



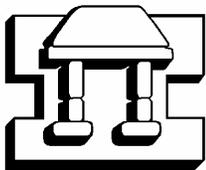
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

“ASPECTOS COMPARATIVOS DE TRES ESPECIES DE CACTÁCEAS
ECHINOCACTUS GRUSONII, ECHINOCACTUS PLATYACANTHUS Y
CORYPHANTHA ERECTA”.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I O L O G O
PRESENTA
JUAN QUIJAS MOSQUEDA

DIRECTOR DE TESIS: BIOL. MARCIAL GARCIA PINEDA



IZTACALA

TLALNEPANTLA, EDO. DE MÉXICO. 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.

AGRADECIMIENTOS

A Jehová dios por darme la fuerza de terminar lo pendiente.

Quiero dar las gracias por su dirección, paciencia y colaboración directa en el presente trabajo a mi asesor el Biólogo Marcial García Pineda.

A mis hermanas y mi hijo por su apoyo.

A Sonia Maldonado por sus comentarios en el presente trabajo.

A mis revisores al M.C. Francisco López Galindo, al Biólogo Héctor Barrera, al Biólogo Arnulfo Reyes y al Biólogo Antonio Meyrán Camacho por las observaciones y el tiempo dedicado al presente trabajo.

A la Bióloga Ana por sus acertadas correcciones en el presente trabajo.

Al Doctor Diego Arenas Aranda por su apoyo y buena disposición en todas las fotografías tomadas en el presente trabajo.

A mis amigos del Jardín Botánico.

A la UNAM. En especial a la FES "IZTACALA".

Al Biólogo Antonio E. Cisneros Cisneros por su apoyo prestado en la realización estadística del presente trabajo.

A la memoria de mis padres
Belen Mosqueda Pérez
Juan Quijas Cabrera

AVE

DEJAME ADORNAR TU PLUMAJE:

NO DEJES QUE OTRAS AVES

TE NUBLEN LA RAZÓN

SOLO CON SU IMAGEN.

ÚLTIMO CONDOR DE LAS MONTAÑAS

NADIE PUEDE DETENER TU VIAJE;

SOLO – DETENTE, A VECES,

A CONTEMPLAR LOS DETALLES.

JULIO 2003

ÍNDICE

Resumen	7
Capítulo 1. Introducción	8
1.1. Antecedentes.	10
1.2. La familia cactácea.	10
1.3. Los desiertos mexicanos.	10
1.4. Generalidades de las semillas de las cactáceas.	12
1.5. Germinación.	13
1.6. Latencia.	14
1.7. Efecto de la testa.	15
1.8. Longevidad de la semilla.	16
1.9. Influencia del ambiente en la germinación.	17
1.10. Depresión endogámica.	18
1.11. Factores que afectan la germinación.	19
1.12. Luz.	19
1.13. Temperatura.	20
1.14. Humedad.	21
1.15. Crecimiento.	21
1.16. Justificación.	23
1.17. Objetivos.	24
Capítulo 2. Características del área de estudio.	25
2.1. Localización.	25
2.2. Fisiografía.	25
2.3. Geología.	25
2.4. Edafología.	25
2.5. Clima.	26
2.6. Hidrología.	26
Capítulo 3. Metodología.	29
3.1. Material biológico.	29
3.2. Obtención de semillas y su germinación in vitro	32
3.3. Análisis de sustrato.	33
3.4. Análisis morfológico.	34

Capítulo 4. Resultados.	39
4.1. Germinación	39
4.2. Desarrollo de plántulas.	40
4.3. Sustratos	41
Capítulo 5. Discusión y Conclusiones	42
5.1. Germinación.	43
5.2. Sustratos.	46
5.3. Desarrollo de plántulas.	47
Recomendaciones	57
Referencias bibliográficas.	59

INTRODUCCIÓN

La distribución de las especies en el planeta no es uniforme, siendo las regiones tropicales las que tienen mayor diversidad (Challenger, 1998). México es considerado como uno de los países con mayor diversidad en el mundo, albergando entre el 8 y el 12 % del total de las especies (Mittermeier, 1988) . Por ejemplo, en fauna, ocupa el primer lugar de reptiles (704 especies), el segundo en mamíferos (491 especies), el cuarto en anfibios (290 especies) y presenta una alta diversidad de artrópodos (más de 23 mil especies); en cuanto a la flora se estima en alrededor de 27, 500 especies de las cuales las fanerógamas están representadas por cerca de 18 mil especies (Challenger, 1998). Familia de plantas como Rubiaceae Compositae y Cactaceae alcanzan su máxima diversidad en el país, tanto en número de especies como en endemismo, siendo este último alrededor del 70% (Rzedowski, 1991).

La familia de las cactáceas es endémica del Continente Americano (desde Canadá hasta la Patagonia) y se distribuye principalmente en las zonas áridas y semiáridas encontrándose por lo tanto, la mayor diversidad en el matorral xerófilo donde la precipitación es baja y la cantidad de agua presente en el suelo es limitada durante la mayor parte del año a pesar de que la humedad proporcionada por la lluvia es el principal agente que desencadena la germinación, muchas especies de cactáceas requieren de condiciones más específicas. Esta familia consta de 1,208 especies, de las cuales 559 se encuentran en México (Hunt, 1992), principalmente debido a las peculiares condiciones geográficas, fisiográficas, climáticas y edáficas que este les ofrece (Bravo y Hollis, 1978) siendo el 77.9% de ellas endémicas del país (Hernández y Godinez, 1994).

Características como, la transformación de hojas a espinas, la succulencia, la extensión mayor de raíces que de brotes y el metabolismo fotosintético CAM.

asociado a un crecimiento lento (Turner, 1966), reclutamiento intermitente (Jordan y Nobel, 1981; Jordan y Nobel, 1982) y limitado (Steenberg y Lowe, 1969) así como los ciclos de vida largos para muchas de ellas (Gibson y Novel, 1986), hacen de las cactáceas un grupo muy vulnerable (Hernández y Godinez, 1994) además, este grupo de plantas se ha visto fuertemente amenazado debido a presiones antropogenéticas como la conversión de uso de suelo de sus sitios de distribución para fines agropecuarios y a la extracción de plantas de su hábitat natural para venderse como plantas de ornato a nivel nacional e internacional (Sánchez-Mejorada, 1982).

Las cactáceas , junto con los magueyes, mezquites y yucas ,constituyen las plantas más notables que caracterizan el paisaje de las zonas áridas y semiáridas de México (Bravo-Hollis,1978).

Las cactáceas son plantas suculentas y perenes pertenecientes a las angiospermas de la clase de las dicotiledóneas y el orden de **Caryophyllales**. Los géneros principales incluyen **Opuntia** como los nopales ; pequeñas biznagas como **Mammillaria**, **Coryphantha**, **Lophofora** y **Ariocarpus**, biznagas grandes como **Echinocactus** y **Ferocatus** y formas columnares gigantes como **Stenocereus**, **Carnegiea**, **Pachycereus**, **Selenicereus** y **Myrtillocactus** (Anon, 1989).

La mayoría de las cactáceas viven en ambientes áridos y semiáridos.

Además de su amplio uso como plantas ornamentales, las cactáceas han sido utilizadas de diversas maneras desde tiempos remotos. Algunas especies tienen propiedades medicinales (por ejemplo **Carnegieae giganteae** y **Opuntia ficus indica**); otras proveen materiales para la construcción (**Pachycereus** y **Stenocereus**); distintos órganos de muy distintas especies han sido utilizados como alimento como por ejemplo los cladodios de las **Opuntias** (nopales) y los frutos de la mayoría de las especies son comestibles, entre los que podemos citar a **Carnegieae giganteae**, **Stenocereus gummosus**, **Opuntia ficus-indica** y **Myrtillocactus geometrizans**, que han sido utilizadas como alimentos por numerosas culturas de México y Sudamérica (Nobel, 1988). Así mismo, el acitrón se hace de varias especies de biznagas (Anon, 1989). Las cactáceas han sido utilizadas también para el control de la erosión debido a las características de su sistema radicular y a su facilidad para propagarse vegetativamente (**Opuntia stricta**) y como forraje (**Opuntia**, **Ferocactus** y **Echinocactus**). Finalmente el peyote (**Lophoora williamsii**), nativo del norte de México, ha sido utilizado por numerosas tribus indígenas desde tiempos precolombinos en ritos ceremoniales por sus efectos alucinógenos (Bravo-Hollis, y Sánchez-Mejorada, 1991).

Estos son algunos ejemplos mediante los cuales podemos darnos cuenta de los diversos usos que esta familia de plantas nos ha ofrecido desde tiempos remotos y de la importancia que representa la conservación de este recurso.

ANTECEDENTES

LA FAMILIA CACTÁCEAE

La familia cactácea es endémica de América, es una de las formas de vida más característica del paisaje mexicano. Su distribución natural abarca prácticamente todo el continente, y aunque existen muy pocos registros fósiles de ellos, estudios realizados por especialistas consideran la zona tropical seca de Sudamérica como el probable centro de origen de la familia, aunque a través de los siglos se fueron concentrando tanto en algunos territorios de África (región meridional y este) al paso de los siglos su distribución fue ampliándose a varios hábitat del mundo. La mayoría de las especies, alrededor del 70%, se distribuyen en regiones áridas y semiáridas, constituyendo en varias zonas elementos dominantes de la vegetación (Valiente-Banuet, et al, 1995).

En los últimos siglos las especies que conforman la familia de las cactáceas han sido clasificadas y reclasificadas repetidas veces. No fue sino hasta 1904 que dos americanos: Britton (Director de los jardines botánicos de Nueva York) y J. Nelson Rose (Administrador auxiliar del herbario nacional del museo Smithsonian de los Estados Unidos), viajaron por todo el continente americano y a revisar las colecciones europeas para organizar y clasificar los especímenes de cactáceas tanto de herbarios como de archivos; con la colaboración de diversos botánicos, colectores e individuos interesados lograron a partir de 1919 y hasta 1923 publicar cuatro volúmenes de Cactácea. Estos volúmenes dividieron a la familia cactácea en tribus, subtribus y de vez en cuando en series; estableciendo nuevos géneros y eliminando otros. Esta división todavía es aceptada por muchos hoy en día no obstante se han agregado nuevos descubrimientos y se han hecho algunas modificaciones (www.proyecto_cactaceas_brasileiras.htm).

En 1958 la familia cactácea fue nuevamente dividida por Buxbaum en tres subfamilias: Pereskioideae, Opuntioideae y Cactoideae (Clark 2000). Buxbaum (Gibson 1998, citado en Clark 2000) además, reconoció a cuatro grupos dentro de la tribu Pachycereae, conformados por las subtribus: Pterocereinae, Myrtillocactinae, Pachycereinae y Stenocereinae. Basándose en los datos bioquímicos y morfológicos Gibson y Horak (1978) propusieron que las subtribus Pachycereinae y Stenocereinae tenían un origen monofilético. Recientemente Cornejo y Simpson (1997) construyeron una filogenia de la tribu Pachycereae basándose principalmente en los trabajos realizados por Arthur Gibson con caracteres morfológicos. Aunque esta filogenia no está completamente resuelta ni incluye información de la longitud de las ramas, concuerda en topología con la filogenia desarrollada por Wallace una de las más aceptadas actualmente.

LOS DESIERTOS MEXICANOS

En México los ecosistemas áridos constituyen los sistemas que dominan el escenario ambiental se forman tanto por causas relacionadas con el patrón general de circulación

atmosférica como por la sombra ortográfica producida por las cadenas montañosas del país (Valiente-Banuet, et al, 1995).

El territorio mexicano ubicado en la confluencia de dos grandes regiones la neártica y la neotropical, una situación mezo continental entre dos océanos y una ubicación dentro de la trayectoria de migración florística hacia los trópicos reúne una de las más grandes riquezas biológicas del mundo (Rzedowski, 1978). Dentro de esta gran riqueza se encuentran los ecosistemas áridos que ocupan alrededor del 60% del territorio mexicano- y constituyen el sistema que domina el escenario ambiental del país (Valiente-Banuet, op.cit).

Los desiertos son el resultado de patrones de circulación atmosférica que originan una franja árida entre los 15 grados y 35 grados de latitud, así como por la sombra ortográfica que producen las cadenas montañosas del país (Valiente-Banuet, op, cit.) es en estos ecosistemas en donde se encuentra una de las más grandes riquezas biológicas ya que en ellos habitan el 14% de las plantas vasculares que existen en México (Moreno y Sánchez, 1990; Rzedowski, 1991) en esta zona se representa aproximadamente una tercera parte de la flora fanerogámica del país y concentra el mayor número de endemismos de la flora mexicana (Rzedowski 1962) ubicándonos como el país que presenta la mayor diversidad y riqueza de cactáceas y suculentas (www.ine.gob.mx); sin embargo, se sabe muy poco de los procesos que mantienen esta biodiversidad y sobre los procesos naturales de deterioro.

Es importante señalar que la diversidad de los ambientes áridos ha sido alterada por la modificación de sus sistemas (Frankham, 1995) poniendo a varias poblaciones naturales en serios problemas de sobre vivencia. El efecto de estos cambios pueden verse reflejados en el genoma de los organismos y pueden llegar a expresarse como cambios en el flujo génico y la diversidad genética de las poblaciones, en cuyo caso pueden llevar al aislamiento, especiación, e incluso a la extinción local de una población (Clark, 2000).

La familia cactáceas se ha convertido en una de las especies más codiciadas por los coleccionistas y a la afición de muchos coleccionistas por adquirir plantas exóticas como las cactáceas representa una presión para las poblaciones silvestres, ya que la demanda internacional se ha abastecido fundamentalmente con la extracción de plantas y semillas en su hábitat natural (de manera ilegal e irracional). La Norma Oficial Mexicana (NOM_059_ECOL_1994), en la cual se establecen la especificaciones para la protección de especies de flora y fauna silvestres ya incluye 257 especies de cactáceas en alguna categoría en riesgo, 24 en peligro de extinción, 96 amenazadas, 135 raras y 2 sujetas a protección especial, es decir, cerca de la tercera parte de la flora cacto lógica del país se encuentra amenazada. Del total de estos cactus, el 93% (238 especies) son endémicas de México.

