



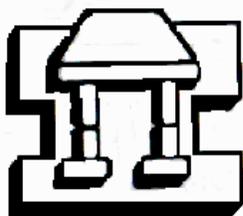
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**Evaluación del proceso de germinación de
Echinocactus platyacanthus: una especie bajo
protección especial, en el Valle del Mezquital,
Hidalgo.**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGO
PRESENTA:
MARCO ANTONIO HERNÁNDEZ LÓPEZ**

**DIRECTOR DE TESIS: M en C. FRANCISCO
LÓPEZ GALINDO**



IZTACALA

TLALNEPANTLA, EDO. DE MÉX.

2005



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

DEDICATORIA

Al Supremo existente, por dejarme ser...

A mis padres Manuel y Carmelina, por estar siempre al pendiente de mis proyectos de vida y por moldearme con todos sus consejos.

A mis hermanos Manuel y Fer, por brindarme su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis cuñadas Ñeca y Güera, por ser parte fundamental del soporte que conforma nuestro gran equipo de trabajo: La familia.

A mis sobrinos Güicho, Kike, Lalo, Cris y Jaz, por permitirme aprender de su inocencia y sus inquietudes.

A mis primos Ray, Fermín, Enrique, Migue, Willy, Judith y aquellos, que no por faltar en esta lista, dejan de ser los enriquecedores del conocimiento que adquiero diariamente.

A Miriam por darme la oportunidad de conocerte y descubrir que eres una mujer maravillosa.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser la institución que me brindo las herramientas para formarme dentro del campo de la Biología, particularmente a la FES. IZTACALA.

Al Laboratorio de Edafología – UBIPRO a cargo del Prof. Daniel Muñoz, por proporcionarme un espacio de trabajo.

A mis Asesores y revisores de Tesis por todas sus aportaciones y consejos para el mejoramiento de este trabajo.

Biol. José Antonio Meyran Camacho

M en C. Francisco López Galindo

Biol. Marcial García Pineda

M en C. Ismael Aguilar Ayala

M en C. Gumersindo Honorato De La Cruz Guzmán

A Panchito, quien mas que un asesor, eres un gran amigo de los más valiosos. Gracias por compartir tu sabiduría y tu agradable amistad conmigo.

A mis amigo (a)s Sandra por creer en mi y darme todo tu apoyo moral, personal y didáctico; Pau por tu confianza y por tu respetable amistad; Jaque por no dudar de mí y ser mas que una gran amiga; Mez, Ramón, Martín, Mónica, Aurora, Rafa, Beta, Pedro, Leo, Clau... y la interminable lista de amigos de Iztacala que me falto mencionar; a Mayra y Poncho y la banda adscrita al edafolaboratorio; Xhua y toda la banda del Centro Piloto; Ceno, Raúl, Baldomero y la comunidad del Dexthí, que hizo posible que trabajara en su maravillosa tierra; y a todos aquellos personajes que de alguna manera tuvieron que ver en la realización de este proyecto.

"Nunca te quejes de nada ni de nadie,
porque tú, y únicamente tú eres la causa de todo".

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. DEDICATORIA.....	i
II. AGRADECIMIENTOS.....	ii
III. ÍNDICE GENERAL.....	1
IV. INDICE DE FIGURAS.....	3
V. RESÚMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVOS.....	7
2.1. Objetivo general.....	7
2.2. Objetivos particulares.....	7
3. ANTECEDENTES.....	8
3.1. Generalidades de la familia Cactaceae.....	8
3.1.1. Características de las semillas de cactáceas.....	9
3.1.2. Diseminación de las semillas de cactáceas.....	11
3.1.3. Ecología y germinación de las cactáceas.....	13
3.1.4. Propagación y conservación de las cactáceas.....	14
3.2. Características e importancia de la especie.....	15
3.2.1. Ubicación taxonómica de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	15
3.2.2. Descripción botánica de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	17
3.2.3. Distribución geográfica de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	19
3.2.4. Vegetación asociada a <i>Echinocactus platyacanthus</i>	21
3.2.5. Fenología de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	22
3.2.6. Germinación y propagación de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	23
3.2.7. Aspectos ecológicos de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	25
3.2.8. Aspectos etnobotánicos de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	26
3.2.9. Principales usos de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	27
4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	29
4.1. Medio físico y geográfico del Dexthí-San Juanico.....	29
4.2. Economía del Dexthí-San Juanico.....	33
5. METODOLOGÍA.....	34
5.1. Descripción del sitio experimental.....	34
5.1.1. Material experimental.....	34

5.1.2. Material biológico.....	35
5.2. Colecta de frutos y sustratos.....	35
5.3. Trabajo de laboratorio.....	37
5.3.1. Pasteurización del sustrato.....	38
5.3.2. Almacenamiento y lavado de las semillas.....	38
5.4. Diseño experimental.....	39
5.4.1. Tratamientos.....	40
5.5. Variables de estudio.....	41
5.5.1. Técnicas de evaluación de las variables de estudio.....	41
5.6. Actividad, Extensión-Vinculación comunitaria en manejo de actividades....	42
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
6.1. Germinación.....	44
6.2. Crecimiento.....	47
6.3. Supervivencia.....	49
6.4. Mortalidad.....	50
7. CONCLUSIONES.....	52
8. SUGERENCIAS.....	54
9. ANEXOS.....	55
9.1. Datos generales de los tratamientos.....	55
9.2. Propiedades físicas y químicas del suelo utilizado como sustrato.....	56
9.3. Costras biológicas.....	57
9.4. Experiencias del taller de propagación de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	60
10. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Fig. 1. Mapa del Estado de Hidalgo, donde se muestra el Valle del Mezquital.....	6
Fig. 2. <i>Echinocactus platyacanthus</i> del Dexthí.....	16
Fig. 3. Colonia de <i>Echinocactus platyacanthus</i> del Dexthí.....	17
Fig. 4. Ejemplar de <i>Echinocactus platyacanthus</i> dañado.....	25
Fig. 5. Puesto de dulces en Ixmiquilpan, Hgo. Dulce acitrón.....	28
Fig. 6. Ubicación geográfica del Dexthí.....	30
Fig. 7. Estructura metálica con cubierta de malla plástica.....	34
Fig. 8. Fruto de <i>Echinocactus platyacanthus</i> de la comunidad el Dexthí.....	36
Fig. 9. Hormiguero de la comunidad el Dexthí.....	37
Fig. 10. Tierra lama, tierra negra y mezcla de ambos suelos con la hormigaza.....	38
Fig. 11. Lotes demostrativos utilizados para germinar las semillas de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	40
Fig. 12. Exposición audiovisual del taller de propagación del Zepe (<i>Echinocactus platyacanthus</i>).....	43
Fig. 13. Porcentajes de germinación graficados de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	45
Fig. 14. Gráfica de valores porcentuales de crecimiento de <i>E. platyacanthus</i>	47
Fig. 15. Gráfica de valores porcentuales de sobrevivencia en plántulas de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	49
Fig. 16. Gráfica de porcentajes de mortandad de semillas y plántulas de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	51
Fig. 17. Plántulas de <i>Echinocactus platyacanthus</i> inundadas en su contenedor en la época de lluvias (Julio 2005).....	57
Fig. 18. Costra microbiótica en un recipiente que fue inundado por tiempo prolongado	58
Fig. 19. Muestra del material vegetal producido durante el desarrollo de la presente investigación a los asistentes al taller.....	60
Fig. 20. Invernadero de la sociedad de señoras productoras de cactáceas (Rä Doni Kowa) en la comunidad el Dexthí.....	62

RESÚMEN

La fragmentación de los ecosistemas repercute de forma directa sobre los organismos y sus formas de aprovechamiento, como en el caso de las cactáceas. México cuenta con una notable diversidad de estas especies y un alto nivel de endemismos, como *Echinocactus platyacanthus* que se encuentra bajo la categoría de protección especial, debido a que han sido sobreexplotadas, para fines industriales, como forraje u ornato o simplemente se ha reducido su hábitat natural; por tal razón es necesario desarrollar un modelo sustentable basado en el manejo y aprovechamiento integrado de los recursos de la tierra que fortalezca la conservación ambiental y al mismo tiempo mejore la calidad de vida de la población. Dentro de este contexto se propuso evaluar el proceso de germinación de *Echinocactus platyacanthus*, utilizando como sustrato una mezcla de tierra negra, tierra lama y hormigaza en una proporción 1: 1: 1; estéril y sin esterilizar; la cual fue colectada en la misma zona en que se encontraba la planta en su hábitat natural, en la localidad el Dexthí, en el Valle del Mezquital, Hgo. Se eligieron 3 tratamientos con agua a caliente a tres temperaturas y un grupo testigo; así como una variable de tratamiento fitosanitario en las semillas con cloro 30%, para cada uno de los tratamientos. Los resultados obtenidos apuntan a que el mejor tratamiento para propagar *Echinocactus platyacanthus* utilizando una mezcla de sustrato estéril, con una previa inmersión de las semillas en cloro al 30%, proporciona valores de germinación, entre el 65 y 70% durante la temporada fría del año. En cuanto al crecimiento a los 15 días de emerger la radícula; con el tratamiento de escarificación a 60°C sobre sustrato sin esterilizar, haciendo una inmersión de las semillas en cloro 30%, se alcanzaron los valores mas elevados; y el mayor porcentaje de sobrevivencia en la especie se alcanzó con la mezcla de sustrato sin esterilizar, empleando tratamiento fitosanitario de cloro al 30% en las semillas. La mortandad de las semillas de la especie no estuvo directamente relacionada a la esterilización o no del sustrato, ni a la utilización de cloro 30% en las mismas. Un aspecto importante que se noto durante el desarrollo del presente trabajo fue que las plántulas de *E. platyacanthus* con una edad que oscila entre 1 mes y seis meses de edad, soportan temporadas de inundaciones de hasta 1 mes sin que estas mueran o se destruya su cuerpo globoso, pero se generan costras biológicas en el sustrato. Al final estos resultados se expusieron en un taller en la localidad en el Dexthí-San Juanico, en el Valle del Mezquital, Hgo.

1. INTRODUCCIÓN

La biodiversidad que alberga México es una característica Nacional que lo coloca entre los cinco países, a nivel mundial con mayor riqueza vital y el primer lugar por su variedad de cactáceas (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2004); al albergar 715 especies de esta familia, de las cuales el 80% son endémicas (Onzieme session du Comité pour les plantes, 2001)¹. Sin dejar atrás el gran valor natural de los animales, hay que recordar que las plantas constituyen la base de la pirámide alimenticia de todos los seres vivos. Han sido de gran importancia para el bienestar de los pueblos, no solo como alimento, sino también como vestido, armas, utensilios, colorantes, medicinas, cobijo, adorno, entre otras cosas. Parece paradójica la idea de que las plantas, como todo ser vivo tienden a crecer mejor en determinados lugares; sin embargo, ninguna planta puede elegir un lugar para que caigan y germinen sus semillas, ya que estas son arrastradas por el viento, el agua o dispersadas por los animales; sin embargo, su distribución no solo depende de estos factores, sino también de la intervención del hombre (Went-Frits, 1983). Una de las más graves amenazas que sufre la biodiversidad, es la fragmentación de los ecosistemas (Quijas-Mosqueda, 2005), que repercute de forma directa sobre los organismos y sus formas de aprovechamiento, como en el caso de las cactáceas, con la destrucción de su hábitat y el comercio ilegal, entre otros factores (Godínez-Álvarez, 1991). Nuestro país cuenta con una notable diversidad de estas especies y un alto nivel de endemismos, sin embargo existen plantas que se encuentran bajo un régimen de protección especial² como *Echinocactus platyacanthus* (López-Galindo, 2001), debido a que han sido sobreexplotadas, para fines industriales, como forraje u ornato (Trujillo-Argueta, 1982), o simplemente se ha reducido su hábitat natural. Estas especies se distribuyen en zonas áridas como es el Valle del Mezquital, en el Estado de Hidalgo (Fig. 1), mismo que por su propia naturaleza, representa un potencial productivo, ecológico y cultural; sin embargo, ha carecido de un plan de desarrollo que vincule las características y vocación natural de los recursos, con las actividades económicas y la situación sociocultural del lugar (López-Galindo, 2001); por tal razón es de vital importancia

¹ En la cual se menciona que no menos del 65% del territorio mexicano es de tipo árido y semiárido, el cual esta albergando a especies de suculentas, entre las cuales las cactáceas juegan un papel muy importante de tipo ecológico, estético, económico y social.

² *Echinocactus platyacanthus* se encuentra bajo la categoría de “especie endémica, sujeta a protección especial”, (Pr*), según la NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994.

desarrollar un modelo sustentable³, basado en el manejo y aprovechamiento integrado de los recursos de la tierra que fortalezca la conservación ambiental y al mismo tiempo mejore la calidad de vida de la población (Morales-Rosas, 1982; Leal-Pérez, 1990; Reyes-Santiago y Arias-Montes, 1995; Rosas-López, 2002).



Figura 1. Mapa del Estado de Hidalgo, donde se muestra el Valle del Mezquital

³ Entendiéndose que el Desarrollo sustentable es: El proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras (LGEEPA, 1996).

El Gobierno del Estado de Hidalgo en su Plan Estatal de Desarrollo (1999-2005) hace énfasis en relación al recurso edáfico, considerando que el Estado es uno de los que muestran mayor velocidad de degradación física del suelo, con procesos agudos de erosión como: compactación y deslizamientos; así como degradación biológica y química, resultado de prácticas agropecuarias y forestales no sustentables, que favorecen a los problemas de desertificación reflejados en rendimientos decrecientes, pobreza, migración y abandono de tierras (Hernández-Arzate, 2005).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

2.1.1. Evaluar el proceso de germinación de *Echinocactus platyacanthus*.

2.2. Objetivos Particulares

2.2.1. Estandarizar una técnica de propagación por semillas, con la tendencia básica de disminuir costos y tiempo.

2.2.2. Involucrar a la población dentro de la temática de producción bajo el marco sustentable, así como la importancia en su conservación con ayuda de un taller.

2.2.3. Impartir un curso de capacitación en la comunidad el Dexthí-San Juanico.

3. ANTECEDENTES

3.1. Generalidades de la familia Cactaceae

Dentro de las plantas más representativas de las zonas áridas y semiáridas, se encuentran la familia de las cactáceas, mismas que tienen gran importancia en estos sistemas, debido a su gran adaptabilidad a las condiciones extremas de los ambientes, como son la escasez de agua, las altas y bajas temperaturas, la alta radiación solar, entre otros (Rodríguez-Asassí, 1983; Reyes-Olivas *et al.*, 2002); así también las podemos encontrar en selvas tropicales y subtropicales, o en lugares donde ocurren nevadas invernales. Además representan un recurso natural de considerable importancia para satisfacer las necesidades de numerosas poblaciones, por el gran valor que ofrecen de tipo ecológico, estético, económico y social; incluso han sido reportadas como bioindicadores de minerales (Ibarra-Morales y Irigoyen-Camacho, 1986). Desde la época prehispánica fueron utilizadas de muy diversas maneras, como alimentos, bebidas, medicinas y tintes entre otros (Moreno-Vásquez, 1995). Uno de los fascinantes aspectos de esta familia es la suculencia de sus tallos y frutos (Gibson-C y Nobel-S, 1990), muchos

de los cuales constituyen los alimentos básicos de los mexicanos; igualmente estas plantas son y han sido utilizadas como forraje u ornato y de ellas se obtienen sustancias químicas de interés médico y farmacológico (alcaloides, lecitinas, glucósidos, etc.). Esta familia se caracteriza además por la producción de mucílago, que es un complejo carbohidrato, que forma parte de la fibra dietética como alimento (Saenz *et al.*, 2004), y debido al alto contenido de este carbohidrato, se han utilizado para la preparación de pegamentos (Frias-Díaz, 1989). Las Cactáceas son exclusivamente de América (con excepción del género *Rhipsalis* y algunas especies introducidas de *Opuntia*). Una remarcable característica de estas plantas, es la gran variedad de formas, tamaños y flores muy vistosas (Godínez-Álvarez, 1991), que exhiben a lo largo de su distribución geográfica, desde el sur de Canadá, hasta la Patagonia (Frias-Días, 1989; Martín-Lunas Rodríguez, 1990; Moreno-Vásquez, 1995; Rojas-Aréchiga y Vásquez-Yanes, 2000; Rosas-López, 2002). La familia esta representada por individuos arborescentes, arbustivos o trepadores, con tallos leñosos o suculentos. Estos pueden tener formas articuladas, delgadas, cilíndricas o globosas, con espinas distribuidas uniformemente alrededor del tallo o formados por costillas longitudinales (Altesor y Ezcurra, 2003). Las podemos encontrar desde plantas con hojas grandes (*Pereskia*), arborescentes gigantes (*Carnegiea gigantea*, *Pachycereus pringlei*, *P. schottii*), especies columnares (*Neobuxbaumia polylopha*, *Cephalocereus columna-trajani*), especies Candelabriformes (*Myrtillocactus geometrizans*, *Pachycereus weberi*), formas globosas (*Mammillaria*, *Coryphanta*), formas epifitas (*Hylocereus*, *Rhipsalis*) y formas de barril (*Echinocactus*, *Ferocactus*) (Gibson-C. y Nobel-S., 1990; Rojas-Aréchiga y Vásquez-Yanes, 2000). Así mismo podemos encontrar una gran variedad de colores y formas en las espinas; por ejemplo, cuando estas son jóvenes, presentan coloraciones que van desde blancas a casi traslucidas, amarillas, doradas, marrón, rosas, naranjas, rojas, grises o casi negras (Gibson-C. y Nobel-S., 1990).

Los lugares que habitan principalmente este grupo de plantas, son conocidos como Matorral Xerófilo, en donde la precipitación fluvial es baja y la cantidad de agua presente en el suelo es limitada durante la mayor parte del año (Quijas-Mosqueda, 2005). México, por las condiciones de latitud, topografía y climas, presentes a lo largo y ancho de su territorio, es el país que alberga la mayor cantidad de estas especies (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978; Serrano-Moya, 1983).

