

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



**ASOCIACIONES NODRIZA-PROTEGIDA Y GERMINACIÓN DE
CACTÁCEAS EN DURANGO Y TAMAULIPAS**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

GI SELA MURO PÉREZ

LINARES, NUEVO LEÓN

JUNIO, 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Subdirección de Posgrado



**ASOCIACIONES NODRIZA-PROTEGIDA Y GERMINACIÓN DE
CACTÁCEAS EN DURANGO Y TAMAULIPAS**

TESIS

Que para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

GI SELA MURO PÉREZ

LINARES, NUEVO LEÓN

JUNIO, 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Subdirección de Posgrado



ASOCIACIONES NODRIZA-PROTEGIDA Y GERMINACIÓN DE CACTÁCEAS EN DURANGO Y TAMAULIPAS

TESIS

Que para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

GISELA MURO PÉREZ

Dr. Enrique Jurado Ybarra
DIRECTOR

Dra. Marisela Pando Moreno
ASESOR

Dr. Humberto González Rodríguez
ASESOR

Dr. Eduardo Estrada Castellón
ASESOR

Dr. Joel D. Flores Rivas
DIRECTOR EXTERNO

LINARES, NUEVO LEÓN

JUNIO, 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Subdirección de Posgrado



ASOCIACIONES NODRIZA-PROTEGIDA Y GERMINACIÓN DE CACTÁCEAS EN DURANGO Y TAMAULIPAS

TESIS

Que para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

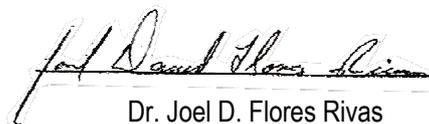
PRESENTA:

GISELA MURO PÉREZ



Dr. Enrique Jurado Ybarra

DIRECTOR



Dr. Joel D. Flores Rivas

DIRECTOR EXTERNO

LINARES, NUEVO LEÓN

JUNIO, 2011

AGRADECIMIENTOS.

Un especial agradecimiento al Dr. Enrique Jurado por ser el Director principal de esta investigación, aparte de un gran maestro y un apreciable amigo.

Al Dr. Joel Flores por ser el Director Externo y una gran persona y excelente amigo.

Al Dr. Eduardo Estrada, Dra. Marisela Pando y al Dr. Humberto González por ser parte del comité de Tesis, por sus valiosos comentarios, revisiones y aportaciones en los seminarios de investigación y en el trabajo de Tesis.

Al Dr. Oscar Aguirre Calderón por el apoyo brindado para la realización de estancias de investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para la realización de este estudio.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL, por la formación profesional brindada para los estudios de posgrado, por el excelente grupo de docentes e investigadores y al grupo de trabajadores que la conforman.

A Jaime Sánchez por sus valiosas aportaciones y ser un gran compañero de vida.

A mi familia por la ayuda brindada en campo; y a todas aquellas personas que contribuyeron de alguna u otra forma en la realización de este estudio.

CONTENIDO

	PÁGINA
CONTENIDO	i
Contenido de tablas.....	iii
Contenido de figuras.....	iv
Contenido de fotografías.....	v
RESUMEN GENERAL	1
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	3
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	8
1.3 HIPÓTESIS GENERAL.....	9
CAPÍTULO II	
2. POSITIVE EFFECTS OF NATIVE SHRUBS ON THREE SPECIALLY PROTECTED CACTI SPECIES IN DURANGO, MÉXICO	10
2.1 ABSTRACT.....	10
2.2 INTRODUCTION.....	11
2.3 METHODS.....	12
2.4 RESULTS AND DISCUSION.....	13
CAPÍTULO III	
3. EFFECT OF SOIL CHARACTERISTICS AND SEED BURIAL ON THE GERMINATION OF THREE SPECIALLY PROTECTED CACTI SPECIES	18
3.1 RESUMEN.....	18
3.2 ABSTRACT.....	19
3.3 INTRODUCTION.....	19
3.4 METHODS.....	21
3.5 RESULTS.....	22
3.6 DISCUSION.....	25
CAPÍTULO IV	
4. NEW LOCALITY AND PROTÉGÉ SPECIES OF <i>PENIOCEREUS GREGGII</i> VAR. <i>GREGGII</i> (CACTACEAE) ITS ECOLOGICAL INTEREST IN THE STATE OF DURANGO, MEXICO	26
4.1 ABSTRACT.....	26
4.2 RESUMEN.....	26
4.3 THE GENUS <i>PENIOCEREUS</i>	26