Dado que la mayoría de las especies que se encuentran amenazadas pertenecen a poblaciones pequeñas, presentan distribución restringida, o son especies recientemente descubiertas por la ciencia, se conoce muy poco de su biología (Becerra,2000) .

Por lo tanto resulta de vital importancia conocer y comprender la naturaleza de este tipo de organismos, que llegan a ser el elemento dominante del paisaje.

GENERALIDADES DE LAS SEMILLAS DE LAS CACTACEAS

La semilla es el producto del óvulo fertilizado (Braadber, 1988) y el medio por el cual el nuevo individuo es dispersado (Bewley y Black, 1978). La semilla es capaz de sobrevivir en condiciones ambientales adversas debido a la presencia de diversos mecanismos fisiológicos y morfológicos como, por ejemplo, la presencia de cubiertas que aíslan del medio exterior, la capacidad de inducir la dormancia y la presencia de reservas alimentarias (Braadber, 1988).

La reproducción sexual o por semilla integra una variedad de procesos críticos separados en tiempo y espacio de ocurrencia como polinización, desarrollo de semillas, dispersión (Van Rheede y Van Rooyen, 1999), germinación y establecimiento (Harper, 1977; Gutterman, 1993; Van Rheede y Van Rooyen, 1999). Cada uno afectado por las condiciones ambientales del hábitat particular de la planta. En los desiertos la respuesta de las plantas al ambiente esta fuertemente influenciada por la ocurrencia de lluvia, la cual es impredecible en tiempo y cantidad, ocasionando que el período de tiempo adecuado para la germinación y el desarrollo de la plántula sea variable (Van Rheede y Van Rooyen, 1999).

Las semillas de las cactáceas varían considerablemente no sólo en tamaño (de 0.5 mm a 10 mm), sino en forma, de color (negras cafés rojizas, blancas etc.) estructura epidérmica, apariencia y posición del funículo y micrófilo, en las características del embrión y de los tejidos almacenadores de sustancias nutritivas (Bravo-Hollis, 1978; Bregman Bouman, 1983; Gibson Nobel, 1986).

Las semillas de la mayoría de las especies son dispersadas por animales como aves y mamíferos (zoocoria) (Bregman, 1988), aunque se han reportado casos de semillas dispersadas por agua (hidrocoria) y por viento (anemocoria) (Bravo Hollis, 1978; Bregman 1988). Varias especies aparentemente carecen de algún mecanismo de dispersión (atelecoria) (Bregman 1988). El número de semillas producido por fruto es también muy variable de especie a especie; de una decena a varios cientos.

Las semillas de las cactáceas han sido utilizadas como alimento por diversas tribus autóctonas del país desde tiempos remotos, pues muchas de ellas son comestibles, pero debido a la dureza de su testa sólo pueden ser aprovechadas como alimento cuando se trituran, y además debido a su pequeño tamaño pocas veces son utilizadas. Sin embargo las tribus indígenas del desierto sonorense siguen utilizando como comida las semillas de saguayo (*Carnegiea gigantea*), del cardón (*Pachycereus pringlei*) y de la pitaya dulce (*Stenocercus thurberi*) (Bravo -Hollis y Sánchez Mejorada, 1991). Existen pocos estudios bromatológicos con semillas de cactáceas. El análisis de las semillas de *Pachycereus pringlei* proporcionados por Piña Luján (citado en Bravo Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991) indican que tienen un 22.59% de proteína, 32.06% de grasas y 0.95% de azúcares, Armella (1990) reporta para *Echinocactus ingens* un contenido de 2.97% de proteínas, 11.63% de almidón y 0.86% de carbohidratos.

GERMINACIÓN

Las semillas representan la etapa del ciclo de vida de una planta que constituye un puente entre una generación y la siguiente, siendo la estructura portadora y dispersora del material genético. Las semillas poseen diversos mecanismos que les permiten detectar cambios ambientales de temperatura, luz y humedad para así poder asegurar su germinación y satisfacer las necesidades para el posterior establecimiento y crecimiento de las plántulas (Fenner, 1985)

La dispersión, la germinación y el establecimiento constituyen las etapas más vulnerables en el ciclo de vida de las plantas (Angevine y Chabot, 1979; Harper et al, 1970, Solbrig, 1980). Por consiguiente, los estudios de estas etapas han sido siempre puntos de interés en la investigación, pues son una herramienta indispensable para conocer aspectos de su biología, así como para conocer los requerimientos para su propagación y conservación.

La germinación es un proceso complejo cuyo éxito depende de una serie de factores. Estos factores pueden ser internos o externos, los cuales interactúan entre sí influyendo en la ruptura del estado latente de la semilla, lo que conduce finalmente a la emergencia de la radícula. Dentro de los factores externos o ambientales se encuentra el agua, la temperatura, ciertos gases y sustancias químicas. Varios fisiólogos vegetales, por ejemplo, Koller (1969), Black (1970) Bewley y Black (1985) y Boeken y Gutterman (1990) entre otros, coinciden en que los más importantes son la temperatura, la humedad y la luz. Estos factores pueden ejercer su efecto en la germinación interactuando entre sí, o bien alguno puede predominar sobre otro en su capacidad de control de la germinación (Koller, 1969). Dentro de los factores internos podemos citar la latencia y la viabilidad, los cuales están determinados genéticamente, aunque pueden ser modificados por factores ambientales.

Así para que una semilla germine debe encontrarse en condiciones favorables para que se desencadene dicho proceso. Entre las condiciones requeridas están: adecuado abastecimiento de agua, adecuada temperatura, así como luz, en ciertos casos, estos requerimientos varían de especie a especie y están determinados por las condiciones ambientales que prevalecieron durante la formación de la semilla, así como factores hereditarios (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975), por la posición de las semillas dentro de la planta madre (Mayer y Shain, 1974) por la edad de la semilla (Gutterman, 1980-81), y en algunas ocasiones, por las condiciones de colecta y almacenamiento de las mismas (Roberts, 1973).

Los siguientes factores ambientales y maternos se han considerado que tienen un profundo efecto en la germinación: durante el día, temperatura, edad de la planta madre, ambiente térmico de la planta madre, etc. (Gutterman, 1980-81). En algunas especies se ha demostrado que semillas de la misma planta madre maduras a diferentes duraciones del día y temperaturas difieren de su comportamiento germinativo, es decir, que entre los diferentes lotes de semillas de la misma especie puede haber gran sensibilidad a las

condiciones ambientales para su germinación. Está heteroblastia puede asegurar que solo una porción de las semillas germine bajo condiciones específicas, lo cual puede ser importante para la persistencia de las especies en áreas determinadas (Gutterman, 1982 1991) pues esta heterogeneidad fisiológica puede distribuir a la germinación sobre un extenso período de tiempo (Crocker y Barton.1953).

La germinación marca la transición del estado relativamente seguro del embrión latente dentro de la testa ,a una forma metabólicamente activa y vulnerable de la planta .La germinación comienza con la entrada de agua a la semilla (imbibición)y termina con el alargamiento del eje embrionario, esto es la radícula .

Esto incluye numerosos eventos como son: hidratación de proteínas, cambios estructurales celulares, aumento en la tasa de respiración, síntesis de ácidos nucleicos y de enzimas ,alargamiento celular seguido de división celular, activación de ribosomas y síntesis de proteínas (Black, 1970; Bewley y Black,1985) Cuando una semilla viable ninguno de estos procesos sucede, se dice que está quiescente. Aquí, la semilla se encuentra en estado de reposo, generalmente a un nivel de hidratación bajo y con la actividad metabólica baja .Refiriéndonos a las semillas denominadas ortodoxas ,las cuales son dispersadas con bajos contenidos de humedad, una propiedad de tales semillas que se encuentran en estado quiescente es que pueden permanecer así durante muchos años sin que se afecte su viabilidad. Para que estas semillas germinen solamente requieren de oxígeno e hidratación a una adecuada temperatura (Bewley y Black, 1985). Las semillas viables se dice que son latentes o que están en estado de latencia ,esta latencia puede tener diversas causas :inmadurez fisiológica del embrión, impermeabilidad de la testa de la entrada del agua o de gases falta de desarrollo del embrión a causas mecánicas (testa dura),embrión inmaduro, requerimientos específicos de la luz y/o temperatura,,o bien a la presencia de sustancias inhibitoras de la germinación (ácido abscísico) (Bewley y Black, 1985).

LATENCIA

Después de la fertilización del óvulo, el embrión inicia su desarrollo hasta llegar un momento en el que cese el crecimiento y la semilla comienza a desecarse. El estado en el que hay una interrupción en el crecimiento y una reducción al mínimo del metabolismo se conoce como latencia y la potencialidad de la semilla para permanecer latente por un tiempo más o menos largo, se conoce como viabilidad (Vázquez y Yanes y Orozco y Segovia 1984). Este estado de latencia puede tener diversos orígenes y la duración de la viabilidad varía entre las diferentes especies y ambientes (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1984) lo cual ha llevado a que se defina de diferentes formas. Según Bewley y Black 1994, una semilla se encuentra en estado de latencia cuando, a pesar de encontrarse en condiciones adecuadas para la germinación (agua y oxígeno suficientes y temperatura adecuada), este proceso no se lleva a cabo. La respuesta germinativa es evitada por barreras que en algunos casos se puedan superar, es decir, la latencia puede terminar debido a la presencia de un factor que no es necesario en sí para el proceso germinativo, pero que debe ser previo para que este se pueda llevar a cabo. Una característica de las semillas latentes es

que requieren una discontinuidad en las condiciones para que la germinación se inicie (Bewley y Black 1994)

La latencia constituye una manera de repartir o distribuir la germinación en el tiempo y en el espacio (Fenner 1985, Bewley y Black 1994). El hecho de que la germinación de una población de semillas se lleve a cabo en diferentes tiempos y en diferentes lugares, dependiendo de los factores capaces de romper la latencia, incrementa la probabilidad de sobrevivencia de los individuos resultantes. Gracias a la latencia la germinación va ligada a factores ambientales particulares, limitando a la aparición de plántulas en épocas poco favorables para su establecimiento (Angevine y Chabot 1979, Fenner 1985, Rathcke y Lacey 1985, Bewley y Black 1994). De esta forma, la germinación ocurre cuando existen mayores probabilidades de que la plántula se establezca y crezca hasta la reproducción (Roberts 1982). Los factores que rompen la latencia actúan como factores disparadores de la germinación y pueden actuar como indicadores de la existencia de un medio favorable para el establecimiento de las plántulas (Angevine y Chabot 1979, Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1984, Fenner 1985, Rathcke y Lacey 1985).

Es muy importante y de gran valor en términos adaptativos (Koller 1969) porque puede prevenir o retardar la germinación hasta que el ambiente sea favorable para el establecimiento de las plántulas. Las semillas de la mayoría de las plantas silvestres tienen mecanismos de bloqueo a la germinación como resultado de la selección natural. Estos bloqueos pueden ser eliminados bajo condiciones naturales

mediante fluctuaciones de temperatura, exposición a bajas temperaturas, exposición a la luz, etc. (Chawan, 1971), permitiendo así la germinación de las semillas.

La persistencia de las poblaciones y la regeneración de las comunidades vegetales cuyo principal modo de reproducción es por semilla, depende de que estas se encuentren en un lugar apropiado en el tiempo adecuado (Harper, 1977; Meyer et al, 1989; Murdoch y Ellis, 1992), en el estado fisiológico correcto para germinar.

EFECTO DE LA TESTA

En algunas semillas la latencia es impuesta por la presencia de la testa cuyo efecto puede darse a nivel bioquímico, fisiológico o mecánico. Cuando las semillas presentan una latencia de la testa, la germinación puede inducirse removiéndola o bien horadándola. La testa de algunas semillas es casi impermeable a la difusión de los gases y el embrión se mantiene latente por falta de oxígeno; por otra parte, la testa puede impedir la salida de algún inhibidor presente en la semilla. Si la testa constituye una barrera mecánica entonces las semillas durante su crecimiento deben generar fuerza suficiente para romper la testa durante la germinación (Bidwell 1979 y Bewley y Black 1994).

En muchas especies la germinación se puede ver favorecida si la testa es modificada de alguna manera, en pruebas de laboratorio se utilizan métodos como la estratificación mecánica, tratamientos con ácidos o sometimientos de las semillas a altas temperaturas. En la naturaleza se puede dar de diversas formas: las fluctuaciones de temperatura pueden aumentar la permeabilidad de la testa al agua (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1982,

Moreno-Casasola y Grime 1985 en Valverde 1988), La abrasión química (escarificación) causada por el paso de las semillas a través del tracto digestivo de ciertos animales, así como la acción microbiana sobre la semilla y la prelación parcial de la testa, son también factores muy importantes. Los efectos estimulantes de la germinación por parte del fuego en ecosistemas en los que este fenómeno es común pueden estar relacionados con la ruptura de la testa de las semillas. Otro factor importante en la ruptura de la testa puede ser el tallado de las semillas con las partículas del suelo o bien la erosión de la testa causada por el viento y la lluvia (Murdoch y Ellis 1992, Bewlwy y Black 1994).

LA LONGEVIDAD DE LA SEMILLA

El tiempo de vida de una semilla es finito. Cuando la semilla se encuentra almacenada bajo condiciones de luz, temperatura y humedad constantes el deterioro o pérdida de vigor que experimenta ocurre progresivamente (Bradford et al., 1993). La semilla durante el período de almacenamiento sufre daños a nivel celular y bioquímico que disminuyen la capacidad de síntesis de DNA y proteínas (Dell'Aquila, 1987). Debido a este daño el tiempo empleado para la germinación es mayor (Delouche y Baskin, 1973) conforme el deterioro continúa, aparecen plántulas anormales hasta que, finalmente se pierde la habilidad para iniciar el crecimiento (Delouche y Baskin, 1973). El incremento del tiempo requerido para la germinación se puede observar antes de que se manifieste una disminución significativa en la viabilidad (Dell 'Aquila ,1987).