3.1.1. Características de las semillas de Cactáceas

La semilla es un recurso que puede obtenerse directamente del campo y en grandes cantidades, mediante la recolección de frutos, permitiendo seleccionar individuos con diferentes características y buen estado (Godínez-Álvarez, 1991). Las semillas de las cactáceas presentan variaciones en su forma, tamaño, estructura, características del embrión, color de la testa y número de semillas producidas por fruto; en general las semillas maduras cuentan con las siguientes partes: testa, embrión, endospermo, perispermo (en los grupos más primitivos), cubierta de arillo (características de la subfamilia Opuntioideae), funículo (*Opuntia*) e hilio (Tejero-Díez *et al.*, 1998). Algunas especies tienen una caruncula (*Pereskia*) y un estróbilo o rafe (*Mamillaria erectacantha*). El número de semillas producido por un solo fruto, puede ser enorme, algunas veces, más de 1000 semillas por fruto (*Pilosocereus chrysacanthus*), o solo unas cuantas (de 1 a 5 semillas por fruto en *Epithelantha* y *Pereskia aculeata*). Todas estas variaciones van a depender de la edad de la planta, el número de flores que produce y el tamaño de la especie. (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000). No son muy conocidas las condiciones óptimas para el almacenamiento de semillas de cactáceas; sin embargo, los estudios de algunos investigadores, han evidenciado que las semillas de algunas especies (sobre todo del género *Opuntia*), permanecen viables por varios años (Moreno-Calles, 2003). Se han desarrollado diferentes trabajos con semillas de cactáceas que tienen varios años de almacenamiento y en varios casos se ha demostrado que se consiguen elevados resultados de germinación, comparados con las semillas recién cosechadas; empero no se mencionan las condiciones en que las semillas son almacenadas, para que preserven su viabilidad (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000). La longevidad de las semillas bajo condiciones de almacenamiento natural y controlado, depende de muchos factores, incluyendo el tipo de semilla, estado de madurez, viabilidad y contenido de humedad, época en que son almacenadas, temperatura, grado de infección por hongos o bacterias, etc. (Fearn, 1981).

Las semillas de las cactáceas presentan dormancia (termino incluido dentro del concepto unificado y actualizado de Latencia), que es una etapa del desarrollo de la planta en la que su metabolismo fisiológico es muy lento, por lo que no puede sostener su crecimiento (Grajales-Muñiz, 2004). Se ha demostrado en algunos estudios que la imbibición de las semillas en ácido giberélico a diferentes concentraciones, ha favorecido la germinación de algunas cactáceas en la oscuridad y bajo condiciones de luz, las altas concentraciones de

GA, ha inhibido la germinación en unas especies, mientras que otras se han visto favorecidas (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000). Rojas-Aréchiga *et al* (1997) sugieren que los requerimientos de luz, podrían estar asociados con la forma de vida de la cactácea (cactáceas columnares o formas de barril) debido a un efecto maternal inducido por la temperatura. Las cactáceas tienen un amplio espectro de respuestas a la temperatura, sobre todo las especies de ambientes cálidos. Se ha demostrado que la temperatura óptima para las semillas de cactáceas germinen, oscila en el rango, entre 17 y 34°C, frecuentemente con óptimos valores a 25°C (Nobel, 1988). Varios autores coinciden en las observaciones hechas sobre el efecto de la temperatura sobre la germinación de cactáceas: Las temperaturas extremas, no favorecen la germinación, (aquellas por debajo de los 12 °C y superiores a los 28 °C). Una temperatura de 20 +/- 2 °C, da buenos resultados de germinación en varios géneros; diferentes especies, tienen diferentes respuestas a la temperatura; el tiempo para concluir la germinación disminuye, mientras la temperatura se incrementa; la respuesta de las semillas a la temperatura, depende de su edad; las semillas con años de edad, les toma mas tiempo germinar, que las semillas jóvenes; la alternancia de temperaturas otorga mejores resultados de germinación que las temperaturas constantes.

En ocasiones se han obtenido semillas de las heces fecales de animales que consumen los frutos y al colocarlas en medios favorables para germinar, se han obtenido mejores resultados de germinación, que las que han sido tomadas directamente de los frutos. Otros estudios se han encaminado a ver el efecto de la escarificación química o mecánica, para simular los requerimientos de las semillas con cubiertas impermeables; mismas que son removidas al pasar a través del tracto digestivo de los animales que las consumen. La inmadurez del embrión es otro factor que puede causar dormancia innata, ya que las semillas necesitan un periodo de madurez posterior para germinar y este varía para cada especie. Se ha demostrado también en varios trabajos que las semillas necesitan estar más maduras para obtener mayores porcentajes de germinación (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000).

3.1.2. Diseminación de las semillas de Cactáceas

Se sabe que en áreas desérticas es elevado el consumo de semillas. Dentro de los dispersores mas importantes de semillas en zonas áridas y semiáridas, se encuentran los

frugívoros (aquellos animales que se alimentan de los frutos); estos depredadores, son principalmente: murciélagos, roedores y en menor grado hormigas, aves y lagartijas. Algunos frutos son consumidos por especies específicas de animales, provocando que la dormancia de las semillas se rompa al pasar a través del tracto digestivo de estos. El daño causado por los consumidores de semillas es variable, por ejemplo: las hormigas al consumir las semillas pueden no dañar el embrión y solo remover la pulpa, los restos del funículo o la capa mucilaginosa adherida a la testa; pero hay roedores pueden completar la destrucción. En ocasiones, algunas aves destruyen las semillas, antes o durante la ingestión de los frutos, mientras que otras defecan las semillas intactas y viables para su germinación. En todos los casos en que no son dañadas las semillas, una porción de estas puede ser incorporada al suelo como banco de semillas y llegar a germinar si son depositadas en micrositios que tengan las condiciones favorables para ello (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000). El modo de dispersión de ciertas cactáceas, esta fuertemente asociado con las características estructurales tanto del fruto, como de la semilla, ya que estas son transportadas principalmente por dos vías y por diferentes vectores: por el viento y por animales; aunque el agua debería ser considerada un tercer vector de dispersión: Anemocora, constituye el modo menos común de dispersión de semillas en las cactáceas y es por medio del viento; Zoocora: (dispersión por animales) puede dividirse en tres categorías: (Endozoocora, Sinzoocora y Epizoocora).

Endozoocora. Muchas especies de cactáceas producen frutos carnosos de colores muy brillantes, mismos que representan un mecanismo de atracción, que estimula a los frugívoros (aves, roedores, reptiles y murciélagos). Todos estos animales pueden dispersar las semillas lejos de la planta patrón, por varios medios de regurgitación o defecación; algunas veces en sitios seguros para su germinación y establecimiento; desarrollándose así, una línea dinámica entre la fructificación de la planta y la semilla o banco de semillas en su comunidad (Jordano, 1992 en Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000). La mayoría de las semillas que son dispersadas por los animales, se caracterizan por poseer una testa densa o resistente, que es capaz de soportar los ácidos y enzimas digestivas.

Sinzoocora. Este es probablemente el modo más común de dispersión de semillas. Las hormigas son los principales vectores, pero también pueden participar otros insectos. La dispersión de semillas por hormigas (Mirmecora) provee una ventaja adicional para la planta, ya que sus semillas son colocadas en sitios adecuados para su germinación, construidos por las hormigas, que a su vez las protegen de la depredación.

Epizoocora. Las semillas son transportadas pasivamente sobre la superficie del animal. Las semillas de estas especies, comúnmente poseen una testa delgada.

Hidrocoria: Las semillas dispersadas por el agua, están provistas por mecanismos de flotación tales como un gran hilio, profunda copa de hilio, una ligera cubierta de la semilla y un pequeño embrión (Bregman, 1988, citado en Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000).

Valiente-Banuet y Arizmendi (1997), *Op cit*, mencionan dos grupos de dispersores de semillas entre las cactáceas: Los Dispersores Primarios, que toman el fruto directamente de la planta. Estos pueden ser diurnos (como aves y lagartijas), o nocturnos (como ciertas especies de murciélagos). Ellos comen los frutos y defecan algunas veces en pequeños lugares, en donde las semillas pueden encontrar las condiciones adecuadas para su establecimiento y germinación y los Dispersores Secundarios, (principalmente roedores y hormigas), que toman los frutos desde el suelo. Este tipo de dispersores, transportan las semillas a sus nidos, en donde estas últimas encuentran las condiciones favorables para germinar, y estar a salvo de la depredación.

3.1.3. Ecología y germinación de las Cactáceas

Los estudios de germinación proveen información ecofisiológica básica sobre los requerimientos necesarios para la propagación por semilla, desarrollo y subsecuente establecimiento de las plántulas (Rojas-Aréchiga, 1995); así mismo la propagación por semilla es un método importante para mantener la diversidad genética de las poblaciones y las especies. (Serrano-Moya, 1983; Godínez-Álvarez, 1991; Rojas-Aréchiga, 1995; Márquez-Díaz, 2000). Muchos de los estudios que han valorado la germinación de semillas de cactáceas, se han enfocado sobre todo a su establecimiento y sobrevivencia. Estos estudios se han encaminado sobre todo a la germinación y reclutamiento bajo la sombra protectora de asociaciones de plantas o rocas (nodrizaje), ya que estos elementos proveen humedad y protección extra, contra la excesiva radiación solar, durante los primeros estadios de crecimiento a que son expuestas las plántulas, por ser un requerimiento básico de la sobrevivencia de la misma. Las plantas nodrizas, son principalmente arbustos perennes que en algunos casos son reemplazados por las grandes cactáceas columnares (Valiente-Banuet, 1991). El papel de las sustancias inhibitoras en la germinación de las semillas de cactáceas, tiene aparentemente

implicaciones ecológicas, tales como proveer información sobre las condiciones ambientales en que habitan. Los inhibidores solubles presentes en la testa o en la pulpa del fruto, parecen controlar la germinación de la semilla, manteniendo el estado dormante hasta que las condiciones ambientales para su desarrollo sean favorables. En algunas ocasiones las primeras precipitaciones pueden afectar la germinación de algunas semillas de cactáceas; sin embargo diversos estudios apuntan a que diversos periodos de remojo de las semillas en el suelo, puede disparar la germinación. Algunas cactáceas les lleva solo una semana en germinar, pero hay otras que les puede llevar este proceso unos cuantos meses. En algunos trabajos, se ha encontrado una mejor sobrevivencia de las plántulas durante una sequía, haciéndonos creer que las semillas de cactáceas tienen una memoria de cambios internos por un tratamiento de hidratación, que puede permitirles resistir períodos de desecación y germinar muy rápido, después de una rehidratación (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000).

3.1.4. Propagación y conservación de las Cactáceas

Debido a sus bajas tasas de crecimiento individual y poblacional, las cactáceas suelen ser vulnerables a las fuertes presiones de sobre colecta, así como a la destrucción de su hábitat por causas antropogénicas, como el desarrollo tecnológico y la urbanización (Moreno-Vásquez, 1995; Quijas-Mosqueda, 2005). Este grupo de plantas ha sido siempre sometido a intensa explotación debido a su gran diversidad y valor, principalmente como planta ornamental, y como resultado de esto, sus poblaciones han sido drásticamente afectadas debido a la perturbación severa de su hábitat. Del total de las especies de cactáceas mexicanas, el 35 % se encuentra en peligro de extinción, por tal razón, actualmente en México se está dando mayor énfasis en diferentes líneas de investigación para rescatar, preservar y conservar las cactáceas amenazadas o en vías de extinción (Márquez-Díaz, 2000).

Los estudios de propagación constituyen una alternativa para la conservación de este recurso natural, porque da la posibilidad de obtener plantas valiosas utilizando métodos artificiales, que podrían disminuir la demanda de la sobreexplotación desmedida. La propagación de cactáceas se puede llevar a cabo por tres vías: a través de cultivo de

tejidos *in vitro*, por medio de propagación vegetativa (asexual) y por germinación de semillas (sexual) (Márquez-Díaz, 2000). La propagación por cultivo de tejidos ha sido extensamente estudiada por varios autores, y a pesar de que esta técnica podría ser exitosamente utilizada para propagar especies amenazadas o en riesgo, presenta problemas fundamentales: la diversidad genética es reducida y se trata de una costosa técnica; pero presenta dos ventajas: 1) se pueden producir muchas plantas de un solo espécimen y de varias partes de la planta y 2) la velocidad de crecimiento es mayor. La propagación vegetativa se puede llevar a cabo por brotes y cortes (esquejes), por división cespitosa de especímenes y por injerto. Este tipo de reproducción es importante para elevar rápidamente los parámetros poblacionales con un genotipo ya probado y exitoso, pero no deja lugar a la variabilidad (Rosas-López, 2002), es decir, no ocurre la recombinación genética y son ampliamente utilizados por varios autores. La propagación por semillas es un método muy importante, porque permite la diversidad genética de especies y poblaciones para perpetuarse, sin embargo, existe poco conocimiento acerca de su viabilidad, longevidad y requerimientos necesarios para hacer germinar las semillas. Los estudios sobre germinación y establecimiento de las plantas son importantes para comprender las estrategias reproductivas y la propagación y conservación artificial. Mucha de la información existente acerca de la propagación de estas plantas proviene de horticulturistas, coleccionistas y aficionados; quienes curiosamente solo sugieren que tipos de sustratos deben usarse para favorecer la germinación y el crecimiento, así como algunas ideas acerca de la siembra y el trasplante. Existe una urgente necesidad para realizar más estudios sobre propagación con fines conservacionistas (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000).

Una excelente vía para conservar especies amenazadas por métodos *ex situ* es creando bancos de germoplasma, donde podrían mantenerse viables las semillas, si los sitios destinados a ello se encuentran bajo condiciones controladas (las semillas deben estar en cámaras herméticas a bajas temperaturas menores a (18 °C) y humedad relativa baja (c. 5%). siguiendo estas recomendaciones, la viabilidad podría ser mantenida por largos periodos de tiempo, hasta por 100 años (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000).

3.2. CARACTERÍSTICAS E IMPORTANCIA DE LA ESPECIE

3.2.1. Ubicación taxonómica de *Echinocactus platyacanthus*

De acuerdo con Nobel-S (1988).

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledoneae

Familia: Cactaceae

Subfamilia: Cactoideae. modificada desde Cronquist (1981), Thorne (1982, 1983) y Gibson y Nobel (1986); citados en Nobel-S (1988).

Tribu: Cactae

Genero: *Echinocactus*

Especies con relación taxonómica: *Echinocactus grusonii* Hildm., *E. platyacanthus* Link & Otto, *E. polycephalus* Engelm y Bigel.

Nombre Científico: *Echinocactus platyacanthus* Lk. & Otto.

Nombre común: Biznaga

Aunque el nombre de Biznaga, se aplica a diversas plantas carnosas, espinudas, de forma más o menos globosa, de la familia de las cactáceas; algunas de ellas con costillas como *Echinocactus*, *Echinofosulocactus*, etc; y otras con mamilas como *Mammillaria*, *Dolichothele*, en el presente trabajo nos referimos al género *Echinocactus* (forma de barril), por ejemplo a *E. grusonii* que presenta una forma casi esférica, globosa o globular (Gibson-C y Nobel-S, 1990).

La especie *Echinocactus platyacanthus*, es conocida solo como Biznaga en la región de Guadalcazar, S. L. P.; mientras que en otras regiones de este mismo Estado, se le conoce como Biznaga de dulce. En Puebla e Hidalgo se conoce como Biznaga de acitrón (Fig. 2); sin embargo la mayoría de los pobladores de los estados de Puebla, S. L. P., Hidalgo y Querétaro, coinciden en llamarla Biznaga gigante o Biznaga de Lana.



Figura 2. *Echinocactus platyacanthus* del Dexthí. Sobre sus espinas un trozo del dulce acitrón, que se produce a partir de la misma planta, de ahí el nombre de biznaga de acitrón.

En Coahuila y Zacatecas se conoce como Biznaga burra (Martínez-M, 1979). En otras regiones de San Luis Potosí, se conoce con el nombre de biznaga caballona y biznaga de lana. Este último nombre se le atribuye por la gran cantidad de indumento lanosos que posee (Trujillo-Argueta, 1982). En la región del Dexthí-San Juanico, en el Valle del Mezquital, Hidalgo, es conocida con el nombre de Zepe. Actualmente este género, se encuentra en muy baja frecuencia en el campo (Frias-Díaz, 1989).

3.2.2. Descripción botánica de *Echinocactus platyacanthus*

El nombre botánico de *Echinocactus platyacanthus* se debe a Link y Otto, cuyas descripciones se basaron en ejemplares de tamaño medio procedentes del Este de México (Trujillo-Argueta, 1982)¹. Con base en observaciones morfológicas efectuadas en individuos en diferente etapa de crecimiento y con las descripciones hechas por Rose en *E. grandis* y en *E. palmeri*, Bravo (citada en Trujillo-Argueta, 1982), amplía la descripción

¹ La autora menciona además que Bravo (en prensa) afirmó que aunque la descripción que hicieron fue breve, el dibujo que la ilustra es bastante exacto y puede usarse como modelo.

hecha por Link y Otto: “*Cuerpo* globoso, subgloboso, gruesamente columnar (Fig. 3) hasta toneliforme.



Figura 3. Colonia de *Echinocactus platyacanthus* de el Dexthí.

Los ejemplares adultos de 5 dm a 2 m de altura y de cerca de 60 a 80 cm de diámetro, de color verde oscuro o algo glauco, presentando en las formas jóvenes, bandas horizontales de color rojizo púrpuro; ápice hundido, llevando abundante lana amarillenta que forma una amplia zona lanosa circular o más o menos elíptica. *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 ápice con abundante lana amarillenta, las demás restantes más o menos glabras. *Espinación* variable en relación con la edad de la planta; todas las espinas grandes y gruesas, tubuladas 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 4 arriba y 4 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. *Espinas 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 correcta, con el tiempo se atrofian pudiendo reducirse a una sola. *Flores* numerosas emergiendo entre la lana del ápice, diurnas, abriéndose ampliamente, de unos 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 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, la tercera parte 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 oblanceolados, 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, de color amarillo intenso, cavidad del ovario ovoide, de 6 mm de diámetro, con óvulos numerosos provistos de funículos ramificados; nectario en torno de 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 cubre 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". Las diferencias morfológicas existentes entre las formas geográficas de *E. platyacanthus* son las siguientes: la forma *grandis* tiene tallos viejos, anchamente columnares con gruesos plegamientos transversales, las espinas son negruzcas, las centrales de 4 a 5 cm

de longitud; la forma *platyacanthus* posee tallos viejos anchamente columnares, toneliformes a veces con plegamientos transversales, sus espinas centrales son de color amarillo, ligeramente curvas y de 6 a 8 cm de longitud, y finalmente la forma *visnaga* que presenta tallo similar a la forma *platyacanthus*, espinas centrales amarillas o con tinte rojizo de 6 a 10 cm de longitud y rectas (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991). El polen de esta especie de acuerdo con González (1969), citado en Trujillo-Argueta (1982), es tricolpado, rectado, psilado, varía de subesferoidal a prolato, de 57 (69) 89 μ por 46 (67) 73 μ . En vista polar es circular, con un diámetro de 65 (77) 95 μ . Exina de casi 5 μ de grosor, medida entre los colpos ya que se adelgaza hacia ellos; elementos de la columela de 3 μ de alto; excetina tres veces mas gruesa que la endexina. Colpos: de 65 a 95 μ de largo por 5 a 8 μ de ancho.

