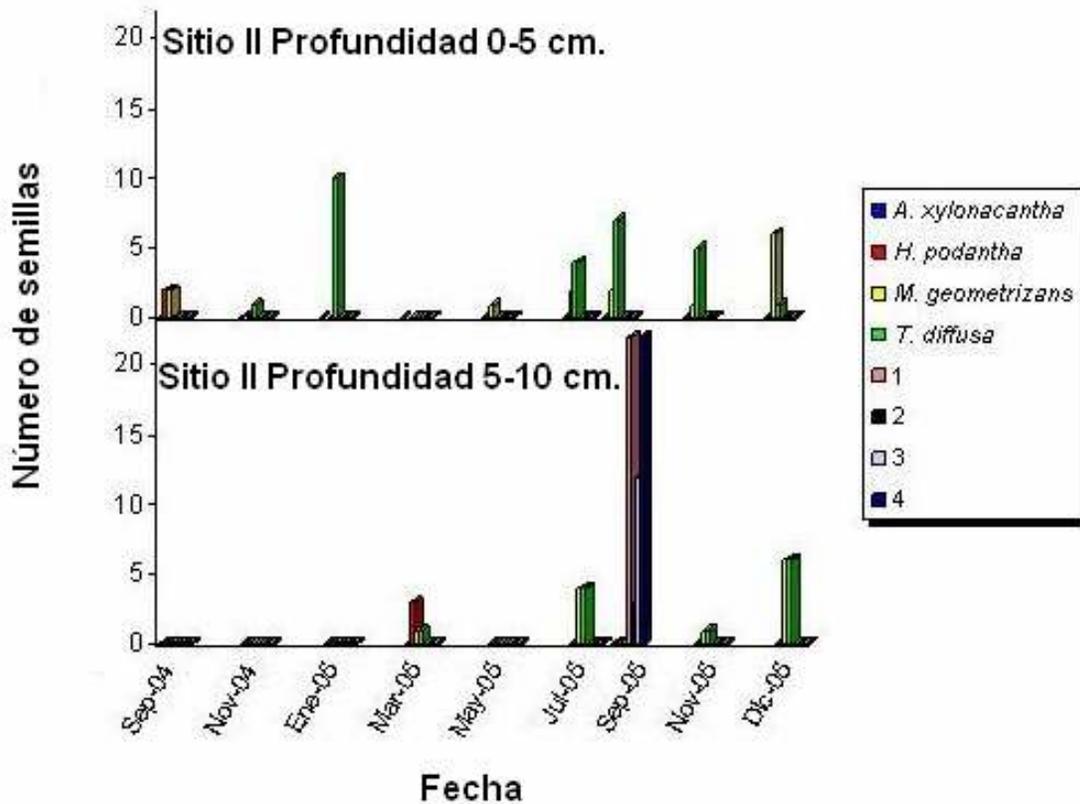
La persistencia de cada tipo de semilla en el suelo fue muy irregular, como fue en los tipos “1”, “2”, “3” y “4” los cuales se presentaron solamente en el sitio II estrato profundo (5-10 cm.); mientras que las semillas de *M. geometrizans* y *T. diffusa* se presentaron en ambos sitios y en ambos estratos, siendo éstos los tipos de semillas más constantes a lo largo de todo el año; las semillas de *H. podantha* se presentaron solo en el sitio II en ambos estratos.

Las semillas de *T. diffusa* fueron las de mayor frecuencia seguida por las de *M. geometrizans*, las demás aparecieron una o dos veces durante el año, lo cual indica que éstas últimas pueden ser objeto de depredación y son consumidas antes de que puedan llegar al suelo y las que lo logran son muy pocas por lo que su número en el banco es bajo. Otra posibilidad para los bajos números de semillas de especies no identificadas es que las especies que producen estas semillas no pertenezcan a la zona de estudio pero puedan tener un amplio rango de dispersión por lo que también aparecen en el banco de la región estudiada.

En las gráficas 4 y 5 se muestra la frecuencia y persistencia de los tipos de semillas a lo largo del año.