La longevidad de una semilla depende de las condiciones durante su almacenamiento o permanencia en el suelo (Guterman, 1993) principalmente debido a las condiciones de humedad y temperatura (Bradfor 1993). Bajo condiciones de baja temperatura, altas concentraciones de CO₂ y humedad nula (todo ello asociado a una reducción de la tasa metabólica de la semilla), la longevidad es mayor (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975; Guterman, 1993).

En los desiertos, la sobrevivencia de algunas de las especies de plantas es reducida debido a la impredecibilidad y severidad de las condiciones ambientales, que provocan la muerte de muchos individuos antes que se reproduzcan (Baskin, 1998). La formación de un banco de semillas persistente permitiría que una determinada especie logre mantenerse en el tiempo (Baskin, 1998).

Un banco de semillas es una reserva de semillas viables no germinadas en un determinado hábitat (Baskin, 1998). Se trata también de un reservorio de potencialmente grandes cantidades de variabilidad genética de las poblaciones de plantas (Simpson, 1989), la misma que puede tener profundas consecuencias para la persistencia y respuesta ecológica de la población (Pons, 1991).

El conocimiento del comportamiento del banco de semillas de una determinada población permite comprender mejor aspectos relacionados con su ecología poblacional (Braadber, 1988) como su distribución y abundancia en tiempo y espacio (Clarence 1962). De esta forma, información sobre el flujo de entrada y salida de semillas del banco, tasa de muerte, depredación, germinación y entrada de nuevas semillas, su longevidad, los factores que

inducen o rompen la dormancia y los que inducen la germinación resultan de suma importancia para comprender la ecología de las especies (Braadber, 1988). De hecho, el banco de semillas en el desierto y su relación con la vegetación es parte fundamental para el entendimiento de aquellos procesos por los cuales las plantas del desierto han llegado a adaptarse a su severo e incierto ambiente (Kemp, 1989).

Se ha documentado la importancia de la formación de un banco de semillas en las plantas anuales o efímeras ya que podría llegar, incluso, a la extirpación o extinción de la especie si este no fuera formado (Pons, 1991). Al parecer, en las plantas perennes la formación de un banco de semillas no sería esencial (Kemp, 1989), ya que estas plantas basan su permanencia en el sitio en la longevidad del organismo adulto. Sin embargo, la formación de un banco de semillas puede ser importante para todas las especies debido a que se incrementa la variabilidad genética de las especies (Baskin y Baskin, 1998), ya que representa un almacén más grande de material genético que en las propias plantas, actuando como una memoria genética (Clarence, 1962).

- Permite la distribución de las especies en el tiempo (Clarence, 1962).

Se asegura la persistencia a largo plazo de la especie en un determinado sitio (Baskin y Baskin, 1998) y bajo condiciones inciertas e impredecibles (Pake y Venable, 1996).

Para que las semillas formen un banco y puedan permanecer viables en el suelo bajo condiciones naturales son necesarias ciertas características fisiológicas, morfológicas y ecológicas (Thompson y Grime, 1979; Baskin y Baskin, 1998). Las características que permiten sugerir que una especie posiblemente forme un banco de semillas son, entre otras, el tamaño pequeño de la semilla que le permita no ser fácilmente vista y pueda escapar de la depredación (Kemp, 1989; Thompson, 1993), un requerimiento de luz para la germinación, que impida la germinación cuando la semilla está enterrada (Pons, 1992), el requerimiento de un período de post-maduración antes de poder germinar (Murdoch y Ellis, 1992) y que presente ciclos anuales de dormancia/no-dormancia en respuesta a condiciones ambientales particulares (Baskin y Baskin, 1998).

LA INFLUENCIA DEL AMBIENTE EN LA GERMINACIÓN.

Una vez dispersada la semilla, su exposición a cambios diarios y estacionales en cuanto a cantidad y calidad de luz, así como la de la temperatura, variará dependiendo del sitio donde se encuentre. En los desiertos, la temperatura sobre el suelo suele ser muy alta y más aún en las áreas desprotegidas; si la semilla se encuentra en algún sitio protegido como bajo algún arbusto o roca enterrada en el suelo, menores serán las fluctuaciones en cuanto a la luz y temperatura que la afecten (Steenberg y Lowe, 1969; Gutterman, 1993). Las semillas que se encuentran en la superficie del suelo son humedecidas por el rocío nocturno y subsecuentemente secadas durante el día, las semillas que se encuentran enterradas sólo son humedecidas por la lluvia (Gutterman, 1993). El humedecimiento o incremento en la humedad relativa puede ser importante para la longevidad de la semilla permitiendo que el daño que ocurre durante la permanencia en el suelo sea reparado (Karssen, 1989).

El tiempo que ha permanecido la semilla en el suelo y las condiciones ambientales imperantes durante ese tiempo en el microhábitat donde se encuentra la semilla afectarán su capacidad germinativa.

DEPRESIÓN ENDOGAMICA

La depresión por endogamia se define como la pérdida de vigor en la descendencia resultado de la unión de individuos emparentados (Richards, 1997). La autocruza y apareamiento de parientes cercanos incrementa la proporción de loci y son homocigóticos dentro de un individuo. Este sistema de apareamiento tiene como resultado la pérdida de vigor y la expresión de alelos recesivos fenotípicamente deletéreos (Richards, 1997). El proceso de fertilización es responsable del nivel de variabilidad genética que presente el cigoto formado (Desai et al, 1977). En los sistemas de polinización dependientes de agentes bióticos la polinización cruzada usualmente ocurre cuando no hay limitación de animales visitantes. En condiciones de baja presencia de polinizadores la autogamia puede ser favorecida (Richards, 1997). No obstante, la presencia de polinizadores no es garantía de entrecruzamiento ya que el comportamiento de estos puede conducir a la autocruza como ha sido reportado en *Yucca filamentosa* (Pellmyr, 1997).

La depresión por endogamia puede ser expresada en todos los estados del ciclo de vida (Richards, 1997). La falla en el proceso de polinización por escasez de agentes polinizadores o por un comportamiento no efectivo en la polinización, trae como consecuencia la expresión de la depresión por endogamia en la semilla en otras fases del ciclo de vida. La disminución de las semillas producidas y/o la disminución en la capacidad germinativa de las mismas son una forma de expresión de la depresión endogámica (Pellmyr, 1997).

La depresión endogámica puede ser medida por absorción de los frutos, el número de semillas producidas por fruto, la capacidad germinativa de las semillas y el vigor de las plántulas, entre otras características (Pellmyr, 1997).

En este escenario el éxito en el establecimiento estará fuertemente determinado por la respuesta que tenga la semilla a las condiciones ambientales locales (Bewley y Black, 1978), germinando cuando estas sean tales que exista una mayor probabilidad de que el nuevo individuo logre establecerse y alcance la madurez reproductiva (Nikolaeva, 1977).

FACTORES QUE AFECTAN LA GERMINACIÓN

A continuación se detallan los principales factores que pueden tener un mayor efecto sobre la germinación de las semillas de algunas especies.

LUZ

El requerimiento de luz es un mecanismo de muchas semillas que impide la germinación; por ejemplo, para las semillas pequeñas enterradas muy profundamente que tienen cantidades mínimas de reservas almacenadas para el crecimiento de las plántulas y, si germinaran muy profundamente en el suelo, podrían agotar sus reservas antes de alcanzar la superficie. Muchas semillas no germinan bajo el dosel vegetal del bosque por que la luz que llega al suelo es insuficiente para estimular la germinación. No todas las semillas requieren de la luz para germinar; algunas no se ven afectadas por este factor y otras son inclusive inhibidas por la presencia de la luz, clasificándose de esta manera en fotoblásticas positivas, y fotoblásticas negativas e indiferentes (fotoblastismo, término acuñado por Evenari en 1956, involucra los fenómenos de germinación controlada por la luz) (Bidwell 1979, Fenner 1985, Orozco-Segovia 1986).

Las diferentes respuestas de las semillas a la luz son distintas manifestaciones de un mismo sistema: el fitocromo. (pigmento proteico que absorbe principalmente en la longitud de onda de 600nm -800nm con picos de absorción a los 660nm y 730nm de longitud de onda dicho fitocromo fue descrito por Borthwick con semillas de *Lactuca sativa* de la variedad Grand Rapids y a partir de estos experimentos se detectó que la luz roja 660nm activa al fitocromo y que la luz roja lejana 730nm lo inactiva. la función principal del fitocromo es la de detectar el balance rojo /rojo lejano de la radiación natural (Smith y Morgan, 1983)) Este pigmento fotosensible responde a tres espectros de la luz: azul, rojo y rojo lejano. La luz roja promueve la germinación mientras que la luz azul y la roja lejano la inhiben. La luz roja lejano puede revertir el efecto estimulante de la luz roja, debido a que el fitocromo existe en el interior de la semilla en formas interconvertibles. El pigmento PR (fitocromo rojo). Absorbe luz roja y se convierte en una forma fisiológicamente activa que puede actuar para romper la latencia. Sin embargo, el PRL (fitocromo rojo lejano) puede absorber luz roja lejano para transformarse en la forma original y la germinación no ocurra (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1984, Orozco -Segovia 1986, Schmitt y Wulff 1993, Bewlwy y Black 1994).

El PR tiene un pico de absorción a los 660 nm y el PRL a los 730nm y las curvas de absorción de ambas formas del pigmento se traslapan a los 600nm, por lo que a una determinada longitud de onda ambos fitocromos absorben radiación y se da una transformación fotoquímica simultánea en ambas direcciones, estableciéndose así un fotoequilibrio que está dado por la relación PRL/P Total, simbolizada con la letra griega Φ (phi). La terminación de la latencia y el control de la germinación en muchas semillas dependen de este fotoequilibrio. Las semillas conocidas como fotoblásticas requieren de

altas proporciones de PRL/PTotal para romper la latencia, mientras que otras semillas pueden germinar con valores extremadamente bajos. Este sistema puede detectar la calidad de la luz en el medio circundante, de modo que la germinación se verá restringida a zonas con cierta calidad de luz (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1984, Schmitt y Wulff 1993, Bewley y Black 1994).

Los requerimientos de luz y temperatura están interrelacionados bajo condiciones de temperatura alternante, algunas semillas que requieren luz, germinan en la oscuridad, y así mismo, ciertos tratamientos químicos (con compuestos como nitrato de potasio, tiourea y AG) eliminan la exigencia de luz en algunas semillas (Bidwell 1979, Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1984, Orozco-Segovia y Vázquez-Yanes 1992, Salisbury y Ross 1992).

TEMPERATURA

Los cambios en el metabolismo del embrión durante el proceso de germinación se pueden ver afectados por la temperatura a la que se encuentra la semilla. Las diferentes temperaturas constantes y los termo períodos son factores que pueden afectar la germinación. Con respecto a las temperaturas constantes, se han definido los términos de temperatura óptima, máxima y mínima para la germinación. El óptimo se define como la temperatura a la cual se da el más alto porcentaje de germinación en el tiempo más corto. Las temperaturas mínimas y máximas para la germinación son la más baja y la más alta temperatura a la cual la germinación puede ocurrir (Cervantes 1986, Bewley y Black 1994). Los intervalos de temperatura en los que la germinación ocurre en cada especie pueden estar determinados por varios factores, como el lugar de procedencia de las semillas, las diferencias genéticas entre los individuos de la misma especie y la edad de las semillas (Cervantes 1986). Algunas especies germinan mejor a temperaturas relativamente bajas (de 10 a 15°C) y en otras la germinación es favorecida por temperaturas mayores (de 30 a 35°C) (Bewley y Black 1994). Sin embargo, en condiciones naturales las semillas pocas veces se encuentran a temperaturas constantes por periodos largos de tiempo (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1984). Durante el día la temperatura fluctúa (termo período) y la magnitud y la forma de estas fluctuaciones varía a lo largo del año.

Entre las diferentes características de un termo período, se considera que la que afecta de una manera más significativa a la germinación es la amplitud, es decir, la diferencia entre la temperatura alta y la baja. Para algunas especies la existencia de un termo período es un requerimiento indispensable para la germinación de sus semillas. En muchas otras las fluctuaciones de temperatura pueden incrementar la velocidad de germinación. En otros casos las temperaturas alternantes pueden incrementar el porcentaje final de germinación, aumentando la capacidad germinativa de las semillas (Fenner 1985, Bewley y Black 1994). Algunas semillas requieren de un tratamiento de estratificación para poder germinar.

Este consiste en mantener a las semillas hidratadas a bajas temperaturas (de 0°C a 10°C) durante un cierto período de tiempo. El requerimiento de un período de frío antes del inicio de la germinación asegura que en invierno haya pasado y que la germinación ocurra en primavera, cuando la temperatura es más cálida y las condiciones para el crecimiento son más propicias (Bidwell 1979, Bewley y Black 1994).

HUMEDAD

El agua es un factor sin el cual la germinación no puede ocurrir. Las semillas, antes de imbibirse se encuentran extremadamente deshidratadas y normalmente solo contienen entre el 5 y el 20% de agua de su peso total. El primer paso en la germinación de una semilla es su imbibición, que consiste en la absorción pasiva de agua del medio circundante y a partir de la cual son posibles todos los eventos posteriores que conducen a la emergencia de la radícula. De esta forma, la cantidad de humedad presente en el ambiente, así como la facilidad que la semilla tenga para absorberla y mantenerla, serán de suma importancia para determinar la velocidad y el porcentaje final de germinación (Harper y Benton 1966, Bidwell 1979).

CRECIMIENTO

El crecimiento y el desarrollo son una combinación de eventos biofísicos y bioquímicos que dan como resultado la producción integral de un organismo.

El crecimiento se manifiesta como un incremento en el tamaño de un organismo. Este proceso puede medirse a través del incremento de la longitud, grosor, masa, volumen o área de la planta. El peso fresco (peso del tejido vivo y sin deshidratar) puede fluctuar debido a cambios en el estatus hídrico de la planta y, por lo tanto, es un indicador pobre del crecimiento por lo que la medición de peso seco es más apropiada para describir este proceso (Bidwell 1979, Taiz y Zeiger 1991).