3.2.3. Distribución geográfica de *Echinocactus platyacanthus*

Este género se distribuye desde el Sur de los Estados Unidos hasta Puebla. En México. *E. grusonii* se distribuye de San Luis Potosí a Hidalgo (Alfonso-González, 1964; Frias-Díaz, 1989) ; *E. horizonthalonius*, al Oeste de Texas, desde el sur de Nuevo México y Arizona hasta el Distrito Federal; *E. parry*, en el Paso y Norte de Chihuahua; *E. polycephalus* en UTA, Oeste de Arizona, sur de California y norte de Sonora; y por último *E. xenanthermoides*, en el extremo suroeste de UTA y noreste de Arizona (Britton y Rose, 1937), citado en Trujillo-Argueta (1982); Bravo, en prensa (*Op cit.*), reporta la forma *grandis* en Tehuacan, Puebla; la forma *platyacanthus*, en los Valles intermontanos y barrancas profundas de los estados de Hidalgo (Rodríguez-Isassi, 1983), Querétaro; y la forma *visnaga*, en el Altiplano de los Estados de Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo León y sudoeste de Tamaulipas. Rzedowski (1979), menciona que este género, guarda estrecha relación geográfica con el Estado de México y de acuerdo a los resultados obtenidos por Gómez-Hinostrosa y Hernández-M (2000) reportan que *E. platyacanthus*, aparte de tener una amplia distribución geográfica, guarda estrecha relación con la región sur del desierto de Chihuahua.

La distribución geográfica de *E. platyacanthus*, queda comprendida entre los paralelos 18° 00' y 25° 00' N y los meridianos 97° 00' y 102° 00' W y sigue una dirección SSE-NNW; por lo tanto puede considerarse como una especie endémica de México (Trujillo-Argueta, 1982). Con base en el mapa de provincias fisiográficas de México, la especie se ubica

parcialmente en la Cordillera Transversal, Sierra Alta y Cordilleras Bajas del sistema orográfico de la Sierra Madre Oriental; en la Meseta Central; y en los Altos de Oaxaca, correspondiente al sistema de la Sierra Madre del Sur. Esta distribución presenta una notable disyunción provocada por el Eje Volcánico Transversal, que indudablemente representa una importante barrera geográfica en el flujo de genes de la especie. Dado que las formas ancestrales de la familia Cactaceae se localizan en los territorios emergidos del Caribe (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978), es probable que el centro de origen de *E. platyacanthus* se haya localizado en los Estados de Puebla y Oaxaca; y de ahí se haya dispersado al Norte (Trujillo-Argueta, 1982).

La altitud mínima que *E. platyacanthus* ha sido encontrada es a 1250 msnm (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978) y la máxima a 2600. En la mayoría de las localidades citadas se ha reportado sobre pendientes de 1 a 40 %; sobre substrato sedimentario de origen marino como calizas, margas, areniscas; suelos someros, bien drenados, pedregosos, con alto contenido de materia orgánica y carbonato de calcio; y el clima que prevalece es seco estepario (BS). Esta especie está reportada en San Luis Potosí, sobre suelo de tipo Litosol eútrico, creciendo sobre roca sedimentaria caliza; y en el resto de las localidades se le ha encontrado sobre sustrato calizo desde Puebla hasta Nuevo León. Esta marcada selectividad por los sitios calizos permite considerar a esta especie como Calcícola. La discontinuidad observada en el Eje Volcánico Transversal seguramente se debe a la naturaleza ígnea de esta provincia fisiográfica. Dicha disyunción sugiere la existencia de una distribución continua de esta especie, antes de la formación del Eje Neovolcánico Transversal que es del Plioceno Superior al Reciente. Además se ha reportado que de lo observado en San Luis Potosí, como en el resto de la República, obliga pensar que el material parental parece ser uno de los factores ambientales que ejercen mayor influencia sobre la distribución de la especie (Trujillo-Argueta, 1982).

3.2.4. Vegetación asociada a *Echinocactus platyacanthus*

Estas plantas crecen sobre las faldas de los cerros, en laderas, cubiertos por matorrales, en donde predominan especies como: *Agave filifera*, *Agave lechuguilla*, *Agave verschaffeltii*, *Hechtia sp.*, *Fouquieria ochoteranae*, *Yucca periculosa*, *Beaucarnea gracilis*, *Nolina sp.*, *Cercidium plurifoliatum*, *Acacia cochliacantha*, *Acacia bilimeki*, *Cassia macdougaliana*, *Calliandra cumingei*, *Bursera galeotiana*, y entre las cactáceas: *Cephalocereus hoppenstedtii*, *Neobuxbaumia mezcalaensis*, *Neobuxbaumia tetetzo*, *Myrtillocactus geometrizans var. grandiareolatus*, *Stenocereus weberi*, *Escontria chiotilla*,

Coryphantha pallida, *Ferocactus robustus*, *Ferocactus recurvus*, *Mammillaria sphacellata*, *Mammillaria conspicua*, *Mammillaria carnea*, etc. (Trujillo-Argueta, 1982; Rzedowski, 1983; Velasco-Santiago, 1989; López-Galindo y Muñoz-Iniestra, 1991; García-Castañeda y López-Pérez, 2004). Trujillo-Argueta (1982), reporta que *E. platyacanthus* se encontró en un 57% de las localidades de San Luis Potosí, del total de las muestreadas en su trabajo, creciendo sobre matorral desértico rosetófilo, caracterizado por asociaciones de especies con hojas dispuestas en roseta, ramosas y espinosas entre las que se encuentran *Agave* spp; *Hechita glomerata* Zucc; *Agave lecheguilla* Torr; *Agave striata* Zucc; *Dasyliirion* spp y *Yucca* spp. Un 13% en matorral submontano, en especies como *Helietta parvifolia* (A. Gray) Benth; *Leucophyllum* spp; *Celtis pallida* Torr. y *Forestiera* spp. Con un porcentaje igual al anterior se encontró sobre mezquital extradesértico, en el que son frecuentes entre otras especies *Acacia farnesiana* (L.) Willd.; *Prosopis laevigata* (H. & B.) Johnst.; *Mimosa* spp. y *Acacia* spp. Finalmente, un 17% de las localidades eran matorral micrófilo de *Larrea trideniata* (D. C.) Cov.; *Flourensia cernua* D. C.; *Cordia greggii* Torr. y *Franseria dumosa* A. Gray in Frem, entre otras; con lo que concluye la autora que el tipo de vegetación en donde *E. platyacanthus* obtiene su mejor expresión es en el Matorral Desértico Rosetófilo, mismo que ya ha sido reportado ya por varios autores, entre ellos Rzedowski (1973). Con respecto a la flora de los lugares en que habita *E. platyacanthus*, al menos en Hidalgo, Puebla y S. L. P.; este último autor, al estudiar las relaciones de las zonas áridas mexicanas, encuentra que a nivel de géneros, el índice de similitud entre San Luis Potosí e Hidalgo es del 87%, razón por la cual son mencionadas las mismas características de estos Estados. López-Galindo (2001), reporta a *E. platyacanthus* en el Alto Mezquital, en el Estado de Hidalgo, creciendo sobre Matorral inerme de *Flourensia resinosa*, sobre Matorral inerme de *Sophora secundiflora*, en Matorral subinerme, sobre Matorral crasirosufolio y Matorral espinoso decíduo. Velasco-Santiago (1989), menciona que en el Valle del Mezquital, Hgo, en el tipo de vegetación que se encuentra *E. platyacanthus*, el dominante fisonómico es el Mezquite (*Prosopis laevigata*) y se encuentra a la especie de interés creciendo sobre Matorral de Fouquieria, que corresponde a una parte de Matorral desértico espinoso, en donde la especie dominante es *Fouquieria fasciculata*; también la reporta sobre Matorral de *Agave lecheguilla* y Matorral de *Flourensia resinosa*.

3.2.5. Fenología de *Echinocactus platyacanthus*

Trujillo-Argueta (1982), menciona que son 8 los estadios de vida que se distinguen en *E. platyacanthus*. El primero corresponde a la semilla, del segundo al quinto, al período prereproductivo y los tres últimos al reproductivo:

- 1) Semilla. Maduran en dos meses coincidiendo con el tiempo más caluroso y probable de lluvias. Las semillas miden 2.5 mm de longitud y poseen perisperma conspicuo.
- 2) Plántula. Presenta nutrición parcial heterotrófica de las sustancias almacenadas en la semilla y estructuras embriológicas como los cotiledónes, raíz primaria y tallo principal. Requieren protección de la luz solar directa. En la región apical se empieza a desarrollar el indumento lanoso. La cutícula es delgada.
- 3) Individuos juveniles. Ya no presentan cotiledónes. Necesitan aún protección de la luz solar directa. Se desarrollan algunas aréolas con espinas pequeñas y frágiles. Se forman 5 costillas. Su cuerpo está cubierto por una pruinosidad que le da una coloración grisácea.
- 4) Individuos inmaduros. Ya no son tan sensibles a la luz solar directa. Sus espinas son más gruesas, especialmente en la región apical. Con 5 a 15 costillas, poseen en su cuerpo bandas rojizo-purpúreas horizontales. A partir de las 8 costillas, la pruinosidad comienza a disminuir. Aumenta el grosor de la cutícula.
- 5) Plantas virginales. Presentan de 16 a 26 costillas, en cuyos bordes tienden a localizarse las bandas rojizo-purpúreas. Las plantas son ya parecidas a las maduras.
- 6) Individuos jóvenes reproductivos. El indumento lanoso apical aumenta. A partir de las 27 costillas *E. platyacanthus* comienza a producir semillas. Se llegan a encontrar en individuos con este número de costillas, todavía bandas purpúreas en los bordes de las costillas. En la región basal de los individuos se encuentran en las partes viejas o muertas. En esta etapa prevalece la formación de partes nuevas sobre viejas.
- 7) Individuos maduros. El indumento lanoso es más abundante y la región apical lanosa adquiere forma elíptica, con una orientación Este-Oeste. Entre las 37 y 48 costillas aproximadamente se encuentran los individuos con grandes tallas y alta producción de frutos.

- 8) Plantas reproductivas seniles. El indumento apical va disminuyendo, así como el número de espinas. Aproximadamente desde las 48 costillas, las partes viejas o muertas prevalecen a la formación de nuevas. No se observa disminución en la producción de frutos y son estos individuos los que presentan la máxima capacidad reproductiva.

3.2.6. Germinación y propagación de *Echinocactus platyacanthus*

El tipo de germinación es epígea². Se ha demostrado que bajo condiciones controladas de humedad elevada, iluminación y con una temperatura de 24 +/- 2°C, la germinación se inicia a los 3.5 días de sembrado y alcanza un máximo de 92% a los 10.5 días, en semillas recientes (Trujillo-Argueta, 1982; Godínez-Álvarez, 1991; Rojas-Aréchiga, 1995; Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000), aunque hay autores que opinan lo contrario como Quijas-Mosqueda (2005) quien obtuvo valores de germinación en dos especies de este género, muy bajos, con las mismas condiciones ambientales. También se ha reportado que la especie no germina en invierno (Trujillo-Argueta, 1982). Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes (2000) y Moreno-Calles (2003), mencionan que las semillas de *Echinocactus platyacanthus* var. *grandis*, almacenadas hasta por 6 años en contenedores de vidrio a temperatura ambiente (20 +/- 2 °C) y sin exposición a la luz, dan como resultado porcentajes de germinación por arriba del 50 %. Rojas-Aréchiga (1995); Rojas-Aréchiga *et al* (1997) y Rojas-Aréchiga *et al* (1998), determinan la respuesta germinativa de *E. platyacanthus*, sin tratamientos de escarificación, solo diferentes tratamientos de intensidad de luz (LB, LR, LRL y O) y temperaturas constantes y alternantes; concluyendo que la especie presenta fotoblastismo positivo, además de que la especie es una de las más tolerantes a las temperaturas extremas, y que alcanza los mayores porcentajes de germinación a temperaturas constantes (70%) a 25°C y a temperaturas alternantes 10/25°C (arriba del 50%). Anicua-Farfan (2000) Desarrolla un trabajo sobre micropropagación y estatus metabólico de cactáceas y en *Echinocactus grusonii* concluye, que se generó una gran cantidad de callo sin respuesta organogénica, incluyendo el grupo testigo, sin observarse un efecto diferencial inducido por la aplicación de reguladores de crecimiento en relación a los testigos. Sin embargo hay quienes han

² Es decir que siendo común que la emergencia de la radícula se lleve a cabo soterrada en muchas especies, en *E. platyacanthus* se desarrolla por encima del suelo.

intentado propagar la especie por otras vías como Frias-Díaz (1989), quien desarrolló una metodología de propagación de *Echinocactus grusonii*, por cultivo de tejidos reportando haber obtenido hasta 2.5 brotes por cada plántula original en un periodo de 3 a 4 semanas. Otros autores manejan diferentes tiempos de imbibición como Quintana-Sierra (1994) quien determinó que el nivel crítico del agua para la especie es de 3.98%, alcanzado durante la primera hora de imbibición a una temperatura de 35° C., con un porcentaje de germinación que va del 80 al 95%. Otro método que ha sido utilizado para inducir la germinación por semillas en esta especie es el empleado por Godínez-Álvarez (1991) por medio de frotación de las semillas con lija. De acuerdo a lo reportado por Boke (1980) (citado en Trujillo-Argueta, 1982) acerca de que la propagación vegetativa puede inducirse mediante decapitamiento y *que cuando E. platyacanthus* es proporcionada al ganado, puede en ocasiones sobrevivir y los individuos originan yemas (Fig. 4), que dan lugar a una colonia; fue observado en el área de estudio de este trabajo, en toda el área comprendida como Dexthí-San Juanico, ya que se encontraron ejemplares que fueron utilizados como forraje y en algunos de ellos hubo brotes de nuevos tallos.



Figura 4. Ejemplar de *Echinocactus platyacanthus* dañado (que fue utilizado como forraje) y origino una colonia de 5 nuevos individuos (lado superior izquierdo), el cual fue encontrado en la comunidad el Dexthí.

3.2.7. Aspectos ecológicos de *Echinocactus platyacanthus*

En la etapa de plántula y juvenil, *E. platyacanthus* requiere de un microhábitat mésico que le proteja de la luz solar directa. Se ha encontrado que las especies que con mayor frecuencia le proporcionan esta protección son *Hechtia glomerata* y *Agave lecheguilla* por ser las dominantes del matorral desértico rosetófilo, tipo de vegetación en donde esta cactácea se encuentra mejor representada. Por ser aquí los suelos muy pedregosos, las piedras aunque pequeñas llegan a proporcionar también esa protección. Las espinas que comienzan a tener un gran desarrollo en los individuos inmaduros de la especie, juegan un gran papel en la moderación de los cambios de temperatura diurna, ya que interceptan parte de las radiaciones de onda corta durante el día. Al incrementarse también durante esta etapa la cutícula, permite reducir su transpiración y por otro lado al aumentar el número de costillas y lograr una forma redondeada, es posible que pueda almacenar más agua. Las espinas contribuyen también a disminuir la transpiración, pues disminuyen la velocidad del viento (Trujillo-Argueta, 1982). Gibson-C. y Nobel-S. (1990), mencionan que el crecimiento de las costillas comienza de la base hacia el ápice del tallo y la formación de estas se da al interior por fusión de tubérculos en series verticales. En cuanto al crecimiento, Bravo (en prensa) menciona que *E. platyacanthus*, requiere de muchos años (cerca de un siglo) para adquirir su forma columnar o de tonel y que puede alcanzar hasta 3 m de altura y pesar varias toneladas. También indica que florece muy pronto, desde su estado juvenil de ocho costillas, aunque Trujillo Argueta (1982), menciona que es hasta después de 27 costillas que comienza a florecer y producir frutos y en el Dexthí-San Juanico se han observado ejemplares que a las 21 costillas comienzan a florecer (Obs. Personales).

La propagación vegetativa de esta especie puede inducirse mediante decapitamiento. Marroquín *et al* (1964), citados en Trujillo-Argueta (1982), observaron que cuando *E. platyacanthus* es proporcionada al ganado, puede en ocasiones sobrevivir y los individuos originan yemas, que dan lugar a una colonia.

Reyes-Santiago y Arias-Montes (1995) Describen en su trabajo, diferentes técnicas de propagación de cactáceas por métodos sexuales y asexuales. Ellos mencionan que en las últimas décadas se ha presentado una demanda más selectiva e intensa en los mercados internacionales de las cactáceas, sin haberse cubierto totalmente por los principales

productores; y por ello resulta alentador iniciar programas de propagación de cactáceas en México.

3.2.8. Aspectos etnobotánicos de *Echinocactus platyacanthus*

Las cactáceas de tallos globosos como los géneros *Echinocactus* y *Mamillaria* eran llamadas *Comitl* o *huitznahuac* y algunas tuvieron importancia en las prácticas religiosas. El vocablo *Comitl* significa literalmente olla, aludiendo al parecido que tales plantas tienen con estas vasijas de cerámica empleadas para conservar y cocer alimentos. El más importante era el *Tecomitl* u olla divina; por los datos iconográficos de los códices, se puede deducir que es una especie de *Echinocactus*. En el Códice *Nuttall*, folio 4, existe un jeroglífico en el que están representadas las cuatro mantas de Mixcoatl, el dios de la caza, en el que se observan 5 de estas biznagas. La misma planta se encuentra también en un Jeroglífico que, según Del Paso y Troncoso se puede ver en el Códice *Pictórico* de los antiguos Nahoas, del Palais Bourbon, en la parte relativa a la segunda fiesta del mes *Quecholli*, en la vigilia de *Panquetzaliztli*. Algunos historiadores hacen alusión a un monolito llamado también *Tecomitl*, el cual estaba en Tlaxcala y representaba, más o menos estilizada, una de dichas biznagas. El *Tecomitl* se usaba como *texcatl* (mesa de sacrificios). Desempeñando idéntica función, se encuentra también representado en la Tira del Museo o Peregrinación Azteca, en donde se le ve dibujada con su raíz y su tallo esférico provisto de surcos y espinas; sobre ella y en posición de sacrificio, reposa un peregrino a quien el sacerdote saca el corazón por orden de Huitzilopochtli. El término *Huitznáhuac* (*huitztli* – espina; *náhuac* – entre), que significa rodeado de espinas, llamado así por los aztecas, se empleó para designar especies de los géneros *Mamillaria* y *Echinocactus*. Cuando los misioneros aplicaron el alfabeto castellano al náhuatl, del modo siguiente: Vitznauac, fue donde se formó por corrupción Visnaga, Biznaga. Peñafiel dice que este nombre también se aplicaba como sinónimo de *Huitzcalco*, que significa lugar o casa de penitencia. Además aclara que la Biznaga de México tiene distinta acepción que en Europa, ya que allá se designa así a una planta con hojas (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978; Trujillo-Argueta, 1982). En la descripción de *Huitznahuac* dada por Robelo (sin fecha), citado en Trujillo-Argueta (1982) menciona: “Los pedunculillos de las flores secas, por su dureza y por su punta aguda, parece o son verdaderas espinas; por esto se emplean como mondadientes, para lo cual se preparan con sangre de drago”.