Gráfica 4. Frecuencia y persistencia de los diferentes tipos de semillas en el sitio I en ambas profundidades



Gráfica 5. Frecuencia y persistencia de los diferentes tipos de semillas en el Sitio II en ambas profundidades.

Se realizó la prueba de Wilcoxon para datos pareados con la finalidad de encontrar diferencias significativas en la cantidad de especies presentes entre ambos sitios.

No se encontraron diferencias significativas en el número de especies presentes entre estratos para el sitio I ($Z= 11.03$ y $p= 0.00$) y el sitio II ($Z=11.03$ y $p= 0.00$); tampoco se encontraron diferencias significativas en la composición de especies entre sitios ($Z=11.03$ y $p= 0.00$).

Se observó un patrón de distribución irregular en lo que se refiere a número y tipo de semillas presentes en ambos sitios.

5. Germinación

a) Semillas obtenidas del banco de suelo

Debido a que no hubo suficiente material para hacer pruebas individuales en dos especies se mezclaron los suelos de ambos sitios: para *E. platyacanthus* se sembraron 10 semillas de la profundidad de 0 – 5 cm y 10 semillas 5 – 10 cm, para *M. geometrizzans* se sembraron 10 semillas de la profundidad 0 – 5 cm y 8 semillas de 5 – 10 cm.

De *T. diffusa* se sembraron 10 semillas de cada sitio y profundidad. De las semillas tipo “1” y “4” se sembraron 10 de cada tipo correspondientes al Sitio II en la profundidad 5 – 10 cm ya que solo allí se encontraron estos tipos de semilla. De especies (*A. xylonacantha* y *H. podantha*) no se pusieron a germinar debido a que el material era escaso.

Los porcentajes de germinación de las especies se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Porcentajes de germinación de las semillas encontradas en el suelo en los sitios I y II y profundidades 0 – 5 cm y 5 – 10 cm. Para las semillas de *E. platyacanthus* y *M. geometrizans* se mezclaron los sitios. La baja viabilidad de las semillas pudo deberse a la edad de las mismas.

	% de germinación			
	0 - 5 cm		5 - 10 cm	
	Sitio I	Sitio II	Sitio II	Sitio I
<i>E. platyacanthus</i>	0		20	
<i>M. geometrizans</i>	10		0	
<i>T. diffusa</i>	0	30	30	20
"1"	—	—	—	100
"2"	—	—	—	100

En la Figura 10 se presentan las fotografías de dos especies de plántulas obtenidas de los estudios de germinación.