El crecimiento de las plantas no es uniforme en todas las partes del organismo, sino que se encuentra restringido a ciertas zonas especializadas. Se han reconocido dos tipos de crecimiento en las plantas, el crecimiento primario y el secundario, según la parte de la planta en la que ocurre. Tanto el crecimiento primario y el secundario están asociados a tejidos que permanecen en un estado embrionario indiferenciado, llamado meristemo. Hay tres tipos de meristemos: los apicales, que se presentan en la punta de las raíces y partes aéreas y dan lugar al crecimiento primario o en longitud; los meristemos laterales, que se presentan como cilindros de células meristemáticas en los tallos leñosos y raíces, dando lugar al crecimiento secundario o en grosor, que ocurre en regiones en las que ya se ha detenido el proceso de elongación; por último, los meristemos axilares o yemas, que en el caso de las cactáceas se llaman areolas las cuales originan nuevas hojas, tallos flores y espinas (Salisbury y Ross 1992, Bravo-Hollis y Scheinvar 1995). Debido a que en muchas plantas el potencial para el crecimiento primario persiste en los ápices de vástagos y raíces,

se dice que son capaces de crecer más o menos indeterminado, es decir que pueden crecer más o menos indefinidamente.

En algunas plantas, tales como el maíz y girasol, la floración ocurre después de que la planta ha alcanzado cierto tamaño y nivel de desarrollo y el crecimiento vegetativo cesa porque el meristemo apical se diferencia hacia la producción de estructuras reproductivas; por esta razón se dice que estas plantas presentan crecimiento determinado (Taiz y Zeiger 1991).

JUSTIFICACIÓN

Como se habrá constatado en el mundo moderno (siglo XXI), una de las más graves amenazas que pesan sobre la biodiversidad es la fragmentación de los ecosistemas. Esta se opera cuando actividades humanas como el desarrollo agrícola, la actividad forestal, la urbanización, la presión demográfica creciente y los progresos tecnológicos, sustituyen amplias partes del ecosistema natural por una matriz de parcelas algunas de las cuales son vestigios del ecosistema original. Para poblaciones de especies que viven en un ecosistema continuo, la transformación de su hábitat en un mosaico de lugares disjuntos las hace particularmente vulnerables. Claro está, se dirá que la fragmentación no es un fenómeno nuevo, que el proceso empezó con la agricultura. Pero lo que es inquietante hoy es la escala global a la que se opera esta fragmentación y también la fuerza de los factores socio-culturales que la fomentan.

En el mundo no queda casi ninguna región cubierta por extensiones sustanciales de vegetación "intacta y no perturbada". Los fragmentos de vegetación natural se han convertido en una componente casi universal de nuestros paisajes.

La conservación de las especies presentes en estos fragmentos de vegetación implica maximizar las posibilidades de conexión entre ellos con su medio ambiente, así como poner planes de gestión y a veces de refuerzo de las poblaciones. Como numerosas especies de todo el mundo viven actualmente en hábitats fragmentados, hay buenas razones para dar una prioridad máxima a la conservación de las especies vegetales es decir, dedicarles al menos tantos esfuerzos como al establecimiento de sistemas de zonas protegidas.

De lo contrario, quién sabe si no estaremos condenando gran parte de nuestra biología a la extinción antes que termine el siglo XXI sin olvidar el estado actual de las previsiones de la evolución del cambio global y de los parámetros climáticos, nos espera un futuro tan incierto como estimulante.

La realización del presente trabajo pretende conservar tres especies de cactáceas endémicas de la zona de Zimapán e involucra los límites de los estados de Querétaro e Hidalgo en la confluencia de los ríos San Juan y Tula (Tomando en cuenta que dentro de la cuenca del Alto Pánuco, la Comisión Federal de Electricidad realizó la construcción de la Hidroeléctrica Zimapán, capturando los cauces de los ríos Tula y San Juan, lo que ocasionara cambios de un sistema lótico a uno léntico así como la interrupción del flujo normal de las aguas del río Moctezuma. El área impactada por dicho embalse es de 2300 ha, se inundarán 14 Km. sobre el río Tula y 12 Km. sobre el río San Juan teniendo como punto de referencia el sitio en que estos dos se unen para formar el río Moctezuma.)

OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL:

Evaluar el desarrollo de tres especies de Cactáceas (**Echinocactus platyacanthus, Echinocactus grusonii, Coryphantha erecta**) desde su germinación hasta su transplante.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- * Comparación de las tres especies de Cactáceas desde su germinación hasta su transplante. (Promedio en tamaño, grosor y número de aréolas)

- * Observar los cambios morfológicos de las tres especies de Cactáceas desde su germinación hasta su transplante.

- * Determinar si el ph en el sustrato es importante para el transplante de las tres especies de Cactáceas.

RESUMEN

México es el lugar más importante de concentración del grupo de la familia de las cactáceas en el mundo, alcanzando una gran diversidad y un gran número de endemismo el 78% (Hernández y Godínez 1994) distribuyéndose en zonas áridas y semiáridas.

Esta familia consta de 1208 especies, de las cuales 559 se encuentran en México (Hunt, 1992).

Este grupo de plantas debido a sus bajas tasas de crecimiento individual y poblacional, suelen ser vulnerables a las fuertes presiones de sobre colecta, así como la destrucción de su hábitat por causas antropogénicas (desarrollo tecnológico y urbanización). De lo anterior el presente trabajo pretende contribuir al estudio de tres especies de cactáceas (*Echinocactus grusonii*, *Echinocactus platyacanthus* y por último *Coryphantha erecta* originarias de la Presa Zimapán donde se construyó la Hidroeléctrica de Zimapán) creando un banco de plántulas (en la FES IZTACALA) para así poder reforestar la zona de donde son originarias. Se realizaron porcentajes de germinación de las tres especies en cuestión.

Empleándose tres sustratos diferentes; observando el sustrato Iztacala y sustrato Zimapán1 mostraron una germinación favorable en *Echinocactus grusonii* siguiéndole *Echinocactus platyacanthus* y *Coryphantha erecta* respectivamente, mientras que en el sustrato Zimapán 2 la germinación le fue favorable a la especie *Echinocactus platyacanthus* siguiéndole *Echinocactus grusonii* y finalmente *Coryphantha erecta*. Una vez germinadas cada una de las especies en sus diferentes cámaras de incubación, se procedida transplantarlas al mismo sustrato pero de manera individual para observar cuál es el sustrato más favorable para su crecimiento (se aplicó un análisis de varianza a una muestra al azar de las tres especies en cuestión midiéndose grosor y altura para ver, si existe alguna relación entre sustrato-especie) y por último se observaron algunos aspectos morfológicos de las plántulas.

CARACTERÍSTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

LOCALIZACIÓN

La zona se ubica geográficamente a los 20° 33' latitud norte y 99° 41' longitud oeste, punto extremo para el río San Juan (El Aguacate), 20° 34' latitud norte y 99° 21' longitud oeste punto extremo sobre el río Tula (La Cruz)y los 20° 54' de latitud norte y 99° 24' longitud oeste en el punto extremo para el río Moctezuma (Las Vegas de Ramírez),en un gradiente de altitud de 1720 m.s.n.m. a 910 m. s. n .m (Cetenal,1974) Ver Fig. 1

FISIOGRAFÍA

El área se ubica en la porción limítrofe de las provincias fisiográficas de la Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico Transversal y Altiplanicie Mexicana. Los rasgos de la primera consisten en sierras alyas con orientación NW-SE, formadas por rocas carbonatadas, separadas por amplios valles que se desarrollan sobre lutitas y areniscas, el Eje Neovolcánico Transversal se caracteriza por una topografía escalonada de origen volcánico. En la Altiplanicie Mexicana predominan llanuras, interrumpidas con frecuencia por macizos cerriles de pendiente suave .El relieve promedio de la parte septentrional de la región alcanza los 1300m mientras que la meridional disminuye hasta los 300m (Palacios 1982). Su altitud promedio es de 1800m siendo las máximas prominencias el cerro de los lirios con 2300m y la sierra del doctor (CFE,1989).

GEOLOGÍA

Las rocas que afloran en la región son Mesozoicas y continentales y volcánicas Terciarias y Cuaternarias. Las rocas Mesozoicas pertenecen a cuatro formaciones: El Doctor y formación Tamaulipas Superior, ambas del Cretácico Inferior, Trancas del Jurásico Superior, las formaciones Mesozoicas están cubiertas por sedimentos continentales del Terciario Inferior y rocas volcánicas del Terciario y Cuaternario (Palacios ,1982).Las rocas que afloran son de tipo volcánico del Cenozoico y Pleistoceno, principalmente andesitas, basaltos, riolitas y sus tobas.

EDAFOLOGÍA

Predominan suelos delgados considerados jóvenes como los Feozem, Litosoles, Regosoles y Rendzinas que se localizan en zonas sujetas a procesos de disgregación y alteración de la roca madre, así como la acumulación de materia orgánica. De manera particular, los suelos presentes en los márgenes de los ríos son fluvisoles cacaricos. (Cetenal, 1973).

CLIMA

El clima predominante es del tipo semiseco, las temperaturas medias anuales oscilan entre 16 y 18 °C, con una media mensual máxima en mayo de 19.6 °C y la mínima en diciembre 12.7 °C. La cantidad anual de lluvia es de 450-630mm, de julio a agosto, se presenta la mayor incidencia con 114mm, mientras que en febrero solo alcanza 75mm, de acuerdo con la clasificación de Koppen, modificado por García (1973) corresponde al tipo Bso hw. Los datos obtenidos corresponden a un registro de un período de 6 años (1986-1991) para estación climatológica las adjuntas (935m.s.n.m.) en el estado de Hidalgo y un período de 10 años (1982-1991) para la estación San Juan (1446m.s.ms.) en el estado de Querétaro. Analizando los registros disponibles se tiene un promedio de temperatura media anual de 23.2°C para las adjuntas y de 21.88°C para el río San Juan. La mayor cantidad de lluvia se concentra en el período comprendido entre los meses de mayo a octubre.

La precipitación promedio anual es de 29.8m.m. para las adjuntas y 34.05 mm para el río San Juan.

HIDROLOGÍA

El área se localiza en la región hidrológica num.26 que es considerada una de las más importantes del país en cuanto a su superficie y volumen de escurrimiento. La SARH la divide en dos zonas. La del Alto Pánuco, integrada por las cuencas de los ríos Tula y San Juan y la del bajo Pánuco, constituida por los ríos Estorax, Bajo Amajac, Moctezuma, Tapaòn y Pánuco (INEGI, 1992) (ver Fig., 4)

El río Tula conocido como San Jerónimo en sus orígenes es el colector general de la región hidrológica del Alto Pánuco. Este río comprende 6600km de cuenca desde su inicio hasta la confluencia con el río San Juan. Sus principales tributarios son el arroyo Michimaloya, Salado, Actopan y Alfajayucan. Sus cuencas se localizan entre los paralelos 19° 36' Y 20° 41' de Latitud Norte y los meridianos 98°41' y 99° 41' de longitud Oeste, teniendo una disponibilidad de agua superior a los 327 millones de m³ anuales, misma que es aprovechada en la agricultura e industria principalmente (INEGI,1986).

Sobre el cauce del río Tula se localiza la presas Taxhimay, Requena y Endhò y en su cuenca de captación las presas Gobernador Vicente Aguirre y Javier Rojo Gómez (INEGI, 1992),

El río San Juan constituye una cuenca de menores dimensiones que la del Tula. Desde sus orígenes hasta la confluencia con el río Tula es alimentado por diversos afluentes (cinco por su margen derecha y siete por su margen izquierda) constituidos algunos de ellos por pequeñas corrientes de agua intermitentes. Sobre este río se encuentran las presas Constitución de 1917, Centenario y Paso de Tabias. El río se interna en el municipio de Tequisquiapan aumentando su caudal con los aportes de pequeñas corrientes y manantiales hasta desembocar en la presa Paso de Tablas, las aguas que salen cambian en su curso hacia el noroeste, internándose en el municipio de Cadereytas, para unirse en la barranca del infiernillo con el río Tula (Piña ,1990)

El río Moctezuma tiene su origen en la confluencia de los ríos Tula y San Juan en el cañón del infiernillo, sitio donde se ubica la cortina de la presa Hidroeléctrica Zimapán. Comprende una gran cuenca que desemboca en el Golfo de México, entre los límites de los estados de Veracruz y Tamaulipas.

LOCALIZACION DE LA ZONA DE LA HIDROELECTRICA DE ZIMAPÁN

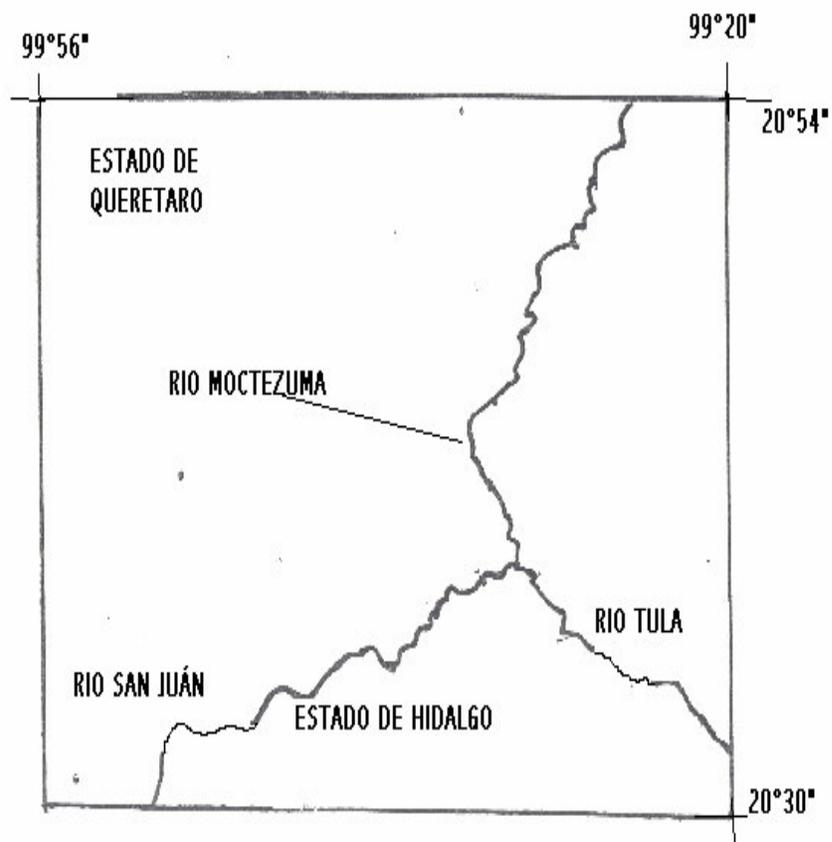


FIGURA 2.