Además señala que las espinas de estas plantas junto con las del Maguey eran utilizadas para sacrificarse las carnes, sacándose sangre de las orejas, de los molledos, de los brazos y piernas, de la nariz y aún de la lengua. Con estos objetos se consagra a *Huitznahuac* o biznaga deificada, la cual tenía su templo llamado *Huitznahuacteopan* (templo de *Huitznahuac*), y el sitio donde se guardan las espinas le denominaban *Huitznahuacalli* o *Huitzcalco* que significa en la casa de las espinas. Se han encontrado restos de *E. platyacanthus* en las excavaciones arqueológicas de Tehuacan, que sugieren su posible utilización por el hombre desde el año 200 A. C. (Trujillo-Argueta, 1982).

3.2.9. Principales usos de *Echinocactus platyacanthus*

En la Historia Natural de la Nueva España de Hernández (1959) (citado en Trujillo-Argueta, 1982), no se encuentra una descripción que pueda atribuirse inequívocamente a *E. platyacanthus*. No obstante se menciona al *Teocomitl* y al *Tocahuitzli*, que presentan algunos rasgos morfológicos similares a los de la especie de interés. Este autor menciona que la primera se consumía cocida con semillas de calabaza o como fue costumbre entre los chichimecas, hecho tamales; de la segunda, menciona que la pelusa parecida al algodón que esta posee, así como sus raíces, eran utilizadas para curar úlceras.

Trujillo-Argueta (1982) menciona que hubo quien señaló en S. L. P., que la “lana” que dicha planta produce, podría suplir a la de oveja para ciertos usos; así mismo indica que sus flores de color amarillo permanente, se empleaban para teñir diversas prendas; que en otras regiones del mismo Estado, el indumento lanoso es empleado principalmente como relleno. Además la gente opina que la lana de esta biznaga es más fina que la de borrego, ya que no se apelmaza; por lo que en algunas localidades se llegó a emplear para hacer colchas y chalecos.

Rodríguez-Isassí (1983) menciona que en épocas muy secas, se corta el ápice de la biznaga y se parte por la mitad, para dar de comer principalmente al ganado caprino, garantizando así que tengan líquido suficiente para subsistir. En la actualidad, las flores, frutos y tallos de esta especie siguen siendo utilizados como forraje en circunstancias de extrema sequía (Trujillo-Argueta, 1982; Obs. personales), y del parénquima se elabora el dulce de Biznaga o Acitrón (Fig. 5) tanto a nivel comercial como doméstico (Alonso-González, 1964; Trujillo-Argueta, 1982; Rodríguez-Isassí, 1983; Serrano-Moya, 1983;

Rzedowski, 1985; Frias-Díaz, 1989; García-Castañeda y López-Pérez, 2004; Obs. personales).



Figura 5. Puesto de dulces en Ixmiquilpan, Hgo. El primer frasco de adelante hacia atrás contiene el dulce acitrón o dulce de biznaga.

Sin embargo se menciona que la gente prefiere hacer el dulce de Biznaga de la especie *Ferocactus histrix* debido a que en *E. platyacanthus* se encuentra entre el gabazo unas “arenitas”, que bien podrían ser cristales insolubles de oxalato (Ibarra-Morales e Irigoyen-Camacho, 1986) y carbonato de calcio, por ser especies calcícolas (Trujillo-Argueta, 1982). Esta última autora, menciona que en el municipio de Tanquecito, en S. L. P., se reporta para los años 80’s, la elaboración de queso de conserva de esta misma cactácea. Uno de los usos más importantes reportados es como planta ornamental (Trujillo-Argueta, 1982; Rzedowski, 1985; Frias-Díaz, 1989; Onzieme session du Comité pour les plantes, 2001).

Existen varios relatos históricos de cactáceas como el género *Echinocactus*, en donde se menciona la manera en que algunos grupos de personas decapitaban estas plantas para obtener los tejidos jugosos y beberlos (Gibson-C. y Nobel-S., 1990); otro de los usos reportados en algunos lugares de S. L. P. es como cercas vivas y cortinas rompevientos (Trujillo-Argueta, 1982).

4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Medio físico y geográfico del Dexthí-San Juanico

La localidad El Dexthí-San Juanico se encuentra en la región conocida, como Alto Mezquital, a 15 Km. al norte de Ixmiquilpan, que es la cabecera municipal en la zona árida del Estado de Hidalgo (Fig. 6). Las principales vías de acceso son los caminos vecinales hacia San Juanico y a Orizabita, respectivamente. Geográficamente, se localiza entre los paralelos 20° 33' y 20° 35' de latitud norte y los meridianos 99° 14' y 99° 15' de longitud oeste, a una altitud media de 1760 msnm (López-Galindo *et al.*, 1997). Este municipio limita con los municipios de Cardonal, Tasquillo, Chilcuautla y Santiago de Anaya (Aldasoro-Maya, 2000). Esta área pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y a la Subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo. De acuerdo a la regionalización ecológica del Alto Mezquital, Hidalgo, se encuentra dentro de la provincia número 52, perteneciendo al sistema ecogeográfico Ixmiquilpan-Alfajayucan (López-Galindo, 2001). La comunidad del Dexthí-San Juanico cuenta con una extensión territorial aproximada de 3 000 ha, misma que se caracteriza por presentar una fisiografía variable de sierras y valles escalonados (López-Galindo *et al.*, 1997). La parte de la planicie es ligeramente ondulada y con un declive no muy pronunciado, que es donde se realiza la agricultura de temporal (Jiménez-Mendieta, 1999). La historia geológica del Valle del Mezquital se remonta hacia el Cretácico inferior cuando las calizas marinas se plegaron, de tal manera que las elevaciones correspondían a los anticlinales y las depresiones a los sinclinales, formándose así los primeros valles: las primeras manifestaciones volcánicas de la sierra de Pachuca interrumpieron estos valles y formaron lagos, los cuales sufrieron un proceso de rellenamiento por la emisión de material piroclástico. La gran actividad ígnea del terciario, proporciono la formación de mesetas, lo que renovó el carácter de las montañas, incrementando su altura y reduciendo la anchura de los valles. En el Cuaternario, con la llegada de las glaciaciones se formaron grandes ventisqueros, los cuales erosionaron grandes volúmenes de material rocoso reduciendo así la altura de las sierras (Muñoz-Iniestra y López-Galindo, 1997 y Aldasoro-Maya, 2000).

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE EL DEXTHÍ-SAN JUANICO

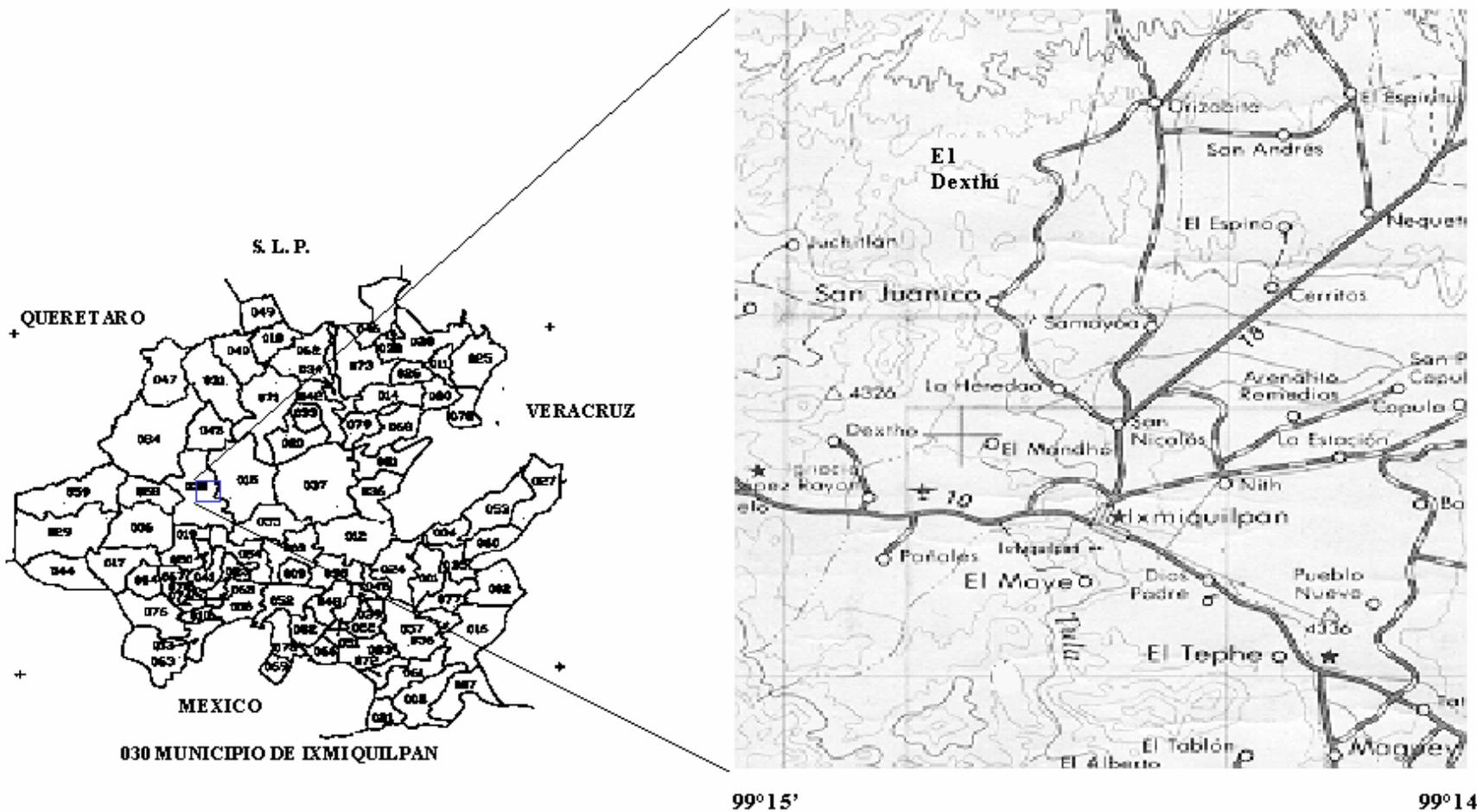


Figura 6. Ubicación geográfica del Dexthí en el Municipio de Ixmiquilpan en el Estado de Hidalgo.

El área en que se encuentra el Dexthí-San Juanico se compone de materiales que van desde calizas Cretácicas a materiales ígneos Terciarios y sedimentos lacustres del Cuaternario (López *et al.*, 1997). En cuanto a la edafología del área de estudio, encontramos que los grupos mayores de suelo están identificados como Fluvisoles, Leptosoles, Regosoles y Feozems (López-Galindo *et al.*, 1997; Delgado-Duran, 2000 y López-Galindo, 2001). *Fluvisol*: suelos formados a partir de materiales minerales y orgánicos que fueron producto de un transporte y una depositación ya sea marina, lacustre o flúvica y que con regularidad siguen recibiendo materiales frescos. Una de la unidades de suelo que hay en el área de estudio es el Fluvisol calcárico. *Leptosol*: son suelos someros con un nivel de desarrollo morfogenético que puede ir de bajo a medio, por lo que muestran una secuencia morfológica muy sencilla. Una buena parte de estos suelos son utilizados para agricultura de temporal en la zona. Se encuentran además las unidades: *Leptosol eútrico*, *Leptosol mólico* y *Leptosol réndzico*. *Regosoles*: estos suelos están localizados en la parte norte del Dexthí en el área de estudio, soportando vegetación natural de matorral espinoso deciduo, matorral inerme de *Sophora secundiflora* y agricultura de temporal. *Feozems*: este grupo mayor de suelo esta reportado para la parte sur del área de estudio (López-Galindo, 2001).

En cuanto a la hidrología, se reporta que la mayor parte de los ríos son intermitentes, y solo en ocasiones se llegan a formar pequeños riachuelos en la época de lluvia (coeficiente de escurrimiento superficial 0-20%), incorporándose éstos al río principal Tula (Jiménez-Mendieta, 1999). La zona se encuentra ubicada en la Región Hidrológica 26 (Cuenca del Pánuco) y en la subcuenca del Río Tula (López *et al.*, 1997), mismo que nace en el cerro de la Bufo en la Sierra de Monte Alto, Estado de México; y que al penetrar al Estado de Hidalgo confluye con el río Salado y se conecta a través del túnel Zumpango-Tequisquiac con el gran canal de desagüe (Aldasoro-Maya, 2000).

El clima presente es un BSohw"(w)(e)g, correspondiente a un semiseco-estepario y cálido con temperaturas mayores a los 18° C y una temperatura media de 16° C y oscilación térmica que fluctúa entre 4 y 5° C; con el mes mas seco en invierno y el más cálido antes del solsticio de verano, con una precipitación media anual de 450 mm (López *et al.*, 1997; Jiménez-Mendieta, 1999; Aldasoro-Maya, 2000 y López-Galindo, 2001).

Los tipos de vegetación presentes corresponden a Matorral Espinoso Deciduo y Matorral Subinerme donde dominan las familias: Leguminosae, Cactaceae, Agavaceae, Solanaceae y Asteraceae, además se menciona que dentro de los tipos de vegetación predominantes en la zona, se encuentran los Matorrales Xerófilos de Crasicaules, (donde dominan *Myrtilocactus geometrizers* y *Opuntia streptacantha*); Matorrales espinosos de *Prosopis*

laevigata y *Mimosa biuncifera*, además de Matorrales Espinosos Deciduos de *Fouquieria splendens* y *Echinocactus platyacanthus* (López-Galindo y Muñoz-Iniestra, 1991; López *et al.*, 1997; López-Galindo, 2001; Jiménez-Mendieta, 1999). El matorral espinoso deciduo se caracteriza por la presencia de *Fouquieria splendens* (ocotillo), que es una planta con espinas y hojas pequeñas caedizas. Otros elementos asociados son *F. fasaciculata*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Celtis pallida*, *Jatropha dioica*, *Opuntia tunicata*, *O. stenopetala*, *O. imbricata*, *O. leptocaulis*, *O. streptacantha*, *O. microdasys*, *O. cantabrigiensis*, *Prosopis laevigata*, *Pachycereus marginatus*, *Stenocereus dumortieri*, *Bursera fagaroides*, *B. schlechtendalii*, *Mimosa sp.*, *Karwinskia humboldtiana*, *Ephedra compacta*, *Eysenhardtia polystachya*, *Agave lecheguilla*, *Croton morifolius*, *Echinocereus cinerascens*, *Echinocactus ingens* y *Leucophyllum ambiguum*. Otros elementos acompañantes son: *Hechita podantha*, *Tillandsia recurvata*, *Calochortus barbatus*, *Eupatorium espinosarum*, *Pseudosmodium multifolium*, *Limpia sp.*, *Yucca filifera*, *Asclepias linaria*, *Lonicera mexicana*, *Selaginella lepidophylla*, *Ferocactus latispinus*, *Agave crassispina*, *Mammillaria sp.*, *Dasylyrion acrotriche*, *Brongniartia discolor*, *Acacia farnesiana*, *Dolichothele sp.*, *Commelina sp.*, *Bouvardia ternifolia*, *Sanvitalia procumbens*, *Sedum sp.* y *Tagetes patula*; mientras que el matorral subinermes es una comunidad compuesta por plantas espinosas o inermes cuya proporción de unas a otras es mayor de 30 % y menor del 70 %. Los dominantes fisonómicos son: *Prosopis laevigata*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Bursera fagaroides*, *Pseudosmodium multifolium*, *Limpia sp.*, *Pachycereus marginatus*, *Stenocereus dumortieri*, *Fouquieria splendens*, *Yucca filifera* y *Agave lecheguilla*. Otros vegetales acompañantes son: *Hechita podantha*, *Mammillaria sp.*, *Mimosa aculeaticarpa*, *Opuntia tunicata*, *O. imbricata*, *O. streptacantha*, *O. cochineria*, *Echinocactus platyacanthus*, *Karwinskia humboldtiana*, *Jatropha dioica*, *Eysenhardtia polystachya*, *Leucophyllum ambiguum*, *Eupatorium espinosarum*, *Flourensia resinosa*, *Dasylyrion acrotriche*, *Croton chrenbergii*, *limpia sp.*, *Brongniartia discolor*, *Asclepios linaria*, *Berberis trifolia*, *Tillandsia recurvata*, *Coryphantha erecta*, *Sandvitalia procumbens* y *Euphorbia antisyphilitica*.

4.2. Economía del Dexthí- San Juanico

Como sector primario se tiene a familias que poseen parcelas de temporal, en donde siembran maíz, frijol, trigo, avena, (Aldasoro-Maya, 2000), haba, girasol y calabaza, los cuales dan rendimientos muy bajos debido a la irregularidad del temporal y a las condiciones

físicas y químicas del suelo. Así mismo cuentan con un sistema pecuario de traspatio constituido principalmente por ganado caprino y aves de corral; aunque, una parte de la zona se sustenta de la talla de la lechuguilla (*Agave lecheguilla*). Existen dos asociaciones de mujeres que fabrican shampoo de lechuguilla, organo, sábila y sangre de drago; y una pequeña parte de la población elabora implementos de fibra natural (Jiménez-Mendieta, 1999). Otra pequeña sociedad de mujeres (Rä Dñi Kowa), ha comenzado a producir algunas especies de cactáceas a partir de semillas, desde el 2002 aproximadamente y a sido hasta mediados del mes de Agosto del 2005, que comenzaron a comercializar su producción. Otra pequeña sociedad de mujeres ha comenzado a cultivar nopal tunero sin semilla en este mismo año (Obs. Personales). Una parte de la población se encuentra dentro del margen de la migración de sus habitantes (sobre todo los jóvenes), hacia otros poblados aledaños o hacia la unión americana, en busca de mejores condiciones de vida. Una pequeña parte de la comunidad se dedica a la producción y venta de Pulque, aunque la mayor parte de este es consumido dentro de la misma comunidad y solo una pequeña parte se comercializa en Ixmiquilpan.