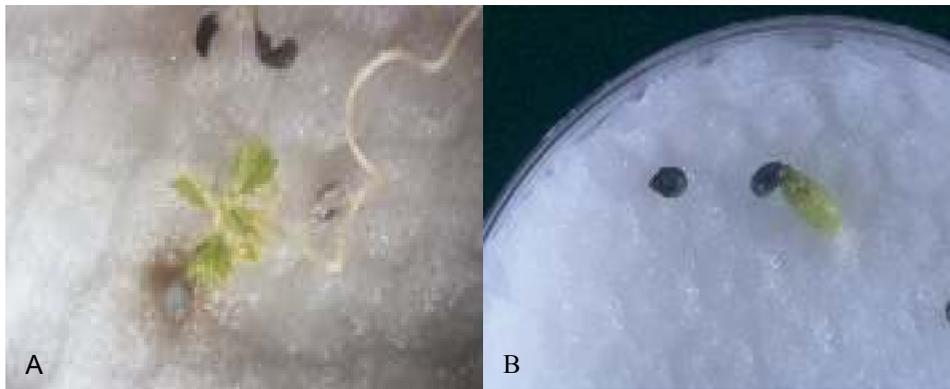
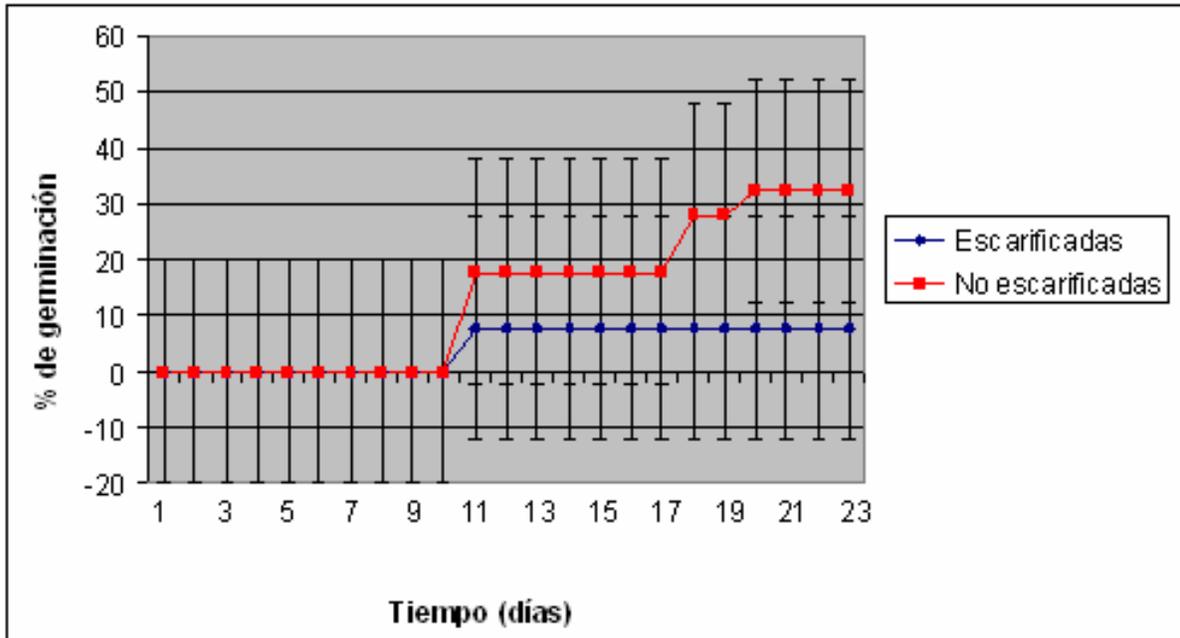


Figura 10. Plántulas de: (A) *T. diffusa* y (B) *E. platyacanthus*

b) Semillas de ápices y costillas de *E. platyacanthus*.

En ambos tratamientos la germinación inició a los 11 días, tuvieron velocidad de germinación más baja respecto a lo reportado por Rosas-López (2002) y Hernández-Aguilar y Collazo-Ortega (2004) para esta especie. A los 23 días en las no escarificadas se registró un 32 % de germinación y en las escarificadas 8 %

(Gráfica 6). Cabe mencionar que la baja germinación en el lote escarificado puede deberse a que el ácido pudo haber dañado el embrión.