4.4 <i>PENIOCEREUS GREGGII</i> VAR. <i>GREGGII</i>	27
CAPÍTULO V	
5. CINCO ESPECIES DE CACTÁCEAS QUE REQUIEREN DE UNA PLANTA NODRIZA PARA SU DESARROLLO	30
5.1 INTRODUCCIÓN.....	30
5.2 MATERIALES Y METODOS.....	31
5.2.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	31
5.2.2 FISIOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA.....	31
5.2.3 CLIMA.....	32
5.2.4 PRINCIPALES ECOSISTEMAS.....	32
5.2.5 ESPECIES VEGETALES.....	32
5.2.6 SUELOS.....	32
5.2.7 PARCELAS.....	32
5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
5.4 CONCLUSIONES.....	39
CAPÍTULO VI	
6. EFECTO DE LA DENSIDAD DE SEMILLAS EN LA GERMINACIÓN DE TRES ESPECIES DEL GÉNERO <i>ASTROPHYTUM</i> (LEMAIRE).....	40
6.1 RESUMEN.....	40
6.2 INTRODUCCIÓN.....	41
6.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
6.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
6.5 CONCLUSIONES.....	47
7. DISCUSIÓN GENERAL.....	48
8. CONCLUSIONES GENERAL.....	54
9. LITERATURA CITADA.....	55

CONTENIDO DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
1	Soil characteristics from under mesquite trees and in open areas. Results show the mean \pm sd of 3 replicates. Different upper case letters represent differences between means ($\alpha=0.05$).....	15, 23

CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
Fig. 1	Number of individuals of <i>Coryphanta durangensis</i> found under probable nurse plants.....	16
Fig. 2	Number of individuals <i>Echinocereus longisetus</i> found under probable nurse plants.....	16
Fig. 3	Number of individuals <i>Peniocereus greggii</i> found under probable nurse plants.....	17
Fig. 1	Germination of <i>C. durangensis</i>	24
Fig. 3	Germination of <i>P. greggii</i>	24
Fig. 1	New locality of <i>P. greggii</i> var. <i>greggii</i> at Cañon de Fernandez in Lerdo, Durango Mexico (black star).....	29
Fig. 1	Mapa de localización del Tamaulipas, México.....	31
Fig. 2	Número de individuos de <i>Echinocactus texensis</i> bajo las especies que habitan el área.....	35
Fig. 3	Número de individuos de <i>Astrophytum asterias</i> bajo las especies que habitan el área.....	36
Fig. 4	Número de individuos de <i>Esclerocactus scheeri</i> bajo las especies que habitan el área.....	37
Fig. 5	Número de individuos de <i>Ariocarpus retusus</i> bajo las especies que habitan el área.....	38
Fig. 6	Número de individuos de <i>Mamillaria heyderi</i> bajo las especies que habitan el área.....	39
Fig. 1	El inciso a) Muestra el diagrama de las semillas agrupadas y b) Semillas no agrupadas.....	44
Fig. 2	Porcentaje de germinación de semillas agrupadas y no agrupadas.....	47

CONTENIDO DE FOTOGRAFÍAS

FOTO		PÁGINA
Foto 1	Vista panorámica del Cañón de Fernández, Dgo, México.....	5
Foto 2	Ejemplares de <i>Peniocereus greggii</i> creciendo bajo la copa de <i>Prosopis laevigata</i>	50
Foto 3	Germinación de semillas de <i>Coryphanta durangensis</i>	52