5. METODOLOGÍA

5.1 Descripción del sitio experimental

Una estructura metálica de tipo Invernadero cubierta con una malla plástica negra de luz de 1.5 X 1.0mm (Fig. 7), que sirvió de protección ambiental para los diferentes tratamientos (Malda *et al.*, 1999), simulando una especie de nodrizaje, misma que se lleva a cabo en su medio natural, por algunas rocas o arbustos (Valiente-Banuet, 1991; Rosas-López, 2002).



Figura 7. Estructura metálica con cubierta de malla plástica de color negro, bajo la cual estuvieron los tratamientos experimentales del presente trabajo.

5.1.1. Material experimental

Termómetro marca Brannan.

Vernier

Coladeras de metal

Cajas tipo cocteleras de plástico, 12 cm de largo / 11 de ancho y 7 de altura.

Cloro 30%

Formaldehído 5%

Agua de la llave (Hervida)

Sustrato (Tierra lama. Tierra negra y Hormigaza).

5.1.2. Material biológico

Los individuos de *Echinocactus platyacanthus* fueron encontrados en la región El Dexthí, localizados sobre terrenos planos y sobre pendientes mayores a los 20° y menores a los 40°, lo que se relaciona con los ejemplares encontrados por Trujillo-Argueta (1982) en San Luis Potosí. Es importante mencionar que el tipo de matorral en el Dexthí en que se encontró a *Echinocactus platyacanthus*, es Matorral Espinoso Decíduo (López-Galindo y Muñoz-Iniestra, 1991; López-Galindo, 2001) y en los que se ha reportado con anterioridad es Matorral Desértico Rosetófilo (Trujillo-Argueta, 1982); Mezquital extradesértico (García-Castañeda y López-Pérez, 2004; Trujillo-Argueta, 1982; Velasco-Santiago, 1989); Matorral de *Cephalocereus seniles*, Matorral de *Agave lecheguilla* (Rzedowski, 1983; Velasco-Santiago, 1989); Matorral Desértico Espinoso y Matorral de *Flourensia resinosa* (Velasco-Santiago, 1989). A pesar de que Trujillo-Argueta (1982), reportó ejemplares que a partir de 27 costillas comenzaron a dar frutos, en la presente investigación, se encontraron ejemplares que a las 21 costillas ya los tenían, aunque no se observó lo reportado por Bravo (en prensa), donde menciona que a partir de 8 costillas puede ya haber frutos.

5.2. Colecta de frutos y sustratos

La colecta de los frutos se llevo a cabo en el mes de septiembre (Toogood, 2003),¹ del 2004, en la comunidad El Dexthí, en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Los frutos (Fig. 8) se colectaron en esta época del año, debido a que la planta presenta regularmente 3 etapas de producción al año (Trujillo-Argueta, 1982) y si son colectados antes, se corre el riesgo de tomar aquellos que aún están inmaduros. No hubo una selección previa ni específica de la planta de donde se extrajeron los frutos para llevar a cabo el experimento.

¹ Menciona que estos son los meses mas apropiados para llevar a cabo la colecta de semillas de cactáceas, debido a que es cuando hay una mayor madurez de las semillas.



Figura 8. Fruto (involucro) de *E. platyacanthus*, de la comunidad el Dexthí.

Fueron tomados aquellos que pudieran ser retirados con facilidad, sin necesidad de aplicar mucha fuerza. Con ayuda de guantes de carnaza y pinzas entomológicas se extrajeron los involucros y posteriormente se guardaron en bolsas de papel durante 60 días, sin sacar las semillas de estos, hasta la fecha del experimento.²

El sustrato se colectó en la misma fecha que se colectaron los frutos (septiembre del 2004), en la misma zona. Este consistió en tres tipos: Tierra lama³, tierra negra⁴ y Hormigaza⁵ (Fig. 9).

² El criterio que se utilizó en campo, para determinar que las semillas ya estuviesen maduras, fue que al momento de extraer el involucro / fruto, que contiene las semillas; este se pudiera quitar con facilidad; ya que según los pobladores de la zona y los expertos en colectar semillas de estos ejemplares, mencionan que cuando aún no hay madurez, los involucros permanecen muy sujetos a la planta.

³ La tierra lama, es aquel suelo que es depositado en los valles, producto del arrastre hídrico y eólico, que tiene una textura que va de fina a muy fina. Son suelos muy fértiles, de gran utilidad en la agricultura en la zona.

⁴ Esta se colectó en las bases de los Sábilas (*Aloe vera*).

⁵ La Hormigaza, es la piedra que se encuentra alrededor de los hormigueros.



Figura 9. Hormiguero de la comunidad el Dexthí. La piedrita utilizada (hormigaza) es la que se encuentra alrededor de la cavidad.

5.3. Trabajo de laboratorio

Se hizo una mezcla de los sustratos colectados, en una proporción de 1:1:1 (Fig. 10), es decir, una parte de tierra lama, una parte de tierra negra y una parte de hormigaza. Parte de la tierra lama y de tierra negra se mantuvieron sin mezclar y se tamizaron con una malla del número 10, para hacer las respectivas pruebas físicas y químicas (Muñoz-Iniestra *et al.*, 2000).

Análisis Físico

1. Color de suelo
2. Textura del suelo
3. Densidad aparente
4. Densidad real
5. Humedad en el suelo

Análisis Químico

1. Materia orgánica
2. pH del suelo



Figura 10. De izquierda a derecha: Tierra lama, tierra negra y mezcla de ambos suelos junto con la hormigaza.

Se manejaron dos condiciones de sustrato: una parte sin esterilizar y una estéril.

5.3.1. Pasteurización del sustrato

El sustrato se esterilizó, utilizando formol al 5 %. Se colocaron 30 kg de la mezcla de sustrato dentro de una tina de metal y se le agregaron 250 ml de formol al 5 %. Posteriormente la tina se cubrió con polietileno color negro, durante 72 hrs. Al cabo de este tiempo, se retiró la cubierta y se removió el sustrato para que se volatilizaran los vapores en un lapso equivalente al de tapado (Cruz-Aranda, 2002)⁶.

Los envases fueron lavados y enjuagados con cloro al 10% (Santiago-Reyes y Arias-Montes, 1995), para evitar contaminación por patógenos⁷.

5.3.2. Almacenamiento y lavado de las semillas

Se utilizaron las semillas de tres involucros de una misma planta para obtener el número suficiente de estas para proveer todos los tratamientos. Las semillas presentaron en general una similitud tanto en color, como en tamaño café oscuro y un tamaño medio de

⁶ El fundamento de esta técnica, radica en que los vapores que se liberan del formol al 5 % dentro de un área hermética; ayudan a eliminar a la mayor parte de los patógenos que se encuentran en el suelo, en un lapso aproximado de 72 hrs. Una recomendación para llevar a cabo esta técnica, es la utilización de guantes de látex y una máscara para gases, debido a se trata de un compuesto muy tóxico.

⁷ Este método de lavado de los envases con cloro al 10 % es el que se utiliza en el Jardín Botánico de la FES – IZTACALA, por los Profesores Biólogos: José Antonio Meyran Camacho y Marcial García Pineda.

2.5 mm de largo X 1.9 mm de ancho, con forma oval y terminación en punta en el extremo del micrópilo (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978; Trujillo-Argueta, 1982). Estas se almacenaron por 45 días dentro de sus mismos involucros, en bolsas de papel, sin exposición a la luz solar y a temperatura ambiente, antes de realizar los tratamientos (Godínez-Álvarez, 1991; Reyes-Santiago y Arias-Montes, 1995; Rojas-Aréchiga, 1995; Rojas-Aréchiga *et al.*, 1997; Rojas-Aréchiga *et al.*, 1998; Moreno-Calles, 2003), lo que a final de cuentas facilitó la extracción de semillas de los involucros, ya que estos se encontraban secos, así como el mucílago que las cubre. Es importante aclarar que los autores antes mencionados, consideran almacenar las semillas fuera de los frutos, es decir, solo guardan las semillas, pero bajo las condiciones de temperatura y oscuridad antes mencionadas.

Una vez llegada la fecha para montar los tratamientos, todas las semillas se lavaron con agua corriente y se enjuagaron con agua previamente hervida a temperatura ambiente a excepción de las que fueron utilizadas como grupo testigo, que no se les aplicó ningún lavado. Cuando las semillas se lavaron, se notó que algunas flotaban en el medio líquido, mientras que otras sedimentaban, sin embargo este fenómeno no fue el responsable de determinar si aquellas que precipitaban o viceversa, no eran viables para llevarse a cabo la germinación; a pesar de que Rojas-Aréchiga (1995) menciona que este fenómeno de flotación es una prueba de una incompleta formación del embrión en la semilla, lo que da como resultado una baja capacidad germinativa en este tipo de biznagas. De cualquier manera, la autora alude al hecho de que algunas semillas de *Echinocactus platyacanthus* floten, mientras que otras sedimentan, se deba a que presentan ambos tipos de dispersión: Hidrocórea y Zoocora.

5.4. Diseño Experimental

Se efectuaron entrevistas abiertas con la gente de la comunidad en que se realizó el proyecto, a fin de solicitar el permiso para coleccionar el sustrato y las semillas de *Echinocactus platyacanthus*. Los ejemplares se determinaron taxonómicamente siguiendo las claves para cactáceas de Villavicencio-M. *et al* (1993).

Todos los envases se lavaron y enjuagaron con cloro al 10% antes de colocar el sustrato. La cantidad de sustrato que se agregó a cada envase fue de un tercio de la capacidad del mismo. En todos los envases, el sustrato se humedeció con agua estéril (previamente

hervida) a temperatura ambiente. En cada envase, se colocaron un total de 30 semillas formando un solo tratamiento. En total se utilizaron 16 recipientes con los diferentes tratamientos y grupos testigos, haciendo un total de 480 semillas. Los envases con las semillas estuvieron dentro del invernadero, solo bajo cubierta con malla negra, con luz de malla de 1.5 X 1.0 mm, sin protección plástica, como se muestra en la figura 11.



Figura 11. Lotes demostrativos utilizados para germinar las semillas de *E. platyacanthus*.

En cuanto a los envases empleados en el presente trabajo, para llevar a cabo la siembra de esta especie, se utilizaron cajas cocteleras con tapa, para evitar la pérdida de humedad (Serrano-Moya, 1983), esto debido a que las cactáceas son plantas suculentas con metabolismo fotosintético tipo CAM, por lo que son incapaces de termoregular durante el día, debido a que sus estomas permanecen cerrados. Por esta razón hay ausencia de germinación en las semillas en los espacios abiertos en su medio natural, principalmente por las altas temperaturas del suelo, las cuales aumentan la tasa de evaporación del agua, por lo que la humedad requerida para la germinación no es suficiente (Godínez-Álvarez, 1991).

5.4.1. Tratamientos

T. 40°C.

Las semillas fueron tratadas con inmersión en agua caliente a 40° C, durante 5 minutos. 30 semillas se colocaron sobre una caja con la mezcla del sustrato previamente esterilizado; 30 mas sobre una caja sobre sustrato sin esterilizar. 60 semillas se les hizo

además un tratamiento fitosanitario con inmersión en cloro 30% / 5 minutos (Método de Rivas; Reyes-Santiago y Arias-Montes, 1995; Quijas-Mosqueda, 2005), y 30 de ellas se colocaron sobre la mezcla de sustrato estéril y el resto sobre el sustrato sin esterilizar.

T. 50°C.

Las semillas fueron tratadas con inmersión en agua caliente a 50°C, durante 5 minutos. La distribución de las semillas en los sustratos estéril y sin esterilizar, fue igual que en el caso anterior; así como aquellas que tuvieron un previo tratamiento fitosanitario antes de colocarse en ambos sustratos.

T. 60°C.

Las semillas fueron tratadas con inmersión en agua caliente a 60°C, durante 5 minutos. Igual que en los casos anteriores, la mitad de estas semillas se colocaron sobre los sustratos estéril y sin esterilizar y las otras 60 se les aplicó un tratamiento fitosanitario con cloro 30% antes de ser colocadas en los sustratos estéril y sin esterilizar.

T. Testigo

30 semillas fueron colocadas sobre el sustrato previamente esterilizado y otras 30 sobre el sustrato sin esterilizar. A las 60 semillas restantes solo se les aplicó el tratamiento fitosanitario con cloro al 30% / 5 minutos antes de colocarlas en ambos sustratos: estéril y sin esterilizar.

5.5. Variables de estudio

Germinación

Crecimiento

Sobrevivencia

5.5.1. Técnicas de evaluación de las variables de estudio

Germinación. Se consideró semilla germinada, al momento en que emergía la radícula (Trujillo-Argueta, 1982; Rojas-Aréchiga *et al.*, 1997). Las lecturas de germinación se tomaron a partir de la primera emergencia, la cual sucedió a los 15 días posteriores a la

siembra y de ahí se siguieron tomando todas las demás, hasta cumplirse 15 días posteriores al primer dato (Toogood, 2003; Rojas-Aréchiga *et al.*, 1997). Al final, se reportaron los datos porcentuales de germinación.

Crecimiento. Este se evaluó a partir de la primera emergencia de cada plántula y hasta los 15 días posteriores a esta, con ayuda de una regla vernier. Al final, los datos se introdujeron al análisis de varianza (Duran-D *et al.*, 2003), para ver si existían o no diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Los valores fueron representados en porcentaje. Es importante señalar que durante los primeros 15 días del crecimiento de las plántulas, se observó cierta variabilidad en este; ya que primero se presentó un alargamiento del tallo, pero delgado, mismo que sucedió en escasos 5 días posteriores a la germinación; luego ocurría cierto encogimiento del cuerpo de la pequeña biznaga, debido a que comenzaba a englobarse.

Sobrevivencia. Esta se evaluó a nivel de las plántulas ya establecidas al primer mes de haberse dado la germinación. No se consideró este factor a nivel de semilla. Al final se elaboró una tabla y gráfica de valores porcentuales.

5.6. Actividad, Extensión-Vinculación comunitaria en manejo de cactáceas

Se llevó a cabo un taller sobre propagación de *E. platyacanthus* (Fig. 12), en el Centro Piloto: Dexthí-San Juanico, Valle del Mezquital, Hidalgo, el día 11 de Agosto de 2005, el cual inició a las 8:00 de la mañana. El taller llevaba por título: "Propagación del Zepe por semilla"; esto debido a que con este nombre es como se conoce en la comunidad a la biznaga *Echinocactus platyacanthus*.

Lo primero que se hizo, fue contactar a las personas, sobre todo aquellas que encabezan a las organizaciones del Dexthí, para programar una fecha que no interrumpiera sus labores jornaleras y de esta manera se estableció la fecha en que se daría el taller con una anticipación de 20 días. Se colocaron láminas informativas en puntos estratégicos y el delegado de la localidad participó como vocero previo a la fecha y hora del taller, anunciando por medio de la bocina comunal la hora exacta y el tipo de evento que se realizaría.

El taller se realizó con ayuda tanto de material audiovisual, como de material vegetal, producido con los diferentes tratamientos experimentales. No se habló de tecnicismos con

los asistentes al taller, se trato de hacer la presentación lo mas entendible posible a los mismos para evitar confusiones o la pérdida de atención.

La presentación audiovisual estuvo estructurada de la siguiente forma:

- Generalidades de la familia Cactaceae (importancia, hábitat y distribución geográfica, variedad de formas y tamaños, depredación y diseminación de las semillas, aspectos ecológicos, propagación, conservación y principales riesgos ambientales).
- Propagación del Zepe por semilla (nombres comunes con que se conoce la especie, etapas de floración y fructificación, distribución geográfica, aspectos ecológicos, aspectos etnobotánicos, formas de propagación, principales usos, materiales necesarios para llevar a cabo la propagación por semillas, resultados de germinación a partir de los tratamientos realizados durante el presente estudio, tipo de sustratos adecuados para su establecimiento, principales problemas en las semillas y en los sustratos; ventajas y desventajas en la propagación por semilla, conservación de la especie e importancia de las zonas áridas, como el Valle del Mezquital).



Figura 12. Exposición audiovisual del Taller de Propagación del Zepe (*Echinocactus platyacanthus*), llevado a cabo en el Centro Piloto del Dexthí por Marco Antonio Hernández L.

Una vez concluida la exposición audiovisual, se realizó una muestra del material vegetal producido durante el experimento, en donde se mostró a los asistentes los tamaños que van alcanzando las plántulas durante los primeros meses de su desarrollo, así como los tratamientos contaminados y los problemas generados por inundación de los mismos. Al

concluir la presentación del material vegetal, se proporcionó a las personas interesadas en la producción de cactáceas, los formatos que expide SEMARNAT y las direcciones más cercanas en Hidalgo, para obtener el permiso de producción con fines comerciales, para que ellos mismos acudan a tramitarlo.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Germinación

En la figura 13, se muestran los valores de germinación que se obtuvieron en las semillas de *Echinocactus platyacanthus*. Al hacer la comparación de los tratamientos con agua caliente con los grupos testigo, encontramos que la germinación fue más favorable en los grupos testigo que tuvieron un previo tratamiento fitosanitario las semillas. Aquellas semillas que no fueron sometidas a tratamientos de escarificación con agua caliente, pero que fueron tratadas con cloro, presentaron 73.3% sobre el sustrato sin esterilizar y 65% sobre el sustrato estéril; mientras que las que fueron tratadas con agua a 40° C, sobre el sustrato no estéril, con aplicación de cloro alcanzaron 63.3% y por último a 60° C, con inmersión en cloro sobre el sustrato sin esterilizar 55%. Por otro lado los tratamientos testigos que no tuvieron tratamiento fitosanitario sus semillas en ambos sustratos, presentaron bajos porcentajes de germinación. El mínimo porcentaje se obtuvo en el tratamiento a 50° C sobre sustrato estéril, en donde la germinación fue nula para la fecha en que se suspendió la toma de lecturas para todos los tratamientos (30 días posteriores a la primera emergencia de la radícula); pero hubo germinación en un 5.3% de las semillas de este tratamiento, a los 3 meses y medio posteriores a esta fecha.

A pesar de que Trujillo-Argueta (1982); Quintana-Sierra (1994); Rojas-Aréchiga *et al* (1997); Rojas-Aréchiga *et al* (1998); Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes (2000); mencionan que esta especie requiere de un fotoperíodo largo, por lo que necesita de una mayor cantidad de luz y elevadas temperaturas para poder llevar a cabo la germinación; este fenómeno no se presentó en la mayoría de las semillas sometidas a los diferentes tratamientos y los valores de germinación no fueron tan elevados ni tan prematuros (proceso germinativo de *E. platyacanthus* rápido en verano, con humedad elevada), como lo reporta Trujillo-Argueta (1982), que la germinación se inicia a los 3 días y medio de la siembra y que se alcanzan valores del 98% de germinación a los 10 días y medio, con una temperatura media de 25°C. Por otra parte, Rojas-Aréchiga (1995), reporta que a 25°C (temperatura constante) y a 20/35°C (temperaturas alternantes), esta especie alcanza su óptimo de germinación utilizando luz blanca. Además aclara que la germinación disminuye gradualmente de 25 a 10°C, hasta porcentajes del 50%; concluyendo así que la respuesta germinativa se encuentra entre la mínima y máxima temperatura que es a 10 y 40°C.