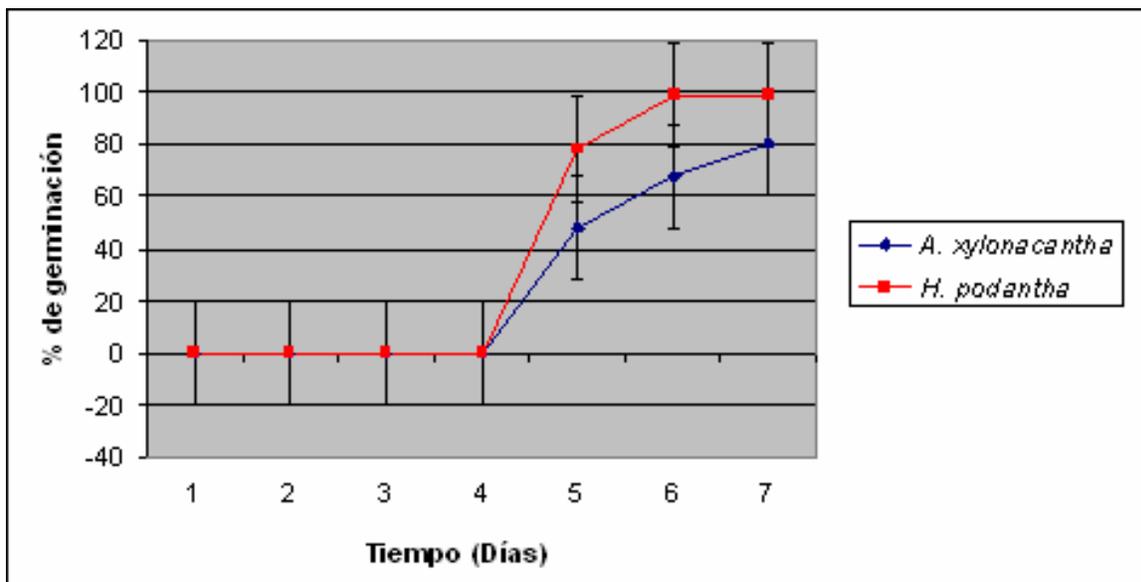


Gráfica 6. Porcentaje de germinación acumulada de semillas colectadas en los ápices y costillas de *E. platyacanthus*.

Es necesario considerar que estas semillas estuvieron almacenadas durante un mes antes de la siembra en bolsas de papel herculene, en oscuridad total, dentro del laboratorio de Desarrollo en Plantas, aunado al tiempo en el que las semillas estuvieron expuestas a la intemperie lo cual pudo afectar la viabilidad de las semillas. Otro factor en el caso de las escarificadas es que el tratamiento haya sido muy fuerte y provocó daño a los embriones.

c) Semillas obtenidas de frutos de las especies de la zona

Solo se encontraron en fructificación en las fechas muestreadas a *A. xylonacantha* y *H. podantha*. Iniciaron la germinación a los 4 y a los 7 días respectivamente y presentaron un 80 % y un 98.9% de germinación respectivamente, la última tuvo la mayor velocidad de germinación en este ensayo. (Gráfica 7).



Gráfica 7. Porcentaje de germinación acumulada de *A. xylonacantha* y *H. podantha* durante 7 días.

Discusión

Las semillas de *E. platyacanthus* presentan las características necesarias para formar bancos de semillas en el suelo: fotoblastismo positivo (Rojas-Aréchiga *et al.*, 1997; Flores *et al.* 2006), tamaño pequeño y longevidad potencial (Hernández-Aguilar y Collazo-Ortega, 2004). A pesar de ser una planta dominante en el lugar, sus semillas no se presentan en gran número en las muestras de suelo; la poca presencia de las semillas puede deberse a la intensa depredación de la que son objeto los frutos (Obs. Pers.), sin embargo hay frutos que se mantienen en la planta madre por un largo periodo de tiempo, por lo que, de acuerdo a Baskin y Baskin (1998) se puede considerar que presenta un “banco de semillas aéreo”, que se trata de una reserva de semillas que se mantiene por encima del suelo y cuya característica principal es que los frutos al ser retenidos en la planta madre durante un largo periodo permite por un lado asegurar la dispersión de las semillas, maximiza la disponibilidad de semillas cuando las condiciones son favorables para la germinación y el establecimiento de las

plántulas, por ejemplo después de un incendio, incluso si no se produjo ninguna semilla el año previo.

Al ser retenido un número considerable de semillas en la planta madre se propicia que al ser liberadas y germinen se pueda establecer una alta densidad de individuos juveniles que podría dar por resultado mayor supervivencia de plántulas. A este respecto se encontró que en el sitio sin pendiente (I) hay un promedio de 749 semillas enterradas y en el sitio con inclinación (II) 329 semillas, que constituyen una reserva potencial en forma de banco aéreo. La complejidad del ecosistema permite que las comunidades de plantas y animales presenten algún tipo de interacción como la depredación de frutos y semillas por la fauna silvestre, lo que influye en la cantidad de semillas que permanezcan en el ápice de la planta. En este caso se mantuvo casi un 50% de frutos enterrados y 50% de frutos depredados (que son los maduros de fácil extracción), por lo que hubo siempre una reserva de semillas en los ápices de las plantas. Las semillas de frutos enterrados al ir madurando pueden ser depredadas, mantenerse libres en ápices y costillas o pasar en menor número al banco de suelo que está por debajo de las plantas o ser acarreadas por hormigas a sus hormigueros, en este trayecto es posible que algunas semillas queden en el camino lejos de la planta madre, como lo indican los resultados y las observaciones de este trabajo. Los restos de frutos depredados pueden considerarse también un escondite natural que permite la protección de las semillas, las que posteriormente por efecto de otros factores tales como los animales, el viento, la muerte de algunos individuos, etc., propiciarían la llegada de las semillas al suelo y su posterior germinación y establecimiento; este comportamiento también está dentro de la clasificación de banco de semillas, que aunque no está en el suelo, tiene la misma funcionalidad que éste.