RESUMEN GENERAL

Las cactáceas presentan asociaciones bióticas con otras plantas que se conocen como nodriza-protégida durante las distintas etapas de su desarrollo. Las especies nodriza modifican el medio físico proporcionando menores temperaturas, mayor concentración de materia orgánica e infiltración de humedad (Cazares, 1993). Se evaluó la asociación de *Coryphantha durangensis*, *Echinocereus longisetus* y *Peniocereus greggii* con plantas nodrizas, que habitan en Durango, se determinó si crecen debajo de algún arbusto o árbol (considerado nodriza) o en espacio abierto (espacio desprovisto de vegetación). La temperatura del suelo debajo de plantas nodrizas fue inferior que la de espacio abierto. Se registró mayor concentración de nitrógeno y materia orgánica en el suelo obtenido debajo de las nodrizas que en el suelo de espacios abiertos. Se encontraron 68 plantas de *C. durangensis*, 59 de *E. longisetus* y 157 de *P. greggii*. Solo un individuo de *C. durangensis* y de *E. longisetus* se encontraron en espacio abierto, y el resto debajo de plantas nodriza. Para *E. longisetus* no se encontró asociación con alguna de las especies nodrizas, pero se encontró con mayor frecuencia del lado Este de las plantas. *C. durangensis* y *P. greggii* se encontraron con mayor frecuencia bajo la copa de *Prosopis laevigata*. Se evaluó el porcentaje de germinación de *C. durangensis*, *E. longisetus* y *P. greggii*, en dos sustratos, uno obtenido debajo de nodrizas y otro de espacios abiertos, con 4 tratamientos: 1) semillas en suelo obtenido de espacio abierto, 2) semillas en suelo bajo nodriza, 3) semillas enterradas en suelo de espacio abierto y 4) semillas enterradas en suelo bajo nodriza. Con el régimen de semillas enterradas se simuló las condiciones que ocurren *in situ*, cuando las semillas son depositadas en el suelo y por acciones de la hojarasca y materia orgánica existente en el área, éstas quedan enterradas en ausencia de luz. Con estos tratamientos se pretende explicar el efecto que tiene la oscuridad sobre la germinación. *C. durangensis* obtuvo una germinación de 96% para el suelo bajo de nodriza, 56% en suelo de espacio abierto y 2% en el tratamiento de semillas enterradas en suelo obtenido bajo nodriza y nula germinación para el tratamiento de suelo de espacio abierto. *P. greggii* presentó 85% de germinación en suelo bajo nodriza, 69% en suelo de espacio abierto y un muy bajo porcentaje en los tratamientos de semillas enterradas tanto en suelo de espacio abierto y bajo nodriza. Se obtuvo el registro de una nueva localidad

para Durango de *P. greggii* var. *greggii*, la cual es una planta de tallo erecto con ramas elongadas, el tamaño no rebasa los 60 cm. de longitud, de color verde-grisáceo, que crece asociada a “Islas de fertilidad” formado por *Prosopis laevigata* y *P. glandulosa*. Anteriormente se tenía el registro de 425 individuos en tres ha. Con el registro actual se verificó el total de la población de 215 individuos en tres ha., lo que equivale a 62 individuos/ha. Esto indicó una disminución de *P. greggii*; se plantea el riesgo de la población por un plan de manejo inadecuado. En Tamaulipas, se evaluó la asociación nodriza-protégida de *Ariocarpus retusus*, *Astrophytum asterias*, *Echinocactus texensis*, *Esclerocactus scheeri* y *Mamillaria heyderi* que habitan en el matorral espinoso tamaulipeco con plantas nodrizas, si crecen debajo de alguna planta o en espacio abierto. Se registraron 52 plantas de *A. retusus*, 56 de *A. asterias*, 50 de *E. texensis*, 37 de *E. scheeri* y 70 de *M. heyderii*, todas creciendo bajo algún arbusto del matorral espinoso tamaulipeco tales como: *Prosopis laevigata*, *Cordia boissieri*, *Acacia farnesiana*, entre otras. *E. texensis* no presentó asociación con ninguna especie. *Prosopis laevigata*, *Forestiera angustifolia*, *Opuntia leptocaulis* y *Acacia farnesiana*, favorecen condiciones ambientales menos extremas bajo sus copas que en los espacios abiertos lo cual contribuye al establecimiento exitoso de *A. retusus*, *A. asterias*, *E. scheeri*, y *M. heyderi*. Existen estudios con semillas de los frutos maduros del género *Astrophytum*, los cuales tienen la particularidad de caer por las costillas y depositarse en la base de la planta en una densidad no mayor de diez, mientras que otras quedan adheridas al fruto en el ápice de la planta y son dispersadas por otros medios. Se obtuvieron frutos de *Astrophytum capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum* de Coahuila e Hidalgo, con el fin de evaluar el efecto de la densidad de semillas en la germinación, comparando tratamientos de densidad de 10 semillas agrupadas y una semilla solitaria. Las tres especies mostraron mayor germinación en semillas agrupadas, sin embargo la velocidad de germinación fue más rápida en semillas individuales. Estos resultados concuerdan con el fenómeno de “*sibling rivalry*” que consiste en que la competencia entre semillas hermanas que puede inhibir la germinación a altas densidades con el fin de disminuir la competencia entre plántulas.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las regiones áridas constituyen uno de los ecosistemas más extensos del mundo, basándose en el clima, ocupa un 36% de superficie terrestre mundial y un 37% en base a la vegetación natural (Shantz 1956). En este bioma el principal factor limitante es el agua, debido a la baja precipitación pluvial o a extensos períodos de sequía. Las cactáceas, son una familia común en este tipo de biomas que presenta claras adaptaciones a la aridez. En las zonas áridas de México existen 669 especies en 63 géneros de los cuales, 25 géneros, 518 especies y 206 subespecies son endémicas (Guzmán et al. 2003). Las zonas áridas se caracterizan por presentar altos niveles de radiación solar, escasez de agua y alto consumo de semillas por parte de los depredadores. Esto trae como consecuencia que en las plantas de ecosistemas desérticos se presenten altos índices de mortalidad en las etapas tempranas de su desarrollo (Mandujano et al. 1996).