MÉTODOS

MATERIAL BIOLÓGICO

Las especies utilizadas en la realización del presente estudio fueron colectadas de organismos del Jardín Botánico de la FES IZTACALA, mismos que fueron donados por la Comisión Federal de Electricidad originarios de Zimapán Hidalgo colindando con el Estado de Querétaro lugar en el que actualmente se encuentra ubicada la Presa Zimapán. (Figura 2)

Las tres especies en estudio son: (Fig. 3)

ECHINOCACTUS GRUSONII

Planta; tallos llegan a ser enormes hasta 1.5m. de altura y 80 cm. de diámetro por lo general simples excepto cuando son muy viejos o luego de sufrir daño; con una capa densa amarilla en el ápice. Costillas, 21 a 37, verde brillante, delgadas y altas. Arèolas grandes y elongadas que a veces confluyen. Espinas doradas, puntiagudas y subuladas. Espinas radiales, 8 a 10, de hasta 3cm de longitud. Espinas centrales, por lo común 4, de 5cm de longitud máximo, anchas en la base y luego se convierten en finas aristas.

Las flores emergen de la lana apical, de 4-6cm de longitud, 5cm de diámetro de color amarillo y no abren totalmente; receptáculo y tubo cubiertos de escamitas lanceoladas, acuminadas y alargadas; segmentos exteriores del perianto escamoso y puntiagudos, de color café. Fruto desde esférico hasta alargados, 12 -20mm de longitud, de cáscara delgada y mucha lana adherida a la base. Semillas, de 1.5mm de longitud, brillosas, de color café castaño. Distribución geográfica Estado de Hidalgo. (Bravo-Hollis, 1991).

ECHINOCACTUS PLATYACANTHUS

NOMBRE VULGAR BISNAGA

Planta globosa, que mide 50cm. A 2 m. de altura por 60 a 80cm de diámetro, de color verde claro, con el ápice lanoso; costillas de 21 a 30; espinas al principio morenas, más tarde grises; espinas radiales 4, extendidas, de 12 a 16 milímetros de longitud, generalmente 3, colocadas en la parte superior de la arèola; espinas centrales 3 a 4, extendidas, de 3cm de longitud; flores amarillas de 3cm de longitud; lóbulos del estigma 10. Distribución geográfica parte del estado de Hidalgo. (Bravo-Hollis, 1991)

CORYPHANTA ERECTA

Planta cilíndrica, que viven formando grupos, miden 30 centímetros de altura por 3 a 8 centímetros de diámetro, de color verde amarillento. ápice lanoso, tubérculos oblicuamente crónicos, a veces con la base en forma de rombo, arèolas lanosas cuando jóvenes; axila de los tubérculos jóvenes provista de lana blanca y de una glándula amarilla o morena;

LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

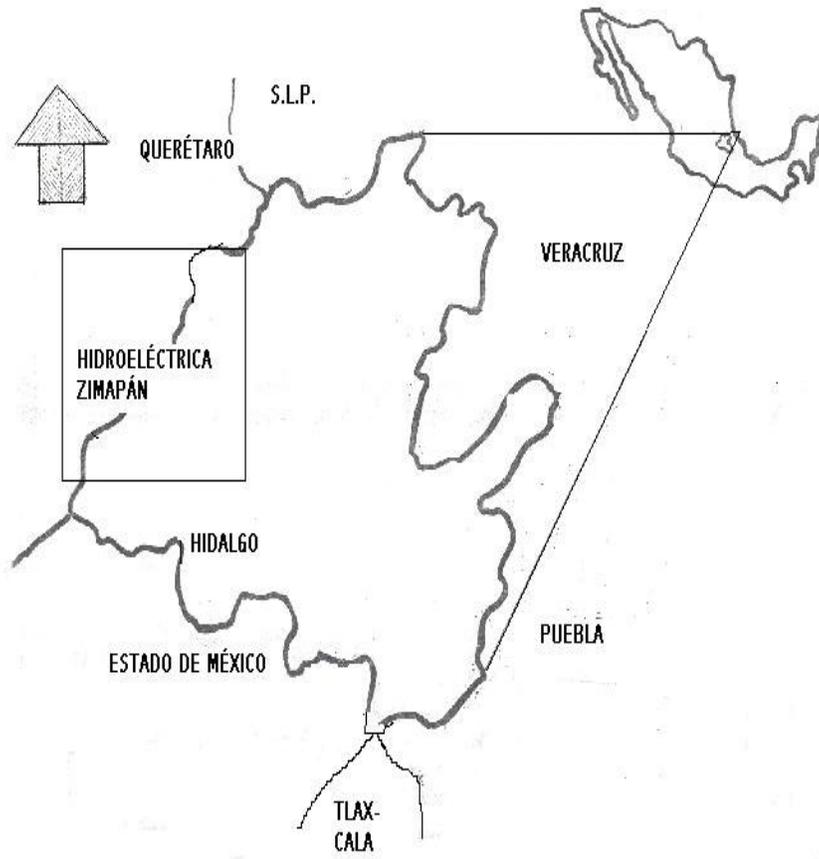


FIGURA 1

ECHINOCACTUS PLATYACANTHUS



ECHINOCACTUS GRUSONII



CORYPHANTHA ERETA

FIG. 3

espinas radiales 8, 14, 18, amarillentas, vítreas; espinas centrales 2 a 4 la superior es corta y la inferior se encuentra encorvada, son amarillentas en los brotes jóvenes, blanquecinas, flores de 6 a 7.5 centímetros de anchura, amarillas; filamentos rojizos; estilo y los 6 lóbulos del estigma amarillos. Distribución geográfica Estado de Hidalgo.

OBTENCIÓN DE SEMILLAS Y SU GERMINACIÓN IN VITRO

Las semillas utilizadas en el presente trabajo fueron recolectadas de entre los meses de octubre y noviembre de 2002. A las semillas extraídas de los frutos se les selecciono las que tuvieran buen aspecto físico evaluando color, tamaño y forma y a su vez se les practicó un tratamiento fitosanitario (Método de Rivas) el cual consiste en que se desinfectan durante 5 minutos en hipoclorito al 30% y posteriormente fueron lavadas con agua destilada, se colocan las semillas en una caja de petri o cualquier otro recipiente estéril y se agrega una solución de fungicida hasta cubrir las semillas (captan 1 gr. en 100 ml de agua). Al quedar listas las semillas se procedió a sembrarlas.

(10 de abril de 2003) En un sustrato estéril que consiste en las siguientes proporciones 1 de tierra lama, uno de arena de río y dos de tezontle (sustrato de uso exclusivo del Jardín Botánico) y dos sustratos recolectados de la Presa Zimapán que llamamos Zimapán 1 y Zimapán 2 (cuadro 1), realizándose 5 repeticiones por especie usando 50 semillas en cada cámara de germinación humedeciendo el sustrato a saturación manteniéndose a 30 días con condiciones de luz y temperatura de invernadero que oscila a una temperatura de 15 a 35 °C y diariamente se registró el número de semillas germinadas por cada cámara.

Cuadro 1

ESPECIE	S. IZTACALA	S. ZIMAPÁN 1	S. ZIMAPÁN 2	SEMILLAS
CORYPHANTHA E.	5 REPETICIONES	5 REPETICIONES	5 REPETICIONES	50 C/U
E. GRUSONII	5 REPETICIONES	5 REPETICIONES	5 REPETICIONES	50 C/U
E. PLATYACANTHUS	5 REPETICIONES	5 REPETICIONES	5 REPETICIONES	50 C/U

Una semilla se consideró germinada una vez que emergía la radícula, la proporción de las semillas germinadas se comparó entre ambas especies, además de lo anterior se analizó el tiempo de germinación en la relación con la proporción de semillas capaces de germinar (ver gráficas 6,7, y 8) para esto se empleó el índice de germinación cuya fórmula es la siguiente:

(Orozco-Segovia y González-Zertuche, 1996)

$$IG = \frac{(n_i t_i)}{N}$$

N

En donde IG= índice de germinación

n_i = número de semillas germinadas el día i

t_i = número de días después de la siembra

N = total de semillas sembradas

Una vez obtenidos los índices se compararon entre sí.

Después para determinar la sobrevivencia de las plántulas de las tres especies en cuestión se optó por obtener una muestra de 30 plántulas por especie para ser transplantadas en los sustratos Zimapán 1 y Zimapán 2 e Iztacala (Cuadro 2). Observando su desarrollo (altura, grosor e inicio de número de aréolas de cada una de ellas) llevándose a cabo la primera medición y trasplante a los seis meses de germinadas y posteriormente al año una nueva medición, observando así si hubo un buen trasplante, un buen desarrollo físico y de crecimiento, para el banco de plántulas de la FES IZTACALA.

Cuadro 2 . Establecimiento de plántulas

ESPECIE	S. IZTACALA	S. ZIMAPÁN 1	S. ZIMAPÁN 2	TOTAL
CORYPHANTHA E.	10 PLÁNTULAS	10 PLÁNTULAS	10 PLÁNTULAS	30
E. GRUSONII	10 PLÁNTULAS	10 PLÁNTULAS	10 PLÁNTULAS	30
E. PLATYACANTHUS	10 PLÁNTULAS	10 PLÁNTULAS	10 PLÁNTULAS	30

Posteriormente. Los resultados de las diferencias de las mediciones del trasplante de las plántulas (grosor y altura) fueron analizados por análisis de varianza de dos factores (ANOVA) para observar si existe alguna interacción entre sí.

ANÁLISIS DE SUSTRATO

De los tres sustratos a evaluar 2 fueron recolectados de la Presa Zimapán que denominamos Zimapán 1, Zimapán 2 y el tercero exclusivo del Jardín Botánico de la FES IZTACALA que consiste en 1 de tierra lama, 1 de arena de río y dos partes de tezontle, se valoraron dichos sustratos . Determinándoles sus respectivos análisis físico-químicos en el laboratorio (UBIPRO LABORATORIO DE LA FES IZTACALA. Cuadro 3)

Las muestras fueron tamizadas en malla de 2mm. de abertura y se procedió a la realización de los análisis (utilizando el manual de métodos de análisis de suelos de EDAFOLOGÍA por Muñoz et. al 2000). (Cuadro 4).

Cuadro 3. Análisis de las propiedades físicas y químicas de los sustratos empleados.

PROPIEDADES FÍSICAS	TEXTURA
	COLOR (SECO)
	DENSIDAD APARENTE
	DENSIDAD REAL
QUÍMICAS	PH
	MATERIA ORGÁNICA

ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LAS PLÁNTULAS

Se determinó la media de grosor, altura y aréolas a los seis meses y posteriormente al año. (Ver fig.4, 5, 6 Y 7)

ECHICACTUS GRUSONII



ECHINOCACTUS PLATYACANTHUS



CORYPHANTHA ERECTA



FIGURA 4

CORYPHANTHA ERECTA

A. 30 DIAS.



B. 92 DIAS



C. 180 DIAS



D. 365 DIAS



FIG. 5

ECHINOCACTUS GRUSONII

A. 30DIAS



B.92 DIAS



C 180. DIAS



D.365 DIAS



FIG.6.

ECHINOCACTUS PLATYACANTHUS

A.30 DIAS



B.92 DIAS



C.180. DIAS



D. 365 DIAS.



FIG.. 7

RESULTADOS

Porcentajes de germinación en los sustratos de los lotes de las tres especies en estudio en los siguientes recuadros.

E. GRUSONII		
S. IZTACALA	S. ZIMAPÁN 1	S. ZIMAPÁN 2
36%	26%	20%
58%	28%	18%
52%	24%	22%
46%	22%	20%
48%	26%	18%

E. PLATYACANTHUS		
S. IZTACALA	S. ZIMAPÁN 1	S. ZIMAPÁN 2
32%	22%	26%
34%	20%	28%
38%	26%	24%
34%	18%	26%
30%	20%	20%

CORYPHANTHA ERECTA		
S. IZTACALA	S. ZIMAPÁN 1	S. ZIMAPÁN 2
18%	10%	8%
22%	6%	10%
20%	8%	6%
16%	8%	4%
18%	12%	4%

Las medidas tomadas en las presentes especies fueron realizadas en milímetros por un Vernier digital marca Truper.

NÚMERO DE ARÉOLAS		
	1ER SEM.	2DO. SEM.
E. GRUSONII	14.58	22.00
E. PLATYACANTHUS	9.00	15.00
CORYPHANTHA E.	9.78	18.30

ANÁLISIS DE VARIANZA (GROSOR)

FV	GL	SC	CM	F.E.	F.T.
ESPECIE	2	1.01252667	0.50626333	0.35287097	3.10930659
SUSTRATO	2	21.15438	10.57719	7.3724149	3.10930659
INTERACCIÓN	4	11.1467533	2.78668833	1.94235166	2.4844411
ERROR	81	116.21055	1.43469815		
TOTAL	89	149.52421			

ANÁLISIS DE VARIANZA (ALTURA)

FV	GL	SC	CM	F.E.	F.T.
ESPECIE	2	229.2853356	114.642668	11.319614	3.10930659
SUSTRATO	2	158.2087356	79.1043678	7.81061652	3.10930659
INTERACCIÓN	4	210.6224644	52.6556161	5.19911652	2.484441097
ERROR	81	820.35186	10.1278007		
TOTAL	89	1418.468396			

Resultado de los análisis de las propiedades físicas y químicas de los sustratos empleados en el presente trabajo.