Respecto al número de semillas en el banco de suelo se demostró que su presencia en el año fue muy pequeña y no fueron persistentes ya que su número no se mantuvo constante a lo largo del año. Es importante mencionar esta

característica ya que puede haber 3 vías por las que esto puede suceder, la primera es que las semillas se depositen en el suelo y sean consumidas después de su dispersión hasta perder totalmente su presencia en el suelo (Bowers, 2000; Montiel 1999; en Rojas-Aréchiga y Batis, 2001), que los frutos sean depredados y las semillas consumidas, o que las semillas lleguen al suelo y sean transportadas por depredadores y factores abióticos como viento o agua a otros lugares (Bregman, 1988), ya que en la zona encontramos actividad por parte de hormigas sin embargo, también cabe la posibilidad de que semillas presentes en el suelo hubieran germinado, ya que *E platyacanthus* no presenta ningún tipo de latencia (Hernández-Aguilar y Collazo-Ortega, 2004), y la plántula pudo no haberse establecido, generando así pérdida de semillas para integrarse al banco.

Tomando en cuenta los datos anteriores podemos decir que las plantas de estas poblaciones presentan una combinación de sistemas de bancos de semillas, por un lado un banco aéreo (en términos definidos por Lamont, (1991) y Baskin y Baskin, (1998) para las semillas retenidas en el fruto dentro de la planta madre semillas retenidas en el ápice y costillas de la planta y otro banco en el suelo aunque efímero y poco duradero, concordando con las lo descrito por Rojas-Aréchiga y Batis (2001) en cuanto a que las cactáceas no son capaces de formar bancos persistentes en el suelo.

Las semillas de especies distintas a *E. platyacanthus*, 8 en total, aparecieron en diferentes números a lo largo del año, aunque no presentaron el mismo patrón de distribución ni persistencia. En el Sitio I se encontraron presentes semillas de 4 especies: *A. xylonacantha*, *E. platyacanthus*, *M. geometrizers*, *T. diffusa*, mientras que en el Sitio II se encontraron semillas de 6 especies: *M. geometrizers* y *T. diffusa* y los tipos “1”, “2”, “3” y “4”. El Sitio II tuvo mayor diversidad de especies de semillas así como de número de individuos por tipo de semilla. En ambos sitios la vegetación es la misma, y la diferente respuesta descrita anteriormente puede asociarse al grado de inclinación de los sitios, el II tiene una pendiente de aproximadamente 22° en la región donde se estableció el cuadrante

pero en la parte alta la inclinación es de hasta 45°; por lo que semillas provenientes de las partes altas pueden depositarse en la región donde se suaviza la pendiente en zonas de acumulación de sedimentos o base de otras plantas y por ello haber más número de especies y de semillas. En cambio, en el sitio, con nula inclinación hay menor posibilidad de acarreo de semillas.

En cuanto a la dinámica de las semillas en el suelo se puede mencionar que sí hay un banco de semillas conformado por especies que varían en el tipo y número de semillas presentes a lo largo del año, por lo que se podrían considerar transitorio excepto para *T. diffusa*. Para poder tener una definición más certera se requieren pruebas de germinación de todas las especies, sólo se pudo confirmar que las semillas de *H. podantha* y *A. xylonacantha* presentaron altos porcentajes de germinación y *E. platyacanthus* un bajo porcentaje.

Conclusiones

- *E. platyacanthus* presentó dos tipos de bancos: a) Uno aéreo, compuesto por semillas retenidas dentro del fruto, que aún está en la planta madre, por semillas dispersas en el ápice y en las costillas de la planta; y b) Uno efímero escaso en el suelo.