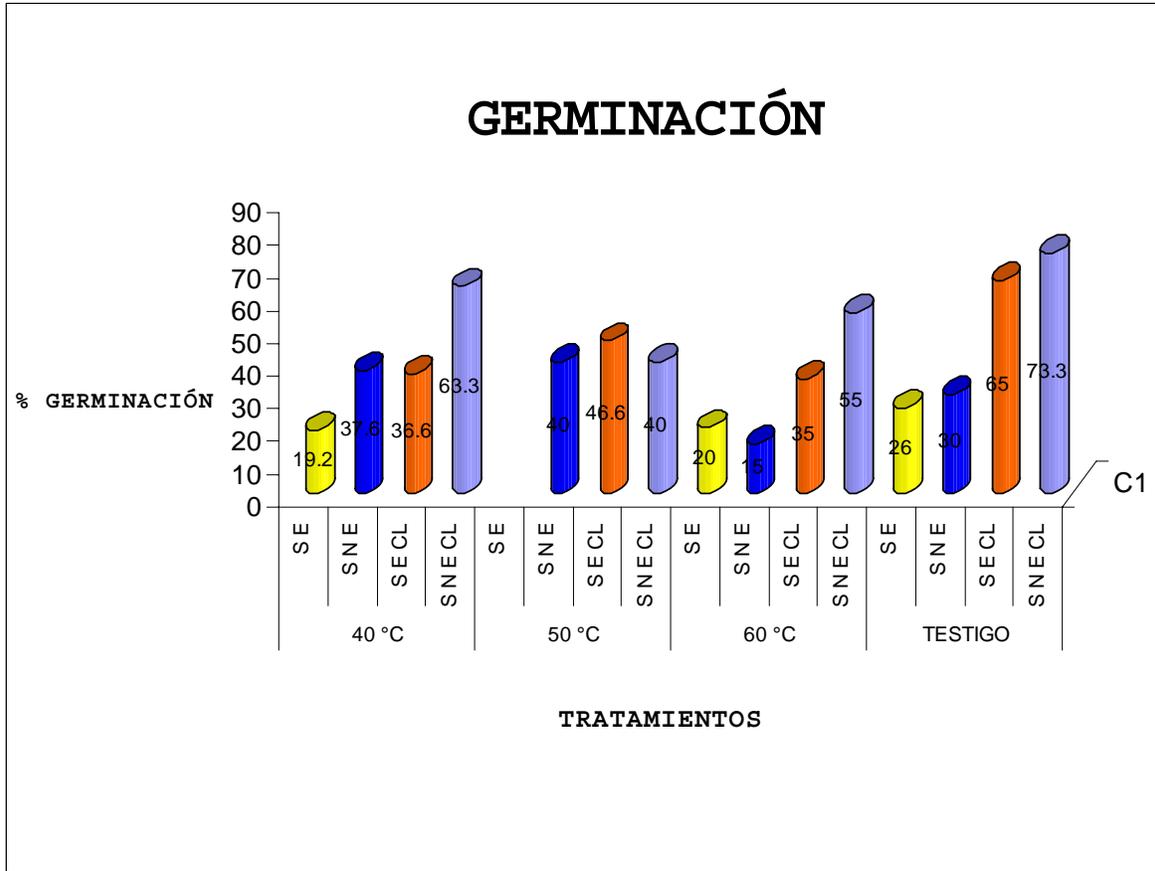


Figura 13. Porcentajes de germinación graficados de *E. platyacanthus* obtenidos en los diferentes tratamientos de escarificación y grupos controles a los 30 días de haberse sembrado. SE- sustrato estéril; SNE- sustrato no estéril; SECL- sustrato estéril con tratamiento fitosanitario en las semillas; SNECL- sustrato sin esterilizar, con previo tratamiento fitosanitario en las semillas.

Posiblemente el hecho de que no hayan germinado las semillas del tratamiento a 50°C al mismo tiempo que la mayoría de las semillas de los demás tratamientos se deba a la dormancia innata (inmadurez del embrión), ya que las semillas necesitan un periodo de madurez posterior para germinar y este varía para cada especie (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes, 2000), y descartamos que la dormancia esté inducida por las bajas temperaturas (Rojas-Aréchiga *et al.*, 1997), dado que todos los tratamientos experimentales estuvieron bajo las mismas condiciones climáticas.

En todos los tratamientos y grupos controles en que las semillas se sometieron a inmersión con cloro (tratamiento fitosanitario), se obtuvieron los valores de germinación más elevados, lo que nos indica que el cloro, juega un papel muy importante en la germinación de las

semillas de esta especie, ya que aparte brindar protección contra patógenos micóticos y bacteriológicos, actúa como agente escarificador, favoreciendo así la germinación.

Hay que recalcar que las temperaturas ambientales medias bajo las cuales se desarrolló este trabajo, oscilaron en los 19 y 20°C (entre noviembre y diciembre del 2004 y enero del 2005), siendo inferiores a las reportadas por Trujillo-Argueta (1982); Quintana-Sierra (1994); Rojas-Aréchiga *et al* (1997); Rojas-Aréchiga *et al* (1998) y Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes (2000); y posiblemente sea esta la razón por la que no se aprecian valores elevados de germinación en el presente trabajo; aunque si se alcanzaron valores de germinación incluso superiores a los reportados por Quijas-Mosqueda (2005); quien realizó la siembra de sus semillas a principios del mes de abril del 2003, que aunque no es considerada una época fría del año, por lo menos marca el inicio de la época cálida del mismo. Comparando los resultados del presente trabajo, con los del autor antes citado encontramos que el, no utilizó ningún método de escarificación en las semillas de *E. platyacanthus*; por lo que sus resultados, son comparables con los del grupo control del presente, en donde solo se aplicó a las semillas el tratamiento fitosanitario siguiendo la metodología empleada por el Jardín Botánico de la FES-IZTACALA.

Godínez-Álvarez (1991) y Godínez-Alvarez y Valiente-Banuet (1998) trabajaron con la misma especie, solo que ellos utilizaron un método de escarificación por medio de frotamiento de las semillas con lija en el primer trabajo y en el segundo imbibiciones en soluciones ácidas; bajo condiciones de temperaturas constantes (17°C), obteniendo valores de germinación de 18.5% y 20% respectivamente. Nótese, que esta temperatura, es muy cercana a la temperatura media a la que estuvieron expuestos los lotes experimentales del presente trabajo, con la variante de que el presente trabajo puede considerarse de temperaturas oscilantes, ya que la temperatura no se controló; sin embargo Godínez-Álvarez (1991) menciona que bajo las condiciones de temperatura antes mencionadas, la germinación se inició a los 15 días posteriores a la siembra y a 20/25°C (temperaturas alternantes), la germinación se inició a los 5 días, alcanzando valores de hasta el 98% de germinación, mientras que en el trabajo de Godínez-Alvarez y Valiente-Banuet (1998) se alcanzó el 70%. Por tanto, las bajas temperaturas podrían estar retrasando germinación en el presente trabajo. Los resultados que alcanzaron Rojas-Aréchiga *et al* (1998) tienen cierta similitud con los del presente estudio, ya que estos autores a temperaturas constantes (25°C), obtuvieron valores del 75% de germinación en *E. platyacanthus* y a temperaturas alternantes (5/20°C), solo arriba del 25% sin utilizar algún método de escarificación en las semillas, ni un suelo como sustrato.

6.2. Crecimiento

En la figura 14, se muestran los valores promedio de crecimiento.

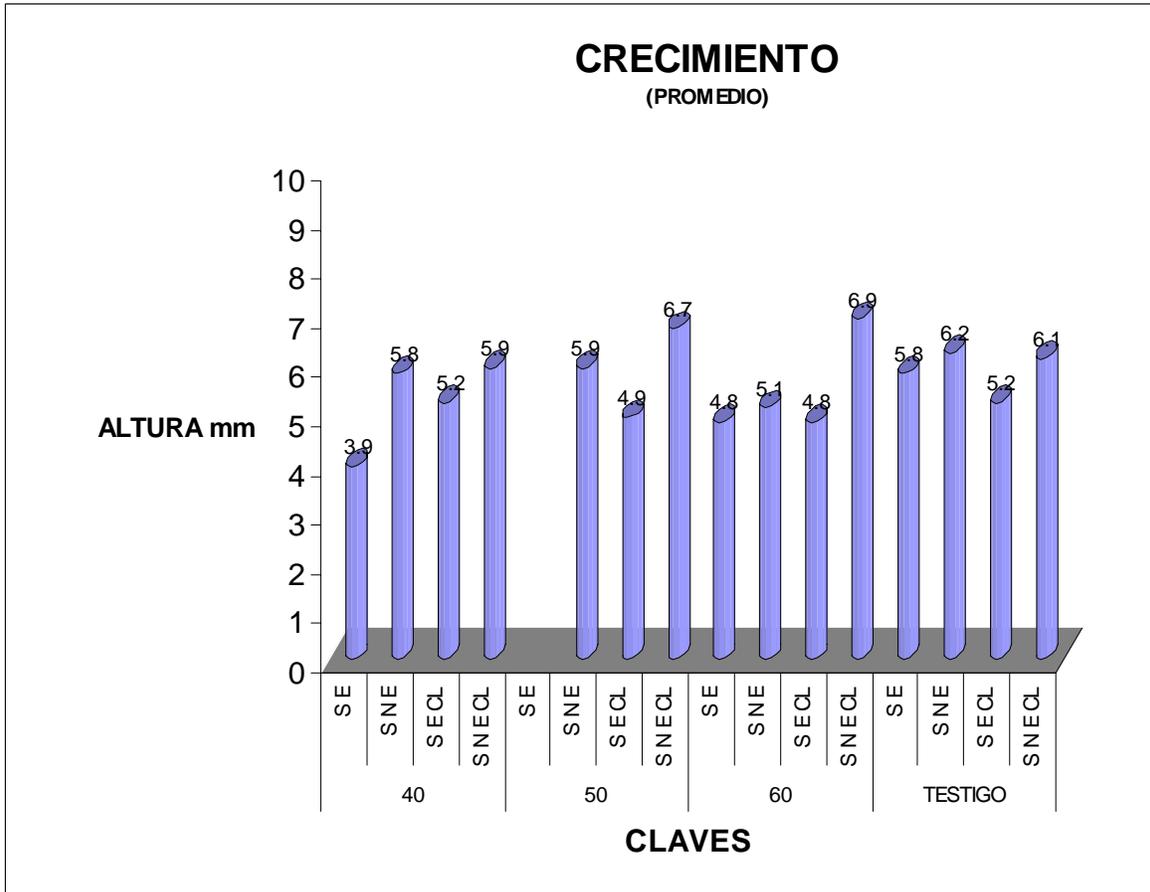


Figura 14. Gráfica de valores porcentuales de crecimiento de *E. platyacanthus* a los 15 días posteriores a su germinación.

Los más elevados que se obtuvieron fueron en los tratamientos a 60°C sobre sustrato sin esterilizar, con tratamiento fitosanitario en las semillas, alcanzando un valor medio de 6.9 mm de altura y a 50°C sobre las mismas condiciones que el tratamiento anterior 6.7 mm; por otra parte en los grupos testigo sobre ambos sustratos sin esterilizar; el primero sin tratamiento fitosanitario en las semillas, se obtuvieron valores medios de 6.2 y 6.1 mm, respectivamente.

El valor promedio más bajo que se obtuvo fue de 3.9 mm en el tratamiento de escarificación de las semillas a 40°C, sobre el sustrato estéril. El resto de los valores

oscilo entre 4.8 y 5.9mm, aunque la mayoría se situó entre los valores de 5.1 a 5.9 mm de altura.

Al hacer el análisis de varianza 1 factor (Duran-D *et al.*, 2003), no se encontraron diferencias significativas en los resultados de crecimiento de las plántulas, entre los diferentes tratamientos de escarificación y el grupo control, montados sobre sustrato estéril $F_o = 3.1 < F_{0.05/2,8} = 4.46$. Cabe mencionar que el tratamiento a 50°C sobre sustrato estéril, en donde no hubo germinación a la fecha de toma de datos, no se introdujo en la prueba estadística.

Al comparar los valores medios de crecimiento de los diferentes tratamientos con el grupo control montados sobre el mismo sustrato sin esterilizar, tampoco se encontraron diferencias significativas entre ellos, con una $F_o = 1.38 < F_{0.05/3,18} = 3.16$; de igual manera, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en que las semillas se sometieron a previa desinfección con cloro y que se colocaron sobre un sustrato estéril, con una $F_o = 0.46 < F_{0.05/3, 32} = 2.92$.

No sucedió lo mismo al comparar bajo el mismo estadístico, el crecimiento alcanzado sobre el sustrato sin esterilizar y con una aplicación previa de cloro 30%, a las semillas, en los diferentes tratamientos de escarificación y grupo testigo, en donde la $F_o = 3.37 > F_{0.05/3,43} = 2.84$, encontrándose así diferencias significativas. Utilizando la Prueba de Diferencia Mínima Significativa (LSD) tomada de Duran-D *et al* (2003), se encontró que las diferencias estadísticamente significativas, estaban entre las medias de los tratamientos de 40 y 60°C sobre sustrato sin esterilizar; así como entre las medias del tratamiento a 60°C y el grupo control. Estos resultados nos muestran que el mayor crecimiento de *E. platyacanthus*, se alcanzó con el tratamiento de escarificación a 60°C, sobre el sustrato sin esterilizar, con tratamiento fitosanitario en las semillas.

A pesar de que en trabajos como el de Quijas-Mosqueda (2005) se evaluó el crecimiento de *E. platyacanthus*, no se puede establecer una comparación con el presente trabajo, debido a que el autor realizó las medidas de crecimiento de sus ejemplares a los seis y 12 meses posteriores a la germinación y en el presente trabajo se realizó a los 15 días.

6.3. Supervivencia

Los valores porcentuales de supervivencia se muestran en la figura 15. El grupo que mostró la mejor supervivencia fue el grupo testigo, sobre sustrato sin esterilizar y empleo

de cloro en las semillas, con un 66.6%. Los otros tres grupos que presentaron valores de sobrevivencia ligeramente arriba del 50% fueron el tratamiento a 40°C sobre sustrato sin esterilizar y tratamiento fitosanitario en las semillas; el tratamiento a 60°C, y el grupo testigo, con las mismas condiciones en las semillas y sustrato que en el tratamiento anterior. Los menores porcentajes ocurrieron en el tratamiento a 50°C sobre el sustrato sin esterilizar y con aplicación de cloro a las semillas, registrándose solo un 5%; mientras que en los tratamientos a 60°C sobre sustratos estéril y sin esterilizar 10 y 15% respectivamente.

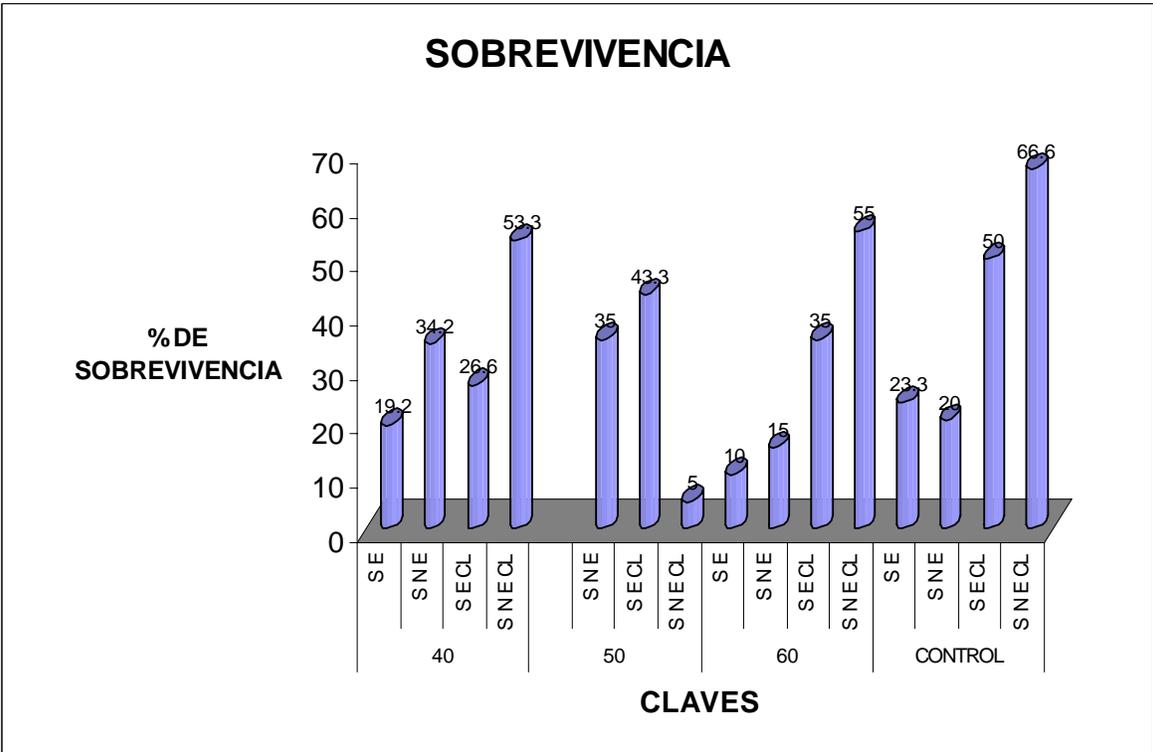


Figura 15. Grafica de valores porcentuales de sobrevivencia en plántulas de *E. platyacanthus* a los 15 días posteriores a la germinación de cada una de ellas.

Al hacer la comparación de los diferentes tratamientos con los grupos testigo, solo se encuentra un patrón similar en los tratamientos a 40 y 60°C con el grupo testigo; en todos ellos tratamiento fitosanitario en las semillas y sobre sustrato sin esterilizar, con valores del 53 al 66% de sobrevivencia. Los tratamientos que presentaron similares porcentajes de sobrevivencia (aunque bajos) fueron en el tratamiento a 40°C sobre sustrato estéril; y

los dos grupos controles sobre sustrato estéril y sin esterilizar con valores cercanos al 20%. Por otra parte, también se encuentra cierta similitud en los tratamientos de 40 y 50°C sobre sustrato sin esterilizar y en el tratamiento a 60°C sobre sustrato estéril con aplicación previa de cloro en las semillas. Una vez mas el tratamiento fitosanitario en las semillas nos muestra una mejor sobrevivencia de plántulas tanto en sustrato sin esterilizar, como estéril.