El Desierto Chihuahuense (parte de los estados de Coahuila, Nuevo León y Durango) está considerado como uno de los centros de mayor importancia en cuanto a riqueza, distribución y agrupación de cactáceas. Presenta altos niveles de endemismos a nivel genérico (73%) y específico (78%). Muchas de estas especies se encuentran en alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana-059-ECOL-2011. *Coryphantha durangensis* (Range) Britton & Rose, *Echinocereus longisetus* (Engelm.) Lem. y *Peniocereus greggii* (Engelm.) Britton & Rose, se encuentran catalogadas en Protección Especial, y las poblaciones son comunes en Durango (Guzmán et al. 2003). Debido a su distribución relativamente amplia en áreas como el “Cañón de Fernández, Dgo” y a la baja densidad poblacional, estas son de gran interés para estudios de manejo de recursos naturales (Foto 1).



Foto 1. Vista panorámica del Cañón de Fernández, Dgo, México.

Las cactáceas presentan asociaciones bióticas con otras plantas que se conocen como nodriza-protégida durante las distintas etapas de su desarrollo. Las especies nodriza modifican el medio físico proporcionando un filtro solar, menores temperaturas, mayor concentración de materia orgánica y mayor infiltración de humedad (Cazares, 1993). Las asociaciones nodriza-protégida permiten a las especies protegidas crecer en ambientes que de otra forma no serían favorables para su establecimiento. (Turner et al. 1996; Valiente et al. 1991; Valiente y Ezcurra, 1991; Nobel, 1998; De Viana et al. 2000).

Las interacciones de las especies protegidas con sus especies nodriza deben ser consideradas en algún plan de manejo de las mismas, pues la mayoría de las veces crean condiciones necesarias para el establecimiento de otras especies (McAuliffe, 1984). Sin las especies nodriza, las especies protegidas pueden no resistir las inclemencias ambientales a través del tiempo. Se sabe que los tallos de las especies nodrizas son fuente alimenticia y proveen de agua a pequeños mamíferos (*Dipodomys sp*) que en ocasiones llegan a consumirlas de manera excesiva dejando indefensas a las especies protegidas en las fases de plántulas (Nobel, 1998; Gibson and Rundel, 2001; Márquez et al. 2003). El sobrepastoreo por ganado y la sobreexplotación o uso irracional o aprovechamiento de los recursos no maderables como *Agave lecheguilla* para la

obtención de fibras, *Euphorbia antisiphilitica* para la extracción de cerote y *Lippia sp* para condimento alimenticio, disminuyen las poblaciones de *Astrophytum myriostigma* en Durango (Muro, et al. 2009).