- En el suelo se encontraron 8 tipos diferentes de semillas además de *E. platyacanthus*: *A. xylonacantha*, *H. podantha*, *M. geometrizers* y *T. diffusa* y 4 tipos no identificados, los cuales presentan diferentes patrones en cuanto a presencia y número de semillas en el banco.

- En el sitio I y II se encontraron semillas de 4 especies reportadas en los listados florísticos de la región. En el sitio II además se encontraron 4 tipos de semillas que no pudieron ser identificadas, presumiblemente no pertenecen a especies de la zona de estudio.

- *A. xylonacantha*, *H. podantha*, *M. geometrizers* y *T. diffusa* presentan un banco de semillas en el suelo que es efímero.

- Se demuestra la existencia de banco de semillas de cactáceas y otras especies en la zona de estudio.

Bibliografía

- Álvarez R., H. Godínez-Álvarez, U. Guzmán y P. Dávila. 2004. Aspectos ecológicos de dos cactáceas mexicanas amenazadas: Implicaciones para su conservación. Bol. Soc. Bot. Mex. **75**: 7-16
- Anderson F. 2001. The Cactus Family. Timber Press Inc. Portland, Oregon.
- Arias S. 1993. Cactáceas: Conservación y diversidad en México. Res. Soc. Mex. Hist. Nat. **XLIV**: 109-115
- Arias S. 1997. Distribución general. En: CONABIO (Ed.). Suculentas Mexicanas, Cactáceas. Ed. CVS publicaciones S.A. de C.V. México. p: 17-25
- Arias S., S. Gama y U Guzmán. 1997. Flora del Valle de Tehuacan-Cuicatlán. Fascículo 14. Cactaceae A. L. Juss. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Arias S., U. Guzmán, M. Mandujano, M. Soto y J. Golubov. 2005. Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción I. Una comparación entre los listados NOM-059-ECOL-2001 (México), La Lista Roja (UICN) y CITES. Cactáceas y Suculentas Mexicanas **50(4)**: 100-125
- Baker H.G. 1989. The Natural History of Seed Banks. En: Leck M. A., V. T. Parker y R. L Simpson (Eds.). Ecology of seed banks. Academic Press, Inc. Nueva York. p: 9-21
- Baskin C. y J. Baskin. 1998. Seeds Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press. California.

- Bowers J. 2000. Does *Ferocactus wislizeni* (Cactaceae) have a between-year seed bank?. Journal of Arid Environments **45**: 197-205
- Bravo-Hollis H. 1978. Las cactáceas de México. Tomo I. 2^{da} edición. UNAM. México. p: 109-111
- Bravo-Hollis H y L. Scheinvar. 1995. El interesante mundo de las cactáceas. Ed. Fondo de Cultura Económica. México.
- Bravo-Hollis, H y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las Cactáceas de México, Vol. II. UNAM. México.
- Brechú A. 1994. Potencial de infestación del banco de semillas recién formadas de *Ipomea purpurea* (L) Roth (Convolvulaceae) maleza del maíz. Tesis doctoral (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Bregman R. 1988. Forms of seed dispersal in Cactaceae. Acta Bot. Neerl **37(3)**: 395-402
- Brown J., O. J. Reichman y D. W. Davidson. 1979. Granivory in desert ecosystems. Ann. Rev. Ecol. Syst. **10**: 201-227
- CONANP. 2003. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Comisión Nacional de Áreas Protegidas (Ed.). México.
- Crist T. 1993. The impact of fungi on soil seeds: Implications for plants and granivores in a semiarid shrub-steppe. Ecology **74** (8): 2231-2239