Cuadro 4

ANÁLISIS	S. IZTACALA	S. ZIMAPÁN 1	S. ZIMAPÁN 2
	77.6	67.6	53.6
TEXTURA	10.4	18.4	26.4
	12	14	20
	MJAGÓN ARENOSO	MJAGÓN ARENOSO	MIGAJÓN ARCILLOSO
COLOR (SECO)	CAFÉ OBSCURO	AMARILLO	ROJO
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	1.15	1.31	1.33
	MEDIO	ALTO	ALTO
DENSIDAD REAL (g/cm ³)	2.20	2.84	2.87
	BAJO	ALTO	ALTO
PH	6.8	8.6	7.86
	LIGERAMENTE ACIDO	FUERTEMENTE ALCALINO	LIGERAMENTE ALCALINO
MATERIA ORGÁNICA	6.182080926	3.091040464	3.5895378
	RICO	MODERADAMENTE RICO	MODERADAMENTE RICO

Análisis realizados en la UBIPRO (LABORATORIO DE EDAFOLOGÍA DE LA FES IZTACALA) a cargo del M. en C. Francisco López.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Al evaluar la tasa de germinación de las especies en estudio se observó lo siguiente:

En el sustrato Iztacala se obtuvo el mayor índice de germinación en las tres especies presentes (*Echinocactus grusonii*, *Echinocactus platyacanthus* y *Coryphantha erecta*).

Posteriormente el sustrato Zimapán 1 y por último el sustrato Zimapán 2 (ver cuadro 1) con respecto al sustrato Iztacala la especie más favorecida fue *Echinocactus grusonii*, siguiéndole *Echinocactus platyacanthus* y por último *Coryphantha erecta* de la misma manera, en el sustrato Zimapán 1 la especie más favorecida fue *Echinocactus grusonii*, *Echinocactus platyacanthus* y *Coryphantha erecta*. Por último en el sustrato Zimapán 2 la especie más favorecida fue *Echinocactus platyacanthus*, luego *Echinocactus grusonii* y por último *Coryphantha erecta*. Esta última especie es la que tiene el menor índice de germinación en los tres sustratos, teniendo su mayor respuesta en el sustrato Iztacala, cabe mencionar que el sustrato Iztacala ha sido una pieza fundamental para la propagación de una gran cantidad de plantas de la familia de las cactáceas teniendo buenos resultados en el *Jardín Botánico de la FES IZTACALA* (ver gráficas 1,2,3).

Con respecto al análisis de los sustratos (ver cuadro 4), (la textura del suelo se refiere al tamaño de las partículas individuales. Existen suelos con varias texturas, desde las arcillas extremada y finamente divididas hasta la arena gruesa, junto con variadas cantidades de materia orgánica. Las partículas del suelo se clasifican de acuerdo a su tamaño en arena limo y arcilla.) estos suelos (mijagón-arenoso) suelos de textura gruesa que promueven un buen crecimiento vegetativo, presentan buena aireación, retienen una gran cantidad de agua y excelente drenaje son importantes para el crecimiento de plantas de raíz desnuda, y tienen buena capacidad de campo (S. Iztacala y S. Zimapán 1) y con respecto a los suelos arcillosos así como el sustrato Zimapán 2 son particularmente inestables y tienden a enfangarse, compactarse con lo cual pierden su estructura y se tornan una masa sólida.

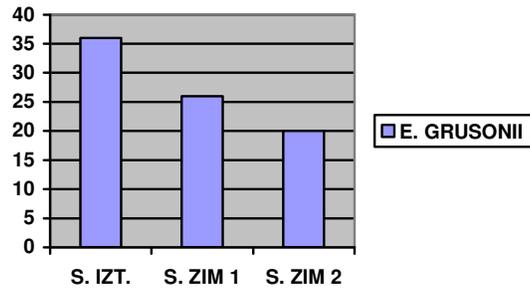
Tales suelos son de aireación y drenaje pobres generalmente no aptos para el crecimiento vegetativo, no tienen buena capacidad de campo(aún cuando pueden retener gran cantidad de agua) y cuando se secan se compactan estrangulando la raíz.

Otra característica de los sustratos es la materia orgánica ayuda a suministrar nutrientes para el metabolismo de las plantas como macronutrientes (calcio, magnesio, potasio, nitrógeno, fósforo, azufre y sodio) necesarios para el buen desarrollo de las plantas sin olvidar los micronutrientes como hierro, manganeso, boro, zinc, molibdeno, cloro, cobre (S. Iztacala rico y los otros dos sustratos Zimapán 1 y Zimapán 2 moderadamente ricos) y por último el ph que incrementa la capacidad de intercambio de cationes y aniones(la capacidad de intercambio catiónico es más importante que el intercambio aniónico. Los iones como el calcio, potasio, y el magnesio poseen energía de ligamento intermedias, en tanto el sodio y la mayoría de los aniones cloruros sulfatos las tienen débiles y consecuentemente tienden a abundar en la solución del suelo) en el sustrato

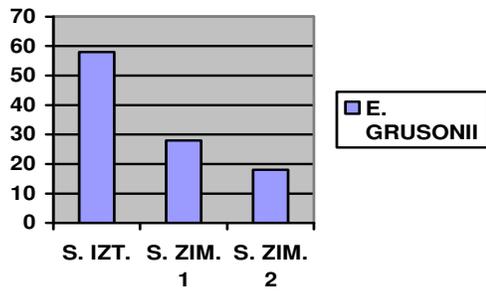
actúa como regulador de la salinidad y acidez (S. Iztacala ligeramente ácido, S. Zimapán 1 fuertemente alcalino y Zimapán 2 ligeramente alcalino).

PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

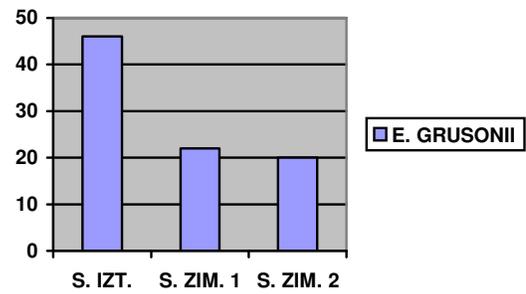
LOTE 1



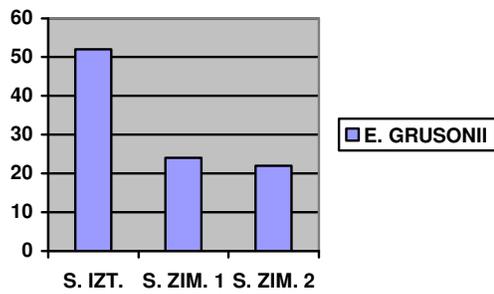
LOTE 2



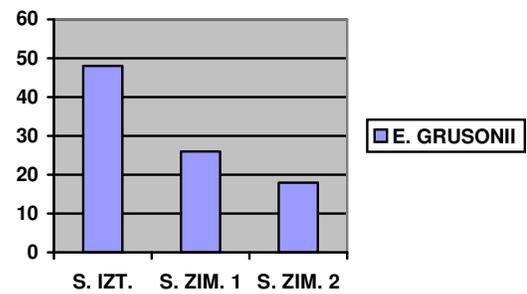
LOTE 4



LOTE 3



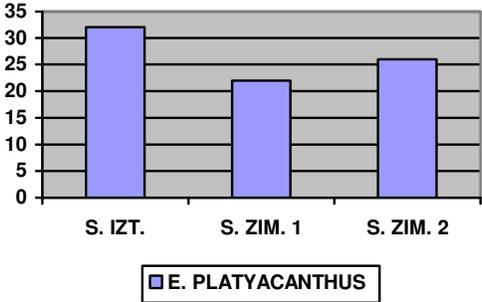
LOTE 5



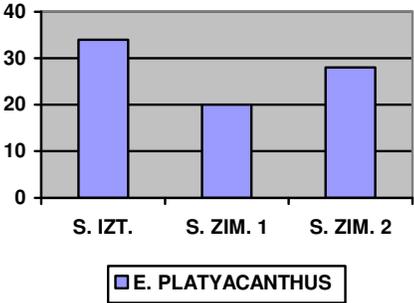
GRÁFICA 1.

PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

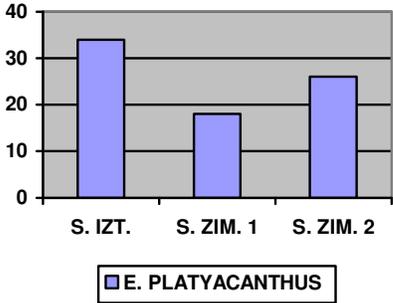
LOTE 1



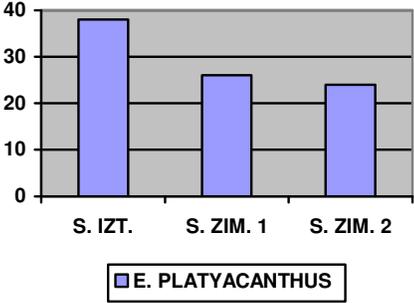
LOTE 2



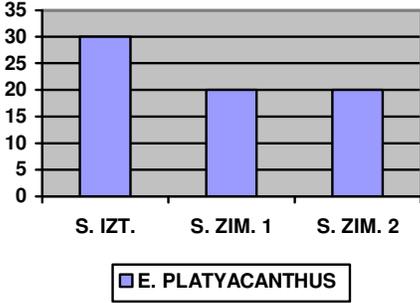
LOTE 4



LOTE 3

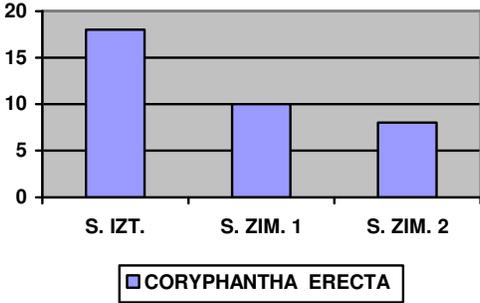


LOTE 5

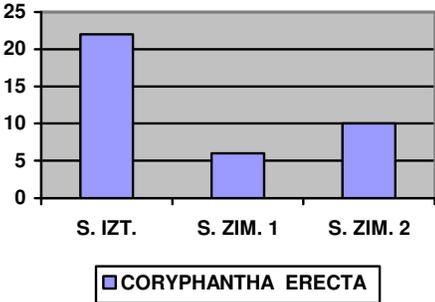


PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

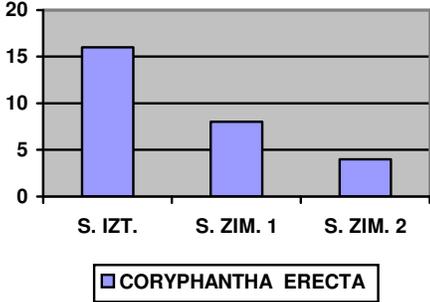
LOTE 1



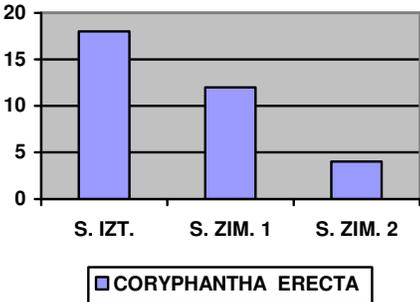
LOTE 2



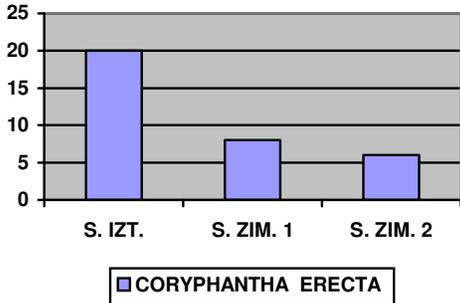
LOTE 4



LOTE 3



LOTE 5



GRÁFICA 3

De acuerdo a los resultados del desarrollo de las plántulas en altura y grosor se llevó a cabo el análisis de varianza (Anova) en el cual presentó una interacción sustrato especie en lo que concierne a la altura para conocer en cual de los tratamientos sucede la interacción se aplica la prueba de LSD (si la diferencia entre medias resulta mayor que la prueba de LSD entonces se concluye que la diferencia es estadísticamente significativa) la interacción sucede en el sustrato Zimapán 1 con la especie *Echinocactus grusonii* y es estadísticamente significativa recordemos que este sustrato Zimapán 1 presenta una textura gruesa, buena capacidad de campo buen drenaje ,materia orgánica es moderadamente rica y el ph alcalino .Sobre la disponibilidad de nutrimentos en forma iónica para ser asimilados por la planta , por ejemplo nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio, magnesio, estos tres últimos se presentan en concentraciones bajas en suelos alcalinos.(De C.J. Pratt: Plant Agricultura. W.H. Freeman and Company.San Francisco. 1970) (Bidwell 1979.). Es posible que estos requerimientos nutricionales para la especie *Echinocactus grusonii* sean óptimos para su mejor desarrollo vegetativo si observamos las graficas (4 y 5) nos damos cuenta que la especie más favorecida es *Echinocactus grusonii* sus plántulas mejor desarrolladas más grandes , vigorosas , la especie intermedia *Echinocactus platyacanthus* y por último *Coryphantha erecta* que es la más lenta crecimiento y requiere de muchos cuidados. En lo que concierne al grosor al menos un par tiene efecto diferente.

No olvidando una característica básica que debe determinarse en especies amenazadas o en peligro de extinción, es la capacidad de sus semillas lo que determina el potencial de propagación de la especie. También es importante precisar la latencia o tiempo de reposo que tiene la semilla sin perder su viabilidad.