6.4. Mortandad

El máximo porcentaje de mortandad se presentó en el tratamiento de escarificación a 50°C sobre un sustrato sin esterilizar, y tratamiento fitosanitario en las semillas, con 40%, como se muestra en la figura 16. Del total de decesos registrados en este tratamiento, el 92.3% ocurrió a nivel de semillas en las que solo alcanzó a emerger la radícula; aunque en escasos casos se llegó al desarrollo de plántula; solo el 7.7% de las semillas no llegaron siquiera a emerger la radícula, ya que sufrieron contaminación micótica durante la siembra. A pesar de que la mortandad de las semillas y las plántulas no siguió un patrón esperado (es decir mayores valores en aquellas semillas que no fueron sometidas a previa inmersión en cloro y que los sustratos no fueron esterilizados), el porcentaje de mortandad fue relativamente bajo en los diferentes tratamientos.

En aquellos tratamientos en que no hubo decesos ni a nivel de semilla ni de plántula, no se encontró una relación directa con el sustrato en que se sembraron estas, ni en relación tampoco al tratamiento a que fueron sometidas.

En cuanto a los grupos testigo, todos presentan este fenómeno, si no parecido en equivalencia, si muy similar en la etapa de desarrollo, ya que el 78% de los decesos en estos 4 grupos, ocurrió a nivel de semillas, cuando emergió la radícula, alcanzando en la mayoría un máximo de 2 mm de crecimiento y luego decrecieron; mientras que el 22% restante sufrieron contaminación por hongos antes de germinar.

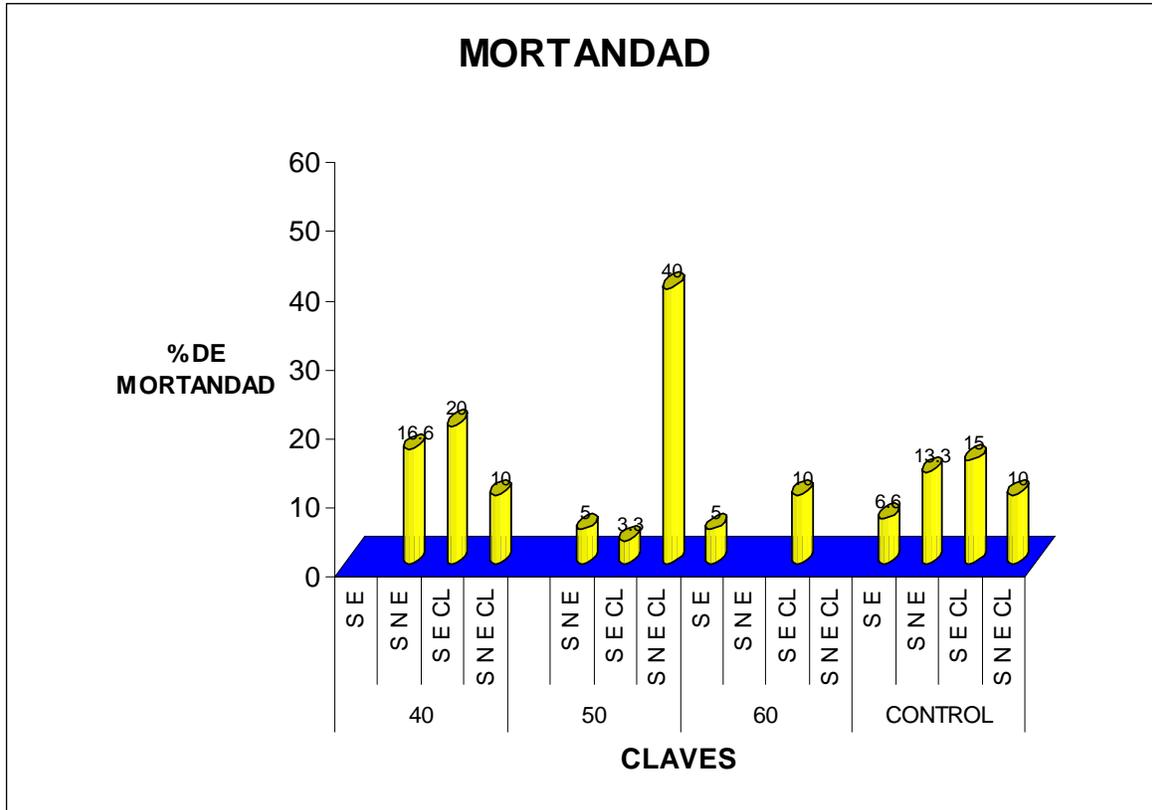


Figura 16. La gráfica muestra los porcentajes de mortandad de semillas y plántulas de *E. platyacanthus*.

En los tres tratamientos a 40°C en que hubo decesos, se encontró que en el sustrato sin esterilizar, el 80% de los mismos fue provocado por contaminación por hongos en la semilla y el 20% a nivel de la radícula (de 2 a 3 mm de crecimiento). En el tratamiento, a la misma temperatura, pero sobre el sustrato estéril, con previa inmersión en cloro al 30% de las semillas, se encontró que el 66% de los decesos fue causado por invasión de hongos a nivel de las semillas y el resto al emerger la radícula. Por último sobre el sustrato sin esterilizar y las semillas con previo tratamiento fitosanitario, se observó que todas las muertes se dieron a nivel de emergencia de la radícula.

El tratamiento de escarificación que presentó el menor porcentaje de individuos muertos tanto a nivel de semilla, como de plántula, fue el de 60°C, sobre ambos sustratos, en donde el máximo porcentaje fue del 10% sobre el sustrato estéril, con previa inmersión de las semillas en cloro.

7. CONCLUSIONES

El mejor tratamiento para propagar *Echinocactus platyacanthus* utilizando una mezcla de sustrato estéril, con una previa inmersión de las semillas en cloro al 30%, proporciona valores de germinación, entre el 65 y 70% durante la temporada fría del año.

La inmersión de las semillas de *E. platyacanthus* en cloro 30% / 5 min, favorece su germinación independientemente de que se sometan a escarificación con agua caliente a 40, 50 y 60°C.

Con el tratamiento de escarificación a 60°C sobre sustrato sin esterilizar, haciendo una inmersión de las semillas en cloro 30%, se alcanzan los valores mas elevados de crecimiento de *E. platyacanthus* a los 15 días de germinar sus semillas.

El mayor porcentaje de sobrevivencia en la especie se alcanza con la mezcla de sustrato sin esterilizar, empleando tratamiento fitosanitario de cloro al 30% en las semillas.

La mortandad de las semillas de la especie no esta directamente relacionada a la esterilización o no del sustrato, ni a la utilización de cloro 30% en las mismas.

Las plántulas de *E. platyacanthus* con una edad que oscila entre 1 mes y seis meses de edad, soportan temporadas de inundaciones de hasta 1 mes sin que estas mueran o se destruya su cuerpo globoso.

Las inundaciones prolongadas en los envases contenedores de semillas de *E. platyacanthus*, utilizando la mezcla de sustrato empleada en este estudio genera costras microbióticas que no favorecen el desarrollo adecuado de las plántulas.

Las costras microbióticas que se generan en los lotes experimentales por inundación de los mismos, retrasan el crecimiento de las plántulas e impiden la infiltración del agua hacia las raíces.

Haciendo perforaciones en las costras biológicas cuando están húmedas, se favorece la infiltración del agua hacia el interior del sustrato y se reduce el daño a las plántulas de *E. platyacanthus*.

Las cajas tipo cocteleras de plástico, son envases apropiados para hacer demostraciones germinativas de esta especie, pero no son los envases mas adecuados para llevar a cabo una producción masiva, a pesar de su bajo costo.

El taller de propagación de *Echinocactus platyacanthus* dio a los habitantes del Dexthí, una visión conservacionista sobre esta y las demás especies de cactáceas.

Hubo gran aporte de ideas por parte de los asistentes al taller de propagación del Zepe, en el Dexthí, entre las que destaco el utilizarla como delimitación de linderos en sus tierras.

Este estudio provee información ecofisiológica básica sobre los requerimientos básicos para propagar a *Echinocactus platyacanthus* por semilla, durante la época fría del año.

El presente trabajo se suma al conjunto de proyectos que sugieren realizar estudios de diagnóstico ambiental, ordenamiento ecológico territorial y crear programas de desarrollo sustentable; con la finalidad de favorecer el crecimiento económico sin sacrificar la calidad del medio, con un aprovechamiento racional, conservando los recursos naturales, restaurando los ambientes deteriorados y contribuyendo a la elevación de la calidad de vida en la región.

8. SUGERENCIAS

A pesar de que *E. platyacanthus* presenta un lento crecimiento al propagarlo por semilla, por el momento, está es la mejor propuesta para la población de una zona marginada que enfrenta la escasez de recursos económicos.

Debido a que la etapa más sensible de esta cactácea es la de plántula, se debe tener especial cuidado de que no le lleguen los rayos directos del sol, ni estar a nivel del suelo/piso, por su vulnerabilidad a los depredadores.

Para iniciar una producción masiva de esta especie es recomendable contactar a los productores (y / o en su caso mayoristas) de macetas, para obtener precios bastante accesibles y hacer el trasplante directo a estos envases.

Es necesario que se sigan desarrollando más estudios sobre esta especie, dado que no se le da la importancia como a las cactáceas más estéticas; a pesar de que representa un recurso de importancia natural, ecológica e histórica.

Se hace indispensable seguir promoviendo este tipo de talleres en las comunidades de las zonas áridas, pues la participación de la gente es muy enriquecedora en estas cuestiones y que mejor que ellos mismos propaguen y conserven las especies de sus localidades.

Hace falta capacitar a la gente que vive en comunidades de zonas áridas para que comiencen a generar bancos de semillas, porque es muy alta la pérdida de este recurso en el medio natural y si se implementan estos bancos, se puede incluso comercializar la semilla.

9. ANEXOS

9.1 Datos generales de los tratamientos

TABLA DE DATOS GENERALES					
TEMPERATURAS	CLAVES	CRECIMIENTO (mm) Promedio	% GERMINACIÓN	% SOBREVIVENCIA	% MORTALIDAD
40° C	SE	3.9	19.2	19.2	0
	SNE	5.8	37.6	34.2	16.6
	SE (CL 30%)	5.2	36.6	26.6	20
	SNE (CL 30%)	5.9	63.3	53.3	10
50° C	SE				
	SNE	5.91	40	35	5
	SE (CL 30%)	4.9	46.6	43.3	3.3
	SNE (CL 30%)	6.7	40	5	40
60° C	SE	4.8	20	10	5
	SNE	5.1	15	15	0
	SE (CL 30%)	4.8	35	35	10
	SNE (CL 30%)	6.9	55	55	0
CONTROL	SE	5.8	26	23.3	6.6
	SNE	6.2	30	20	13.3
	SE (CL 30%)	5.2	65	50	15
	SNE (CL 30%)	6.1	73.3	66.6	10

Cuadro 1. Tabla de valores generales de los parámetros medidos durante la evaluación del proceso de germinación de *Echinocactus platyacanthus*. SE- sustrato estéril; SNE- sustrato sin esterilizar; SE (CL 30%)- sustrato estéril con previo tratamiento fitosanitario a las semillas con cloro; SNE (CL 30%)- sustrato sin esterilizar con previo tratamiento fitosanitario a las semillas con cloro.

9.2. Propiedades físicas y químicas del suelo utilizado como sustrato

Los valores de las propiedades físicas y químicas de suelo determinadas para los dos tipos de sustrato empleado en los diferentes tratamientos y grupo control, se muestran en el cuadro 7.

ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO			
PRUEBA		SUSTRATOS	
		Tierra Negra	Tierra Lama
COLOR	Seco	10YR3/1 (gris muy oscuro)	10YR6/2 (gris parduzco claro)
	Húmedo	10YR2/2 (marrón muy oscuro)	10YR3/3 (marrón oscuro)
TEXTURA	% Arena	73.6	69.2
	% Limo	20	16
	% Arcilla	6.4	14.8
	Clase Textural	Arena migajosa	Migajon arenoso
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)		1	1.17
DENSIDAD REAL (g/cm ³)		1.95	2.15
POROSIDAD		48.72%	45.67%
HUMEDAD	A capacidad de campo	73.22%	45.64%
	Higroscópica	5.77%	5.11%
	Capilar	67.74%	40.53%
	A punto de marchitez	39.80%	24.80%
	Lamina de agua	6.68mm	4.87mm

ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO			
PRUEBA		Tierra Negra	Tierra Lama
MATERIA ORGÁNICA	Porcentaje	11.52	4.75
	Categoría	Rico	Moderadamente rico
pH	Temperatura	23.6 °C	23.0 °C
	Lectura	7.66	7.61
		Ligeramente alcalino	Ligeramente alcalino

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas de los dos suelos empleados para los tratamientos de germinación de *E. platyacanthus*.

9.3. Costras biológicas

Una vez concluidas las mediciones reportadas en el presente trabajo, las cajas con los diferentes cultivos de *Echinocactus platyacanthus*, siguieron bajo la protección de la malla, sin embargo llegada la época de lluvias, algunas cajas sufrieron inundaciones. Al principio, aquellas cajas que presentaron inundaciones, no mostraron ningún deceso en las plántulas, a pesar de que en algunos casos, estuvieron cubiertas completamente por agua, por períodos hasta de 1 mes; sin embargo tanto el agua, como el sustrato, tomaron una coloración verde y el agua se espeso bastante (Fig. 17). A pesar de que se esperaba hubiese decesos en las plántulas, al contrario, aumentaron en tamaño su cuerpo (en altura más que en diámetro) en comparación con los demás lotes experimentales, que con anterioridad llevaban una similitud en crecimiento bajo las mismas condiciones de humedad.



Figura 17. Plántulas de *E. platyacanthus* inundadas en su contenedor en la época de lluvias (Julio-2005).

Cuando se retiraron los excesos de agua en los lotes experimentales inundados, se apreciaba una masa gelatinosa de color verde intenso, sobre toda la superficie de suelo. Una vez que comenzaba a desecarse el sustrato, la capa gelatinosa comenzó a

endurecerse, adoptando una forma laminar y de consistencia elástica, comenzando a presentar a simple vista más variedad de coloraciones (Fig.18).



Figura 18. Costra microbiótica en un recipiente que fue inundado por un tiempo prolongado. El sustrato utilizado es de la comunidad el Dexthí.

Una vez seco el sustrato, se agregó nuevamente agua para rehidratar las plántulas, pero el agua ya no atravesó la capa biológica formada en la superficie; la poca cantidad de agua que logró infiltrarse al interior del sustrato lo hizo por las orillas de las cajas cocteleras, por donde la capa biológica no logró adherirse. Este fenómeno provocó que la costra biológica, comenzara a estrangular a las plántulas, por lo que hubo un tope de crecimiento y comenzaron aparecer coloraciones blanquecinas en el cuerpo globoso de las plántulas. Para evitar la muerte de las plántulas se realizaron una serie de perforaciones en el sustrato, en seco y en húmedo, pero se notó que aquellos lotes experimentales que en que se perforó la capa biológica en seco, sufrieron daño las plántulas, ya que la capa se encontraba muy adherida a su cuerpo, por lo que se obtuvieron mejores resultados en aquellos lotes que se perforaron en húmedo. Aquellos lotes experimentales que no sufrieron inundaciones en exceso, presentaron crecimiento

de algunas briofitas (musgos y hepáticas principalmente), pero no se conformó una costra biológica con las características de los lotes que sufrieron inundaciones prolongadas. Este fenómeno es apoyado por Akasheh y Abu-Awwad (1997) y Abu-Awwad y Kharabsheh, (2000), quienes mencionan que en los suelos de zonas áridas la irrigación excesiva, genera costras biológicas. Hay que recordar que un problema común de las regiones áridas es la formación de costras en el suelo (sellos) con infiltración de agua reducida (bu-Awwad y Shatanawi, 1997). Estas costras (también llamadas costras criptogámicas o microfíticas), están constituidas principalmente por asociaciones de cianobacterias, algas verdes, líquenes, musgos (Belnap y Gillette, 1998; Brostoff, 2002), hepáticas y hongos (Eldridge y Greene, 1994); siendo muy importantes en la estabilización de suelos en ambientes áridos y semiáridos (Belnap y Gillette, 1998; Spencer, 2001); ya que juegan papeles muy importantes en los procesos de los ecosistemas y son utilizadas como indicadores de ambientes saludables (Eldridge y Rosentreter, 1991).

A pesar de que en el presente estudio no se midió el efecto de las costras biológicas sobre la germinación de las semillas, hubiese sido poco probable el éxito en la germinación ya que la presencia física de las costras, puede afectar el destino de las semillas (Hawkes, 2004); pero hay quienes opinan lo contrario, como el caso de Rivera-Aguilar *et al* (2005), quienes aseguran que bajo condiciones de laboratorio, las costras biológicas tienen efectos positivos sobre la germinación de especies como *Mimosa luisiana* (*Leguminosae*) y *Myrtillocactus geometrizans* (*Cactaceae*). Sin embargo, el hecho de que las costras biológicas favorezcan la germinación de las semillas (sobre todo las especies epigeas), no nos asegura que sostenga el establecimiento de las plántulas.

Un aspecto importante a mencionar es que uno de los suelos que conforman la mezcla de sustrato empleado en los tratamientos de este estudio (tierra lama) fue colectada bajo la sombra de un Mezquite (*Prosopis laevigata*), y este tipo de leguminosas crean bajo su copa condiciones islas de fertilidad (Frías-Hernández *et al.*, 1999); por la gran cantidad de materia orgánica que aportan al suelo; y esta podría ser una de las razones por las cuales se haya favorecido la creación de una costra microbiótica en los lotes experimentales inundados.

9.4. Experiencias del taller de propagación de *Echinocactus platyacanthus*

Al momento de llevarse a cabo el taller sobre propagación de *Echinocactus platyacanthus* en el poblado el Dexthí, hubo por parte de los asistentes al mismo, un gran interés por propagar esta planta (Fig. 19) tanto para reincorporarlas a su hábitat natural (incluso como límites para sus linderos), como para producirla con fines comerciales.



Figura 19. Muestra del material vegetal producido durante el desarrollo de la presente investigación a los asistentes al taller.

La gente de la región, comentó que a la fecha de inicio de este trabajo, había gran saqueo de estos ejemplares, que llegaban personas en camiones de tipo volteo y comenzaban a

subir las Biznagas; y cuando los propietarios del terreno en donde se llevaba a cabo el despojo acudía en reclamo, estas personas pagaban \$5.00 m/n por cada ejemplar que se llevaban, los cuales se calcula eran en edad mayores a 100 años de vida.