- Esparza-Olguín L. y T. Valverde. 2003. Estudio comparativo de la fenología de tres especies de *Neobuxbaumia* que difieren en su nivel de rareza. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 48(3):68-83
- Ferrandis P. 2001. Respuesta al fuego de los bancos de semillas del suelo en ecosistemas mediterráneos. En: *Seminars on Plant Ecology and Evolution*. Sevilla. Página en red: //ebd10.ebd.csic.es/sci/seminarios.html.
- Flores J., E. Jurado y A. Arredondo. 2006. Effect of light on germination of seeds of Cactaceae from the Chihuahuan Desert, México. *Seed Science Research* 16: 149-155
- Freeman T. 1969. The developmental anatomy of *Opuntia basilaris*. I. Embryo, root, and transition zone. *American Journal of Botany* 56(9): 1067-1074
- Frensch J. 1997. Primary responses of root and leaf elongation to water deficits in the atmosphere and soil solution. *Journal of Experimental Botany* 48 (310): 985-999
- Godínez-Álvarez H. y A. Valiente-Banuet. 1998. Germination and early seedling growth of Tehuacan Valley cacti species: the role of soils and seed ingestion by dispersers on seedling growth. *Journal of Arid Environments* 39: 21-31
- González F. y H. Sánchez-Mejorada. 1972. Excursión a la Barranca de Metztitlán, Hidalgo. *Guías botánicas de excursiones en México*, Sociedad Botánica de México. p: 63-68

- Gonzalez J. Identificación de semillas de cactáceas procedentes del sitio arqueológico Tetitla Teotihuacan Estado de México. Tesis de licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Granados D. y G. López. 2001. Ecología de poblaciones vegetales. Editorial UAM. México.
- Grime J. P. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. Ed. Limusa. México.
- Grime J. P. 1989. Seed banks in ecological perspective. En: Leck M. A., V. T. Parker y R. L Simpson (Eds.). Ecology of seed banks. Academic Press Inc. Nueva York. p: 15-22
- Gul B. y D. J. Weber. 2001. Seed banks dynamics in a Great Basin salt playa. Journal of Arid Environments **49**: 785-794
- Günster A. 1994. Seed banks dynamics-longevity, viability and predation of seeds of serotinous plants in the central Namib Desert. Journal of Arid Environments **28**: 195-205
- Guo Q., P. Rundel y D. Goodall. 1999. Structure of desert seed banks: comparisons across four North American desert sites. Journal of Arid Environments **42**: 1-14
- Guzmán U., S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de Cactáceas Mexicanas. UNAM-CONABIO. México. p: 59
- Hernández-Aguilar C. A. y M. Collazo-Ortega. 2004. Germinación de cinco poblaciones de *Echinocactus platyacanthus* Link y Otto (Cactaceae). Libro

de resúmenes del XVI Congreso Mexicano de Botánica. Octubre 2004, Oaxaca.

- Hernández H. y H. Godínez-Álvarez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. Acta Botánica Mexicana **26**: 33-52
- Instituto Nacional de Ecología (INE).2003. Página en red: <http://www.ine.gob.mx>
- Inouye R. S. 1991. Population biology of desert annual plants. In: Polis G.A. (Ed.). The Ecology of Desert Communities. The University of Arizona Press. p: 27-54
- Inskip T. y M. J. Gilliett (Eds.) 2003. Check list of CITES species. A reference to the Appendices to the Convention World Conservation Monitoring Center.
- Jiménez-Sierra C. y C. Jiménez-González. 2002. Heterogeneidad ambiental y distribución de cactáceas en una zona semiárida. Cactáceas y Suculentas Mexicanas **48**: 4-17
- Jiménez-Sierra, C. y J. Reyes-Santiago. 2003. Las cactáceas de la barranca de Metztitlán. Metztitlán: Lugar de la luna y de las maravillas. Ed. UAM. México. p: 56-78
- Karsen, C. M. 1982. Seasonal patterns of dormancy in weed seed. En: Khan, A. A (Ed). The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elsevier Biomedical Press. Nueva York. p: 243-275