Acerca de la latencia, se pueden tener semillas con amplios períodos de reposo, a las que se les llama semillas ortodoxas; con períodos muy cortos de reposo, a las que se les llama semillas recalcitrantes (Vázquez-Yanes 1987).

Para crear un banco de semillas otra característica importante se refiere al tamaño de la semilla. Existen diversos estudios donde se muestra que existe una relación entre el tamaño de la semilla y el fotoblastismo (con respecto al requerimiento de luz para germinar las semillas se han clasificado en fotoblásticas positivas, negativas e indiferentes, Come 1970.

Este proceso conocido se regula mediante un pigmento fotorreceptor llamado fotocromo que absorbe principalmente en la longitud de onda de 600-800 nm y detecta el balance rojo/rojo lejano de la radiación natural. Su principal acción es imponer la latencia en las semillas cuando las condiciones lumínicas son desfavorables para el establecimiento de la plantas) (Hammouda y Bakú, 1969; Millberg, 2000) y entre el tamaño de la semilla y la formación de un banco persistente (Thompson, 1993). Millberg y colaboradores (200) demuestran para sus 54 especies pertenecientes a diversas familias la respuesta de la luz decrece al incrementar la masa de la semilla. Thompson y colaboradores (1993) demuestran que la duración de las semillas en un banco depende de la masa de la semilla, esto es, a menor peso mayor persistencia en el suelo. Esto último puede explicarse si pensamos que las semillas más pequeñas pueden pasar desapercibidas más fácilmente a sus depredadores (roedores y aves) y con el tiempo pueden enterrarse en el suelo con mayor facilidad que las

semillas grandes. Sin embargo, las semillas relativamente pequeñas pueden tener la desventaja de ser fuertemente colectadas por diferentes especies de hormigas (Reichman 1984; Intuye 1991). Para cactáceas no existen estudios que relacionen el tamaño de la semilla con el potencial para formar un banco, pero muchas de ellas son muy pequeñas por ejemplo *Strombocactus disciformis*, *Ferocactus* y algunas especies del género *Mammillaria*, (Thompson 1993).

El período de postmaduración es otro requerimiento importante que se asocia en la formación y permanencia de un banco de semillas. En algunas semillas, el embrión no se encuentra totalmente desarrollado al momento de su dispersión, por lo que se necesita de un período de tiempo para complementar su maduración. Este período de postmaduración (afterripening) puede ser variable de especie a especie.

La mayoría de los estudios sobre longevidad se basan en experimentos realizados bajo condiciones controladas de laboratorio. Se ha reportado que varias semillas de arbustos de desierto pueden mantener su viabilidad por al menos 9 años, cuando son almacenados a baja humedad. Para las semillas de cactáceas, se ha encontrado que la pérdida de viabilidad bajo condiciones de laboratorio (longevidad potencial) puede ser variable entre las diferentes especies mientras que para algunas especies la viabilidad decrece considerablemente durante un año, otras pueden mantenerla por más de 5 años (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes 2000).

El estudio de longevidad ecológica es muy importante ya que un banco de semillas solo es funcional si las semillas que lo conforman mantiene su viabilidad (Baker, 1989).

Con respecto a esto, Bowers (2000) menciona que las semillas de *Ferocactus wislizeni* germinaron en un 87.5% después de estar enterradas por 17 meses, sugiriendo la existencia de un banco de semillas en el sitio de estudio.

Cabe recalcar que las cactáceas han sido objeto de una cantidad indeterminada de estudios, sin embargo hasta el momento la información para esta familia sobre bancos de semillas es casi nula. Estudios concernientes a la existencia y permanencia de estos bancos serán primordiales para comprender la dinámica de sus poblaciones y su estructura en comunidades desérticas. Por lo tanto no se pueden obtener conclusiones firmes que indiquen la persistencia a largo plazo de las semillas de cactáceas en el suelo aunque se han demostrado la existencia de semillas en bancos a corto plazo.

DESARROLLO DE PLÁNTULA

A partir de la segunda semana de emergidas las plántulas (*Echinocactus Grusonii*, *Echinocactus Platyacanthus* y *Coryphantha erecta*) presentan un tallo que va engrosándose paulatinamente en su parte central.

Estas son generalmente cilíndricas de unos 3mm de largo y 1.0mm de diámetro. Sin embargo aproximadamente a los 30 días de haber germinado y por efecto de las bajas intensidades luminosas, estas adquieren forma alargada (fenómeno llamado Etiolación) y el hipocótilo alcanza su tamaño máximo de 10 a 15mm. desde su base al ápice, así como las raíces de las plántulas más sanas presentan una longitud promedio de entre 0.5 a 10 mm

cabe destacar que unas plántulas se mostraron traslúcidas y carentes de clorofila (plántulas albinas que mueren en pocos días ,algo similar fue reportado por Del Castillo 1986 en *Ferocactus histrix*, deduciendo que éstas poseen embriones incapaces de sintetizar clorofila), además presentaron un estrechamiento en la base de sus raíces, lo que deriva en

mortalidad al cabo de unos días .Por otro lado, las plántulas (*Echinocactus platyacanthus*, *Echinocactus grusonii* y *Coryphantha erecta*) que sobrevivieron alrededor de los 30 días

mostraron una coloración verde oscuro, así como las primeras aréolas vegetativas, que se manifestaron por la aparición de las primeras espinas y de pubescencia blanquecina en el ápice del tallo .Como en el embrión el hipocótilo en la plántula es la estructura más desarrollada en tanto que los cotiledones están reducidos a pequeñas proyecciones de forma triangular en el ápice. Esta tendencia a reducir los cotiledones y almacenar las reservas nutritivas en el hipocótilo es señalada como una tendencia evolutiva en los géneros de la tribu *Echinocactinae* (Bravo,1978).

Un aspecto importante a considerar en las estrategias para la conservación de especies de cactáceas, es el lento crecimiento que presenta la mayoría de los individuos de esta familia botánica, lo que influye no solo en que algunas especies (*Echinocactus grusonii* aproximadamente 14años maduran)se alcance la madurez después de los 30 años (Leon de la Luz y Valiente Banuet, 1994) sin olvidar que una de las etapas del ciclo de vida más crítica para la sobrevivencia de estos individuos es la fase de plántula, el tamaño que alcancen en el primer semestre de vida es fundamental para su establecimiento dadas las condiciones particulares de temperatura y precipitación de los ambientes predominantes donde se encuentra esta familia vegetal.(en el caso de *Coryphantha erecta* su crecimiento es más lento y radica principalmente en el grosor cuando le aparecen las aréolas y se van llenando de espinas, se tornan cada vez más vigorosas por lo que hay menos transpiración y toleran más las puestas a la radiación solar aún así son las que tienen el menor crecimiento, en el caso de *Echinocactus platyacanthus* su respuesta al crecimiento fue intermedia y requieren de más cuidados porque son más frágiles y delgados, requieren de buena humedad hasta que engruesan, le van naciendo más aréolas y se estabiliza su crecimiento, su coloración cambia de verde oscuro a gris pardo).

De manera natural la protección que suministran a las plántulas por el dosel de otras especies “*planta nodriza*” es fundamental para su establecimiento, ya que les permite sobrevivir hasta que la plántula alcance el tamaño en el cual ya pueda controlar la pérdida de agua en la transpiración (Turner, 1966; Steenberg y Lowe, 1969; Franco y Nobel, 1989; Valiente y Banuet, 1991).Las plántulas jóvenes requieren de un cuidado muy intensivo por ejemplo el requerimiento de agua es mayor que cuando son adultas, deben de tener una humedad constante principalmente en los períodos calurosos y no deben regarse sobre el cuerpo de la planta para evitar que se formen manchas por la sal del agua, no debe exponerse una planta joven directamente al sol por períodos prolongados, pues puede producirle quemaduras e incluso la muerte, es recomendable el sol por las mañanas y luz brillante el resto del día son suficientes (una luz poco intensa detiene el crecimiento de la plántula); la temperatura por lo general no debe variar de entre 30 a 15 °C entre el día y la noche (temperatura de invernadero); el suelo que se utiliza de preferencia para las plántulas

debe de ser esterilizado antes de usarse y debe ser ligeramente ácido entre 7.0 y 6.8 con una buena capacidad de campo, rico en fósforo y potasio y con menor proporción de nitrógeno.

Sea observado lotes de plántulas cuando están aclimatadas presentan una coloración roja e indican que están listas para el transplante (ver Fig., 6-c). Otro dato importante el período de siembra debe realizarse por los meses de marzo y abril para tener buenos resultados y excelente crecimiento debido a la temperatura que se mantiene constante primavera verano.

Una vez más de las observaciones presentadas en las plántulas (*E. grusonii*, *E. platyacanthus*, y *Coryphantha erecta*).

En *Echinocactus grusonii* se observó que miembros de un mismo conjunto de semillas pertenecientes de una misma planta después de su germinación, presentan diversas variaciones morfológicas, así como variaciones en el crecimiento, tiempo de desarrollo, diferente número de areolas talla y grosor (ver figura 8).

Quizás la característica más sobresaliente de cualquier población natural sea la diversidad, y usando la terminología Genética se dice que las poblaciones naturales son polimorfos.

Este polimorfismo se basa en una extensa “*variabilidad genética*”. En general la variabilidad se evalúa de la siguiente manera, se analizan los alelos presentes para un gran número de loci en numerosos individuos de una población (*heterogozidad*).

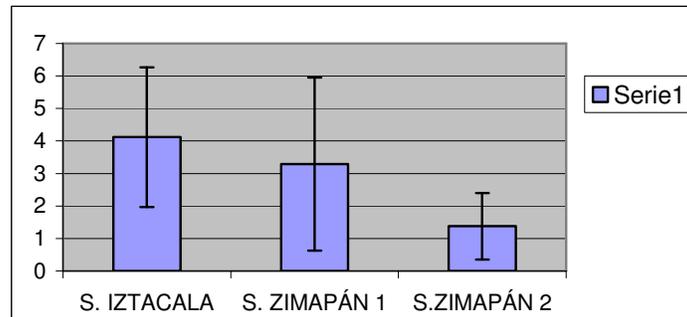
Está bien conocido que la familia de las cactáceas exhibe una gran diversidad de especies.

La riqueza de especie, la complejidad taxonómica, y la relativamente amplia distribución geográfica de la familia obedece en parte a varios eventos biológicos, tales como: Evolución Convergente, Hibridación Poliploidia, diferentes Síndromes de Polinización y aislamiento reproductivos como la Depresión Endogámica que se define como la pérdida del vigor en la descendencia resultado de la unión de individuos emparentados (Richards,1997). Este tipo de apareamiento tiene como resultado la pérdida del vigor y la expresión de alelos recesivos fenotípicamente deletéreos, entre otros como consecuencia, el alto grado de variabilidad morfológica en caracteres vegetativos en algunos casos esta relacionado con factores ambientales y puede ser una manifestación de factores genéticos.

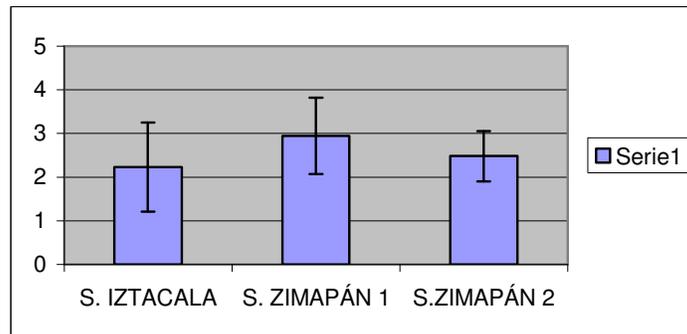
Por consiguiente refiriéndose a las poblaciones (*E.grusonii* *E,platyacanthus*, *Coryphantha erecta*) y en especial *E,grusonii* sería importante encaminar trabajos de investigación ,aplicando técnicas de Biología Molecular de identificación de polimorfismo del tipo *BNTR-S*, (*polimorfismo de repetidos de dinucleótidos de ADN*) *RFLP-S* (*polimorfismo en el tamaño de los fragmentos de restricción en ADN*) y *SNP*. (*polimorfismo de un solo nucleótido de ADN*) Para conocer más de cerca la *Variabilidad Genética* en cada una de estas especies y así poder crear un banco de semillas con características más rentables para el *Jardín Botánico de la FES IZTACALA*.

GRÁFICAS DE CRECIMIENTO DE LAS TRES ESPECIES ECHINOCACTUS GRUSONII, ECHINOCACTUS PLATYACANTHUS Y CORYPHANTHA ERECTA.

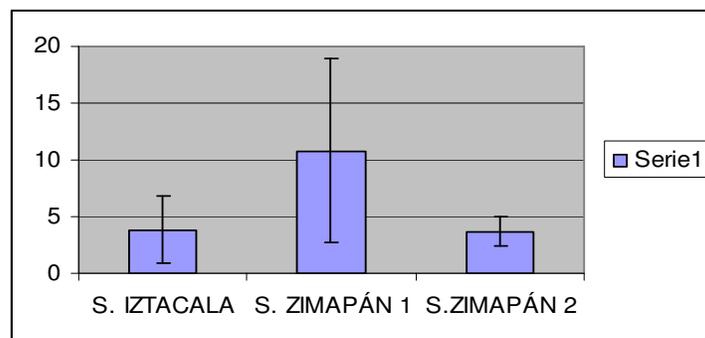
Coryphantha erecta.