La sociedad de señoras (Rä D_oni Kowa), que se dedican a la producción de cactáceas (por semilla) para comercializarlas, se interesó mucho con la presentación del taller, debido a que ellas a la fecha del taller, no propagaban a *E. platyacanthus* debido a que les tardaba más de 2 meses en germinar sus semillas y no les parecía costeable el tiempo que las semillas permanecían en los almácigos, dado que la mayoría de las semillas de otras especies de cactáceas que producen, germinan en un lapso no mayor a los 15 días de haberlas sembrado.

Aquí es importante señalar de que el sustrato que utilizan las señoras del Dexthí, para propagar sus especies de cactáceas es el adecuado, así como las condiciones de humedad y temperatura; sin embargo una de las posibles causas del porque *E. platyacanthus* les tarde tanto tiempo en germinar, es porque los almácigos que utilizan para germinar sus semillas son contenedores de unicel con tapas gruesas del mismo material (Fig. 20) y esto disminuye en gran medida la luz que llega al interior de los mismos y debido a que esta especie presenta fotoblastismo positivo tanto a temperaturas constantes como fluctuantes (Quintana-Sierra, 1994; Rojas-Aréchiga *et al.*, 1997), es necesaria la luz para que se lleve a cabo una adecuada germinación, o también pudiera ser que las semillas que habían estado utilizando, fueran aún inmaduras, al no colectarlas en las fechas adecuadas o al no dejarlas el tiempo suficiente dentro de sus frutos. Se les indicó cuales serían las causas posibles de su problema para germinar la especie y que podían hacer para cambiar las cubiertas de sus almácigos para inducir la germinación en menor tiempo.

Además de la exposición del presente trabajo en la comunidad el Dexthí, se les proporcionó a las señoras productoras de cactáceas, un formato con los requisitos necesarios para obtener el permiso de SEMARNAT, para poder comercializar su producción vegetal; de la misma forma, se les proporcionaron las direcciones y teléfonos de algunos productores de envases para planta (macetas) para que los contactaran y de esta forma obtuvieran un envase adecuado y a bajo precio, dado que el uso de cajas cocteleras desechables, a pesar de tener un bajo costo (75 centavos aprox. c/u), no es el material más apropiado para desarrollar una producción masiva, de este tipo de plantas, debido a que son muy frágiles y con la radiación solar y la humedad del interior, pierden la capacidad de sostener la cubierta y como consecuencia hay pérdida de humedad y/o en

su defecto en el caso de aquellos lotes experimentales que se realizan a la intemperie o solo bajo cubierta de malla como en este proyecto, en la época de lluvias son muy vulnerables a la inundación.



Figura 20. Invernadero de la sociedad de señoras productoras de cactáceas (Rã Dõni Kowa) en la comunidad el Dexthí. Del lado derecho, las cajas de unicel utilizadas como almácigos.

Se convenció a la población del Dexthí a seguir este tipo de estrategias de conservación, ya que *E. platyacanthus*, es una especie que juega un papel ecológico muy importante en la zona, entre los que destaca, la protección del suelo. Esta especie la podemos encontrar dispuesta desde lugares planos, hasta en pendientes muy pronunciadas y su establecimiento en estos lugares, ayuda a mantener fijo el suelo al sustrato, y con esto se amortiguan los efectos de la erosión hídrica, eólica y por gravitación. No hay que olvidar que el tipo de suelo presente en esta zona del Dexthí, es un suelo de tipo Leptosol réndzico – Feozem calcárico, ambos tipos de textura franco-arenosa a arena francosa, lo que los hace muy susceptibles a la erosión cuando se encuentran carentes de una cubierta vegetal y el hecho de que *Echinocactus platyacanthus*, pueda establecerse en topografías accidentadas, permite el establecimiento de otro tipo de vegetación. Se les comento además que es importante dejar bien claro que gracias a la experiencia que se

ha tenido en trabajos comunitarios, es posible asegurar que la participación de las comunidades en la conservación de los recursos naturales es fundamental, puesto que estas han sido las mejores conservadoras y mejoradoras de éstos mismos recursos, ya que a partir del aprovechamiento de estos, han tolerado, manejado y constituido conocimientos de los mismos; es así que en la actualidad un recurso natural puede entenderse como una construcción social y por tanto es derecho y obligación de las comunidades hacerse partícipes en la conservación, el aprovechamiento y en las decisiones que se tomen alrededor de estos recursos.

10. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Abu-Awwad, A. M. 1997. Water infiltration and redistribution within soils affected by a surface crust. *Journal of Arid Environments*. 37: 231-242.

Abu-Awwad, A. M. y Kharabsheh, A. A. 2000. Influence of supplemental irrigation and soil surface furrowing on barley yield in arid areas affected by surface crust. *Journal of Arid Environments*. 46: 227-237.

Abu-Awwad, A. M. y Shatanawi, M. R. 1997. Water harvesting and infiltration in arid areas affected by surface crust: examples from Jordan. *Journal of Arid Environments*. 37: 443-452.

Akashah, O. Z. y Abu-Awwad, A. M. 1997. Irrigation and soil surface management in arid soils with surface crust. *Journal of Arid Environments*. 37: 243-250.

Aldasoro-Maya, E. M. 2000. Etnoentomología de la comunidad Hñahñu; El Dexthí-San Juanico; Hgo. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. p.15-29.

Alonso-González, L. 1964. Estudio monográfico de cactáceas del Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Facultad de Ciencias. México. 53p.

Altesor, A. y Ezcurra, E. 2003. Functional morphology and evolution of stem succulence in cacti. *Journal of Arid Environments*. 53: 557 – 567.

Anicua-Farfan, J. 2000. Micropropagación y evaluación del estatus metabólico *in Vitro* de tres especies de cactáceas endémicas y amenazadas o en peligro de extinción (*Mammillaria bocasana*, *M. carmenae* y *Echinocactus grusonii*). Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. México. 68p.

Arrollo-Marcos, G. 1980. Diccionario de Biología. Ediplesa. 1ª Edición. México.

Benalp, J. y Gillette, D. A. 1998. Vulnerability of desert biological soil crusts to wind erosion: the influences of crust development, soil texture, and disturbance. *Journal of Arid Environments*. 39: 133-142.

Bravo-Hollis, H. y Sánchez-Mejorada, H. R. 1978. *Las Cactáceas de México*. 2ª Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. 1. México.

Canabal-Cristiani, B. y Martínez-Assad, C. 1972. *El Valle del Mezquital: Relaciones de explotación y dominio en el medio rural*. Tesis de Licenciatura en Sociología. UNAM, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. México.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2004. *México. Biodiversidad que asombra al mundo*. 1ª Edición. México. p 20-23.

Cruz-Aranda, J. L. 2002. *Organización del vivero municipal de Naucalpan para su manejo y operación en la producción de plantas ornamentales*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México. 50p.

Delgado-Durán, M. R. 2000. *Levantamiento edafológico semidetallado del territorio de la comunidad del Dexthí, Alto Mezquital Hgo*. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. México. 79p.

Diario Oficial de la Federación, 2000. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT. México. www.ine.gob.mx.

Durán-D., A., A. Vargas-V. y A. E. Cisneros-C. 2003. *Bioestadística*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Carrera de Biología. México.

Eldridge, D. J. y Greene, R. S. B. 1994. Assessment of sediment yield by splash erosion on a semi-arid soil with varying cryptogam cover. *Journal of Arid Environments*. 26: 221-232.

Eldridge, D. J. y Rosentreter, R. Morphological groups: a framework for monitoring microphytic crusts in arid landscapes. *Journal of Arid Environments*. 41: 11-25.

Fearn, B. 1981. Seed germination: the modern approach. *Cactus and Succulent Journal (G. B.)* 43: 13 – 16.

Frías-Díaz, P. M. E. 1989. Desarrollo metodológico para la propagación vegetativa de *Echinocactus grusonii* Hildman (Cactaceae), mediante cultivo de tejidos. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. México. p 9-13.

Frías-Hernández, J. T., A. L. Aguilar-Ledezma y V. Olalde-Portugal. 1999. Soil Characteristics in Semiarid Highlands of Central Mexico as Affected by Mezquite Trees (*Prosopis laevigata*). Research Note. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 13: 305-312.

García-Castañeda, E. y López-Pérez, S. 2004. Distribución geográfica y diversidad de la familia Cactaceae en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México. 83p.

Godínez-Álvarez, H. O. 1991. Propagación de cactáceas por semilla: una experiencia para su cultivo y conservación. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM. Facultad de Ciencias. México. 27p.

Godínez-Álvarez, H. y Valiente-Banuet, A. 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.

Gómez-Hinostrosa, C. & Hernández-M. H. 2000. Diversity, geographical distribution, and conservation of Cactaceae in the Mier and Noriega region, México. *Biodiversity and Conservation*. 9: 403 - 418.

Gibson-C. A. & Nobel-S. P. 1990. *The cactus primer*. First edition. Harvard University Press. United States of America. p 1-125.

Grajales-Muñiz, O. 2004. Fisiología Vegetal. 1ª Edición. UNAM – Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán. México. 84p.

Hawkes, C. V. 2004. Effects of biological soil crusts on seed germination of four endangered herbs in a xeric Florida shrubland during drought. *Plant Ecology*. 170: 121-134.

Hernández-Arzate, I. 2005. Evaluación del estado actual de la degradación de tierras de la Cuenca de Zapotitlan Salinas Puebla. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Facultad de Estudios Superiores-Iztacala. p 11-12.

Ibarra-Morales, E. 1986. Las cactáceas como bioindicadores de minerales. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Facultad de Ciencias. México. p 27-32.

Jiménez-Mendieta, V. 1999. Propagación y producción de especies (*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) M. C. Johnston, *Leucaena leucocephala* (lam.) de Wit. Y *Mimosa depauperata* Benth) de importancia forestal no maderable en “el Dexthí-San Juanico”, Mpio, de Ixmiquilpan, Hgo. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales – Iztacala. México. p 37-40.

Leal-Pérez, E. 1990. El impacto de los programas de desarrollo en la región del Valle del Mezquital, Hgo.: análisis y logros del Patrimonio Indígena del Valle del Mezquital y Huasteca Hidalguense (PIVMHH), 1982-1988. Tesis de Licenciatura para el Desarrollo Agropecuario. UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales – Aragón. México.

LGEEPA, 1996. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Ed. Porrúa. México.

López-Galindo, F. 2001. Evaluación de Recursos y Planificación Ecológica del Uso del Suelo, en los municipios de Cardonal, Tasquillo y Norte de Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias-UNAM. México. p 39-129.

López-Galindo, F. y Muñoz-Iniestra, D. 1991. Evaluación de los recursos vegetales en el Valle del Mezquital, Estado de Hidalgo. Segundo encuentro regional de investigación de flora y fauna. UNUIES región V. Pachuca, Hidalgo - México.

López-Galindo, F., D. Muñoz-Iniestra., M. Hernández-Moreno. y A. Soler-Aburto. 1997. Diagnóstico ambiental, socioeconómico y tecnológico que identifica alternativas de conservación de suelos en el área de influencia del Centro Piloto de la comunidad del Dexthí, municipio de Ixmiquilpan, Hgo. Informe Técnico. Convenio UNAM-SEMARNAP.

Malda, G., A. Ralph y Ch. Martin, 1999. Alterations in growth and crassulacean acid metabolism (CAM) activity of *in vitro* cultured cactus. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

Márquez-Díaz, E. 2000. Manual técnico para propagar cactáceas. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agrícola. UNAM, Facultad de Estudios Superiores – Cuautitlán. México. p 57-79.

Martín-Lunas – Rodríguez, R. 1990. Estado actual de seis especies de cactáceas mexicanas sobrecolectadas y algunos planteamientos alternativos para su conservación. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Facultad de Ciencias. México. 197p.

Martínez-M., 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México.

Morales-Rosas, J. 1982. Estudios edafológicos en el Valle del Mezquital, Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Facultad de Ciencias. México. p 55.

Moreno-Calles, A. I. 2003. Autodiagnóstico a partir de créditos de sustentabilidad de Ecología Productiva CUTHA S. P. R. de R. L. organización reproductora de cactáceas y otras suculentas. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agrícola. UNAM, Facultad de Estudios Superiores – Cuautitlán. México. p 87-134.

Moreno-Vásquez, M. P. 1995. Las cactáceas: producción, comercialización y medidas de protección. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agrícola. UNAM. Facultad de Estudios Superiores – Cuautitlán. México. p 92-94.

Muñoz-Iniestra, D. J. y López-Galindo, F. 1997. Descripción Físico-Biótica y Diagnóstico Ambiental del Valle del Mezquital, Hgo. Ponencias del Seminario sobre Uso de Aguas Residuales para Riego. Problemática del Valle del Mezquital. 5-10 Mayo. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 15p.

Muñoz-Iniestra, D. J. 1999. Estudio cartográfico y morfológico de los suelos de la porción sur del Valle del Mezquital. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. UNAM, Facultad de Ciencias. México. p 100.

Muñoz-Iniestra, D., A. Mendoza-Cantú, F. López-Galindo, A. Soler-Aburto y M. Hernández-Moreno. 2000. Edafología. Manual de métodos de análisis de suelo. UNAM – Facultad de Estudios Superiores – Iztacala. 82p.

Nobel-S., P. 1988. Environmental biology of agaves and cacti. First edition. University of California. United States of America. p 55-57.

Numa-P. P. y Briones, O. 2001. Phenological patterns of nine perennial plants in an intertropical semi-arid Mexican crub. Journal of Arid Environments. 49: 265 – 277.

Olvera-Carrillo, Y., J. Márquez-Guzmán, V. L.-Barradas., E. Sánchez-Coronado & A. Orozco-Segovia. 2003. Germination of the hard seed coated *Opuntia tomentosa* S. D., a cacti from the México valley. Journal of Arid Environments. 55: 29 – 42.

Onzième session du Comité pour les plantes, 2001. Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction. Langkawi. Malaisie. 6p.

Quijas-Mosqueda, J. 2005. Aspectos comparativos de tres especies de cactáceas *Echinocactus grusonii*, *Echinocactus platyacanthus* y *Coryphantha erecta*. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Facultad de Estudios Superiores – Iztacala. México. 62p.

Quintana-Sierra, M. E. 1994. Contribución al conocimiento de algunos factores que disparan la germinación de *Echinocactus platyacanthus* LK. & O. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. México. p 51-73.

Reyes-Oliva, A., E. García-Moya & L. López-Mata. 2002. Cacti-shrub interactions in the coastal desert of northern Sinaloa, México. *Journal of Arid Environments*. 52: 421 – 445.

Reyes-Santiago, J. y Arias-Montes, S. 1995. Cactáceas de México: Conservación y Producción. Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM. Revista Chapingo. Serie: Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. México. 1: 85–101.

Rivera-Aguilar, V., EH. Godínez-Alvarez, I. Manvell-Cacheux y S. Rodríguez-Zaragoza. 2005. Physical effects of biological soil crusts on seed germination of two desert plants under laboratory conditions. *Journal of Arid Environments*. 63: 344-352.

Rodríguez-Isassi, J. A. 1983. Uso tradicional de las cactáceas por los Otomíes y vecinos del municipio de Cardonal, Hidalgo. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Facultad de Ciencias. México. p 42-44.

Rojas-Aréchiga, M. 1995. Estudios sobre la germinación de cactáceas del Valle de Zapotitlan de las Salinas, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. UNAM, Facultad de Ciencias. México. p 52-101.

Rojas-Aréchiga, M., A. Orozco-Segovia & 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.

Rojas-Aréchiga, M., C. Vázquez-Yanes & A. Orozco-Segovia. 1998. Seed response to temperature of Mexican cacti species from two life forms: an ecophysiological interpretation. *Plant Ecology* 135: 207 – 214.

Rojas-Aréchiga, M. & Vázquez-Yanes, C. 2000. Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments*. 44: 85 – 104.

Rosas-López U. Y. 2002. Anatomía fisiológica de plántulas de cactáceas bajo stress hídrico. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Facultad de Ciencias. México. 110p.

Rzedowski, J. 1973. Geographical relationships of the flora of Mexican dry regions. A. Graham. Vegetation history of Northern Latin America. Elsevier Scientific Company. Amsterdam, Netherland.

Rzedowski, J. 1979. Flora fanerogámica del Valle de México. Generalidades, Gymnospermae, Dicotyledonae. 1ª Edición. Continental. Vol. 1. México.

Rzedowski, J. 1985. Flora fanerogámica del Valle de México. Dicotyledonae. (Euphorbiaceae – Compositae). 1ª Edición. Escuela Nacional Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Instituto de Ecología. Vol. II. México.

Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. 1ª Edición. Limusa. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México.

Sáenz, C. E. Sepúlveda & B. Matsuhira. 2004. *Opuntia spp* mucilage's: a functional component with industrial perspectives. Journal of Arid Environments. 57: 275 – 290.

Serrano-Moya, J. A. 1983. Diseño para el establecimiento de una unidad de demostración y cultivo de cactáceas silvestres representativas del Valle de México. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agrícola. UNAM, Facultad de Estudios Superiores – Cuautitlán. México. 113p.

Spencer, S. 2001. Effects of coal dust on species composition of mosses and lichens in arid environment. Journal of Arid Environments. 49: 843-853.

Tejero-Díez, J. D., M. P. Granillo-Velázquez., S. Aguilar-Rodríguez., G. N. Pozos-Banda., R. Rico-Montiel y L. Abundiz-Bonilla. 1998. Plantae. Introducción al estudio de las plantas con embrión. 2ª Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores – Iztacala. México. p 133-134.

Toogood, A. 2003. Enciclopedia de la propagación de las plantas. Royal Horticultural Society. 1ª Edición. Blume. Barcelona. P 230-239.

Trujillo-Argueta, S. 1982. Estudio sobre algunos aspectos ecológicos de *Echinocactus platyacanthus* LK. & O. en el estado de San Luis Potosí. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. México. 126p.

Valiente-Banuet, A. 1991. Dinámica del establecimiento de cactáceas: patrones generales y consecuencias de los procesos de factitación por plantas nodriza en desiertos. Tesis de Doctorado en Ecología. UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades, Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado. México. p 1-15.

Velasco-Santiago, C. 1989. Clasificación y caracterización fisonómica de la vegetación del Valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales – Iztacala. México. p 56-132.

Villavicencio, M. A., Y. Marmolejo-Santillán y B. E. Pérez- Escandón. 1993. Investigaciones recientes sobre flora y fauna de Hidalgo, México. Universidad Autónoma de Hidalgo. México. p 47-61.

Went-Frits, W. 1983. Colección de la naturaleza de las plantas. 2ª Edición. Ediciones culturales internacionales, Libros de time-life. USA.