- Kemp, P. R. 1989. Seed banks and vegetation processes in deserts. En: Leck M. A., V. T. Parker y R.L Simpson (Eds.). Ecology of seed banks. Academic Press, Inc. Nueva York. p: 257-281
- Lamont, B.B., D.C. Le Maitre, R.M. Cowling y N.J. Enright. 1991. Canopy seed storage in woody plants. Bot. Rev. **57**: 277 – 317
- León-Lobos P., M. Way, H. Pritchard, A. Moreira-Muñoz, M. León y F. Casado. 2003. Conservación ex situ de la flora de Chile en banco de semillas. Chloris Chilensis. Año 6, N° 1. Página en red: www.chlorischile.cl
- López L. 2002. Banco de semillas en pastizales ganaderos y en 2 ambientes de selva húmeda en la región lacandona, Chiapas, México. Tesis Licenciatura (Biólogo), Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Luzuriaga A., A. Escudero, J. Olano y J. Loidi. 2005. Regenerative role of seed banks following an intense soil disturbance. Acta Oecologica **27**: 57-66
- Maiti R. K., J. L. Hernández-Piñero y M. Valdez-Marroquín. 1994. Seed ultrastructure and germination of some species of Cactaceae. Phytion **54**: 97-105
- Ortiz-Calderón G. 1980. La vegetación xerófila de la barranca de Metztitlán. Tesis Licenciatura (Biólogo), Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Pons T. L. . 1984. Possible significance of changes in the light requirement of *Cirsium palustre* seeds after dispersal in ash coppice. Plant, Cell & Environment **7**(4):263-268
- Reigosa M., N. Pedrol y A. Sánchez. 2004. La Ecofisiología Vegetal: Una Ciencia de Síntesis. Ed. Thomson. Madrid.

- Rodríguez-Ortega, F. y M. Franco. 2001. Retención de semillas en el género *Mammillaria* (Cactaceae). Cactáceas y Suculentas Mexicanas **46**: 63-66
- Rojas-Aréchiga M y A. Batis. 2001. Las semillas de cactáceas... ¿forman bancos en el suelo?. Cactáceas y Suculentas Mexicanas **46**: 76-82
- Rojas-Aréchiga M. y C. Vázquez-Yanes. 2000. Cactus seed germination: a review. Journal of Arid Environments **44**: 85-104
- Rojas-Aréchiga M., A. Orozco-Segovia y C. Vázquez-Yanes. 1997. Effect of light on germination of seven species of cacti from the Zapotitlán Valley in Puebla, México. Journal of Arid Environments **36**: 571-578
- Rosas-López U. 2002. Anatomía fisiológica de plántulas de cactáceas bajo estrés hídrico. Tesis Licenciatura (Biólogo), Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Sánchez-Mejorada H. 1968. Manual de campo de las cactáceas y suculentas de la Barranca de Metztitlán. Sociedad Mexicana de Cactología. México. p: 63-68
- Sánchez-Mejorada H. 1978. Las cactáceas del estado de Hidalgo, Cactáceas y Suculentas Mexicanas **13 (1)**: 3-28
- SEMARNAT. 2003. NOM-059-ECOL-2001. Diario Oficial de la federación 2º da sección. México. Página en red:
www.semarnat.gob.mx/dof/textos/11032003.doc
- Silvius K. 1995. Avian consumers of Cardón fruits (*Stenocereus griseus*: Cactaceae) on Margarita Island, Venezuela. Biotropica **27(1)**: 96-105

- Simpson R. L., M. A. Leck y V. T. Parker. 1989. Seed banks: General Concepts and Methodological Issues. En: Leck M. A., V. T. Parker y R. L. Simpson (Eds.). Ecology of seed banks. Academic Press, Inc. Nueva York. p: 3-8
- Thompson K, S. R. Band y J. G. Hodgson. 1993. Seed size and shape predict persistence in soil. Functional Ecology **7**: 236-241
- Thompson K. y J. P. Grime. 1979. Seasonal variation in the seed banks of the herbaceous species in ten contrasting habitats. Journal of Ecology **67**: 893-921
- Valverde, P. L. y J. A. Zavala-Hurtado. 2006. Assessing the ecological status of *Mammillaria pectinifera* Weber (Cactaceae), a rare and threatened species endemic of Tehuacán-Cuicatlán Region in Central Mexico. Journal of Arid Environments **64**: 193-208
- Vázquez-Yanes, C., A. Orozco-Segovia, M. Rojas-Aréchiga, M. Sánchez y V. Cervantes. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. Ed Fondo de Cultura Económica. México. Página en red: omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/lcpt157.htm
- Vázquez-Yanez, C. y A. Orozco-Segovia. 1996. Physiological ecology of seed dormancy and longevity. En: S. Mulkey, R. L. Chazdon y A. P. Smith (Eds.). Tropical Forest Plant Ecophysiology. Chapman and Hall Press. E.U. p: 535–558