Echinocactus platyacanthus



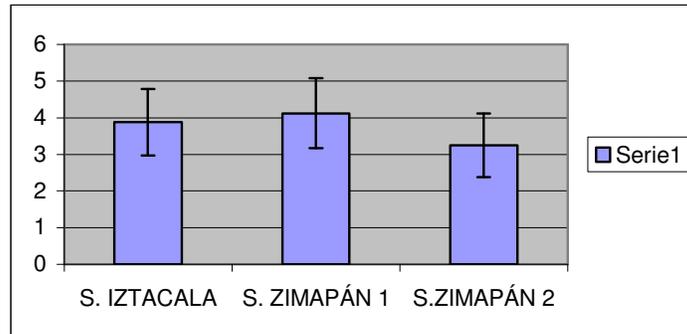
Echinocactus grusonii



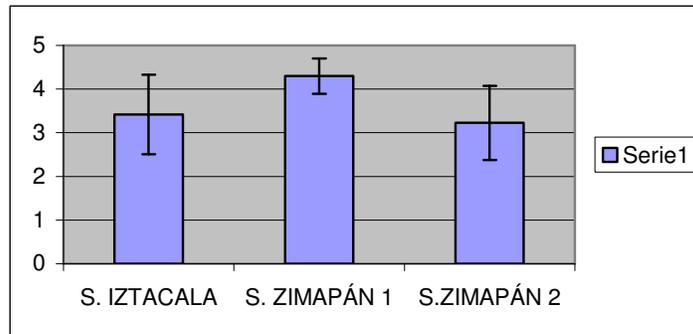
GRÁFICA 4

GRÁFICAS DE GROSOR DE LAS TRES ESPECIES ECHINOCACTUS GRUSONII, ECHINOCACTUS PLATYACANTHUS Y CORYPHANTHA ERECTA.

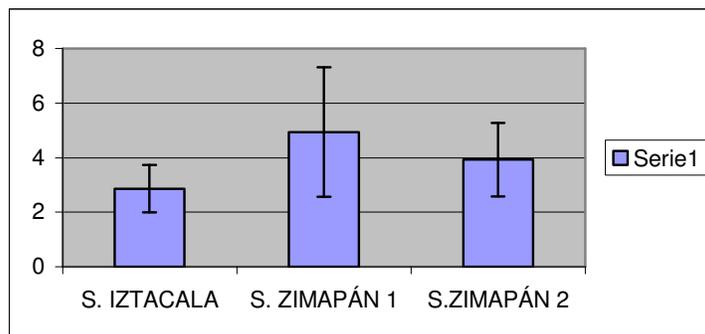
Coryphantha erecta.



Echinocactus platyacanthus



Echinocactus grusonii



VARIACIONES FENOTIPICAS EN PLANTULAS DE ECHINOCACTUS GRUSONII

A



B



C



FIG. 8



Echinocactus grusonii



Echinocactus platyacanthus

Coryphanta erecta
MORFOLÓGICAS



EL

radicular

especies

,S.ZIMAPAN 1

“DIFERENCIAS

**DE LAS TRES ESPECIES DE
PLANTULAS, TRATADAS EN
PRESENTE ESTUDIO.”**

*Se observa, le crecimiento
y vigor en cada una de las
desarrolladas en los tres tipos de
suelos, S.IZTACALA
S.ZIMAPAN 2.*



A) **PLANTULA SANA ROJA**



B) **PLÁNTULA CON ARAÑA**



DESARROLLO”

por

Dactylopius

“PLAGAS MÁS FRECUENTES QUE ATACAN A LAS PLÁNTULAS EN

B)Planta atacada por el ácaro Tetranychus sp mejor conocido

Araña roja.

C)Planta atacada por el

Mejor conocido por cochinilla

C) PLÁNTULA CON COCHINILLA



Se observa tres aspectos diferentes

*Crecimiento Echinocactus grusonii
21 meses, 12 meses, 4 meses.*

Respectivamente de igual manera

*Observa el cambio radicular,
Formación de aréolas y de*



Se muestra el desarrollo

De Echinocactus platyacanthus, en

Tres sustratos, de izquierda a

S, IZTACALA, S.ZIMAPAN 1 y

Último, S.ZIMAPAN 2.



A) *Coryphantha erecta*



B) *E.grusonii*

Aspectos de las plántulas en el SUSTRATO ZIMAPAN 1 presentando una coloración Rojiza que de acuerdo con Gibson 1990 se debe a la presencia de las betalainas, (son metabolitos secundarios).

RECOMENDACIONES

Un aspecto importante a considerar en las estrategias para la conservación de especies de cactáceas (amenazadas o nativas) es el lento crecimiento que presentan la mayoría de los individuos de esta familia botánica. Lo que incluye no solo en que algunas especies alcancen la madurez después de los 10 años y no olvidando que la etapa más crítica de su ciclo de vida es la sobrevivencia de la plántula. Por lo mismo cuando la reproducción es por semilla y de manera controlada (invernaderos, viveros) un aspecto fundamental a investigar es la búsqueda de mecanismos que incrementen la velocidad de crecimiento para que sea más rápida y eficiente su reintroducción al campo.

Otro objeto de estudio de suma importancia sobre esta familia es la de bancos de semillas que es casi nula, y los estudios concernientes a la existencia y permanencia de estos bancos serían primordiales para el entendimiento de la dinámica de poblaciones y de la estructura de las comunidades desérticas (es importante recordar que la endogamia se define como la pérdida de vigor en la descendencia resultado de la unión de individuos emparentados, la autocruza (Richard 1997) en este escenario el éxito en el establecimiento estará fuertemente determinado por crear un banco germoplasma de diferentes localidades poblacionales).

Desde hace tiempo se presenta un dilema ¿qué hay que tratar de conservar, especies o ecosistemas? Debido a la amplitud, y dicen algunos, a la futilidad de la tarea de la conservación de especies, muchos conservacionistas critican un enfoque que según ellos no es otra cosa que un método de gestión de la crisis. El punto de vista del ecosistema es decir el enfoque goza de mayor predicamento entre los científicos y los políticos se pone en práctica (la justificación) por medio de la protección de muchas áreas ya sean llamadas reservas de la biosfera, parques nacionales, santuarios, paisajes protegidos y las reservas locales para especies individuales. De hecho, la mayor parte de los países disponen hoy de un sistema oficial de zonas protegidas, si bien se estima que aproximadamente la mitad no existe más que en papel.

Tomemos también conciencia de la dinámica de los ecosistemas; ninguna comunidad de especies alcanza una situación estática o permanece en ella; la abundancia de las especies fluctúa constantemente extinciones locales y migraciones son el pan de cada día consiste precisamente en permitir que la evolución siga afectando las especies y las poblaciones una dinámica natural puede llevar modificaciones considerables de la composición y la estructura de un ecosistema esta dinámica puede provocar importantes movimientos de poblaciones dentro de las especies, a veces incluso pérdidas locales especialmente en especies cuya presencia había motivado tal vez la estrategia de protección. La ética del que había dominado la filosofía de la conservación en los decenios anteriores, va dando paso a un enfoque mucho más intervencionista y a la gama más amplia de opciones y técnicas de conservación. Por último una acción necesaria para alcanzar los objetivos, promover y fomentar la comprensión sobre la importancia de la conservación de la diversidad biológica es a través de programas de educación y conciencia pública.

La protección de la naturaleza deja de ser competencia exclusiva de los científicos y se convierte en un problema social. Por lo consiguiente cada grupo social debe considerar que alguna parte de su entorno, e incluso alguna particularidad de su modo de vida, son suficientemente importantes para merecer ser conservadas y transmitidas a otras generaciones futuras y la presión demográfica creciente y los procesos terminológicos se presentan como las principales amenazas y pasan sobre la biodiversidad.

REFERENCIAS

- Barton, L. V. 1936. Germination of some desert seeds. *Contrib. Boyce Thompson Inst.* 8(1): 7-11.
- Baskin, C. C. y J. m. Baskin. 1998. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy.* Academic Press. San Diego. 666pp.
- Bewley, J.D. y M.Black. 1978. *Physiology and Biochemistry of Seeds. Vol. I. Development germination and growth.* Springer-Verlag. Berlin. 365pp.
- Bewley, J.D. y M. Black. 1985. *Seeds Physiology of Development and Germination.* Plenum Press. U.S.A 367 pp.
- Bowers, J. 2000. Does *Ferocactus wislizeni* (Cactaceae) have a betweenyear seed bank? *Journal of Arid Environments.* 45:197-205.
- Boyle, T. 2001. Physiology and genetics of self-incompatibility in *Echinopsis chamaecereus* (Cactaceae). *Sex. Plant. Reprod.* 13:323-327.
- Braadber, J.W. 1966. *Seed Dormancy and Germination.* Chapman & Hall. New York. 146 pp.
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las Cactáceas de México. Vol. I* UNAM. México. 743 pp.
- Bravo-Hollis H. y Sánchez-Mejorada. H. 1991a. *Las Cactáceas de México. Vol. II* UNAM. México. 404 pp.
- Bravo-Hollis H. y Sánchez-Mejorada, H. 1991b. *Las Cactáceas de México. III* UNAM. México. 643 pp.
- Brown, J. H. Reichman, O. J. y Davidson, D.W. 1979. Granivory in desert ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 10:210-227.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y Conservación de los ecosistemas terrestres de México.* CONABIO. México, D.F.
- Clarence R. Q. 1962. *Semillas.* Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América. CECSA. Alfred Stefferwa (Editor). Anuario de Agricultura. 1962.

-
- Dell' Aquilla, A. 1987. Mean germination time as monitor of the seed ageing. *Plant Physiology and Biochemistry*. 25: 761-768.
 - Fenner, M. 1985. *Seed Ecology*. Chapman and Hall. United Kingdom. 151 pp.
 - Gibson A. C. y P. S. Nobel. 1986. *The Cactus Primer*. Harvard University Press. Cambridge, U.S.A. 286 pp.
 - Gutterman, Y. 1993. *Sedd Germination in Desert Plants (Adaptations of Desert Organisms)*. Springer-Verlag. Berlin. 235 pp.
 - Harper J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press. London. 892 pp.
 - Hernández, H. M. y H. Godinez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana*. 26:33-52.
 - Hunt, D. 1992. *CITES Cactaceae checklist*. Royal Botanical Gardens. Kew, Surrey. 190 pp.
 - Mayer A.M. y A. Poljakoff-Mayber. 1975. *The Germination of Seeds*. Pergamon Press. 2nd. Ed. Great Britain. 192 pp.
 - Murdoch A. J. y R. H. Ellis. 1992. Longevity, viability and dormancy. In Fenner, M. (Ed). *Seed: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. Pp 193-229. Wallingford, U. K. Commonwealth Agricultural Bureau.
 - Pons, T. L. 1991. Dormancy, Germination and Mortality of seeds in a Chalk-Grassland flora. *Journal of Ecology*. 79:765-780.
 - Richards A. J. 1997. *Plant Breeding Systems*. Second Edition. Chapman & Hall. U. K. 529 pp.
 - Rojas-Arechiga M. 1995. Estudio sobre la germinación de cactáceas del valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología) UNAM. México.
 - Rivas, M. 1986. Observaciones sobre el cultivo de cactus. *Cact. Suc. Mex.* XXXI: 103.

-
- Rojas-Arechiga, M.; A. Orozco-Segovia y C. Vázquez-Yáñez. 1997. Effect of light on germination of seven species of cactus from the Zapotitlan Valley in Puebla, México. *Journal of Arid Environments*. 36:571-578.
 - Rojas-Arechiga, M. y C. Vázquez-Yáñez. 2000. Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments*. 44(1):85-104.
 - Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. México: D.F. Limusa. 432 pp.
 - Rzedowski, J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana*. 15:47-64.
 - Sánchez-Mejorada H. 1982. Mexico's problems and programs monitoring trade in common and endangered cactus. *Cact. Succ. J. Gr. Brit.* 44:36-38.
 - Simpson R. L.; M.A. Leck y V. T. Parker. 1989. Seed Banks, general concepts and methodological issues pp 3-8. En: Leck, M. A.; V. T. Parker, y R. L. Simpson. (Ed). *Ecology of Soil Seed Banks*. Academia Press, Inc. San Diego, Cal.
 - Steenberg W. F. y C. H. Lowe. 1969. Critical factors during the first years of life of the saguaro (*Cereus giganteus*) at Saguaro National Monument, Arizona. *Ecology*. 50:825-834.
 - Steenberg W. F. y C. H. Lowe. 1977. *Ecology of the saguaro II. Reproduction, germination, establishment, growth and survival of the young plant*. National Park Services Scientific Monograph Series No. 8. Washington, D. C. Government Printing Office. 242 pp.
 - Thompson, P. A. 1973. Geographical adaptation of seeds. En: Heydecker, W. (ed). *Seed Ecology*. The Butterworth Group. London. 578 pp.
 - Thompson, K. y J. P. Grime, 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*, 67: 893-921.
 - Turner, R.; S. Alcorn; G. Olin y J.A. Booth. 1966. The influence of shade soil and water on saguaro seedling establishment. *Botanical Gazette*. 127: 95-102.

-
- Valiente-Banuet, A. y E. Ezcurra. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley, México. *Journal of Ecology*. 79: 961-971.
 - Van Rheede van Oudtshoorn K. y M. Van Rooyen. 1999. *Dispersal Biology of Desert Plants*. Springer. Germany. 242 pp.
 - Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia. 1982. Seed germination of a tropical rain forest pioneer tree (*Heliocarpus donnell-smithii*) in response to diurnal fluctuations of temperature. *Physiol. Plantarum*. 56: 295-298.
 - Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia. 1986. Dispersal of seeds by animals: Effect on light controlled dormancy in *Cecropia obtusifolia*. En: Lieth, H. y Mooney, H. D. (eds.). *Tasks for Vegetation Science* 15: 71-77. Dr. W. Junk Publishers.
 - Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia, A. 1990. Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. (*Ecologia* 83: 171-175).
 - Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia, 1994. Signals for seeds to sense and respond to gaps. En: Caldwell, M. M. y Percy, R. W. (eds). *Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plants Ecophysiological Processes Above and Belowground*. Academic Press, Inc. San Diego, Cal. Pp. 209-236.
 - Zar, J. H. 1984. *Biostatistical analysis*. 2nd. Ed. Prentice Hall. N. J. 718 PP.
 - Zavala-Hurtado, J. A. 1982. Estudios ecológicos en el valle semiárido de Zapotitlán, Puebla. I. Clasificación numérica de la vegetación basada en atributos binarios de presencia o ausencia de especies. *Biótica* 7(1). 99-120.