Las asociaciones de especies vegetales “nurse-protégé” han sido detectadas para muchas especies de cactáceas (Golubov et al 2000, Larrea et al 2005). Sin embargo existe poca evidencia sobre las causas de estas asociaciones. Flores y Jurado (2003) plantean que la selección de nodricismo puede deberse a una o varias de las siguientes causas: 1) Mayor depósitos de semillas, bajo la copa de los arbustos, 2) Sitios de mayor humedad, 3) Sitios seguros contra herbívoros, 4) Sitios con alto disponibilidad de nutrientes y 5) Soporte físico.

Las semillas de *C. durangensis*, *E. longisetus* y *P. greggii*; se colectaron en El Parque Estatal Cañón de Fernández, (ubicado en Durango, México) en el cual existen comunidades de *Larrea tridentata*, *P. laevigata*, *Opuntia sp.* (Rzedowski, 1978) que pueden fungir como plantas nodriza (Cazares, 1993; Turner et al. 1996; Valiente et al. 1991; Valiente y Ezcurra, 1991; Nobel, 1998; De Viana et al. 2000). Mediante el análisis de suelo bajo plantas nodriza y en espacios abiertos se contribuyó a determinar si la calidad de sustrato difiere y se encuentra un sitio más rico en nutrientes bajo las plantas nodriza.

La dispersión de las semillas tiene influencia en la germinación. Por ejemplo, para las especies de dispersión agregada, existe al menos potencialmente competencia entre plántulas, ya que al germinar las primeras puede inhibir la germinación en comparación de las semillas que se dispersan a menores densidades (Cheplick, 1992; 1993; Grundy et al. 2003; Dyer, 2004).

La reproducción *ex situ* de plantas es una alternativa para reducir la extracción ilegal de cactáceas y reintroducir individuos en las poblaciones que se están disminuyendo (Rojas-Aréchiga and Vázquez-Yanes 2000, Flores et al. 2005, 2006). Existen diversos estudios sobre la germinación del género *Astrophytum* (De La Rosa y García, 1994; Arredondo y Camacho, 1995; Rioja y Romero, 2002; Sánchez et al. 2006), sin embargo, no existen

sobre el efecto que tiene la densidad de semillas para la germinación del género *Astrophytum*.

Para Durango, no se tenía el registro de *Peniocereus greggii* var. *greggii*. Con el estudio de asociación-nodrizas, fue posible el registro de la localidad, en donde la especie crece asociada a comunidades vegetales formadas por *Prosopis glandulosa* y *Prosopis laevigata*. Se encontraron 215 individuos en tres hectáreas, lo que corresponde aproximadamente a 62 individuos por hectárea.

En Tamaulipas, existe una comunidad vegetal denominada “matorral espinoso tamaulipeco” la cual se distribuye en la región noreste de México (Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas en México y parte de Texas en Estados Unidos), con una extensión superficial de 125,000 a 200,000 km² (González, 1972, Diamond et al. 1987, Jurado y Reid et al. 1990). Está dominada por especies arbustivas (Reid et al. 1989; McMurtry et al. 1996; Northup et al. 1996), y se encuentra en una zona de importancia biogeográfica por sus altos niveles de endemismos (Escalante et al. 1993, Arriaga et al. 2000). En esta tesis se evaluó el efecto de plantas nodrizas en la distribución de *Ariocarpus retusus*, *Astrophytum asterias*, *Echinocactus texensis*, *Esclerocactus scheeri* y *Mamillaria heyderi*, que habitan en el matorral espinoso tamaulipeco bajo arbustos, árboles y nopales.

Esta tesis está integrada por ocho capítulos; este capítulo (capítulo 1) es una introducción general. Los capítulos 2 al 6 constituyen manuscritos que han sido publicados, o sometidos para su eventual publicación en diversas revistas según se indica en cada uno de ellos. Por lo anterior tienen un formato propio que incluye una introducción y una discusión específica. Sin embargo, para conveniencia del lector, la literatura citada se presenta en un solo documento al final de la tesis. El capítulo 2 se realizó en el área natural protegida Cañón de Fernández, Durango, México, el cual se titula: "*Positive effects of native shrubs on three specially protected cacti species in Durango, México*"; el capítulo 3, se realizó en el laboratorio de Ecología del IPICYT en la Ciudad de San Luis Potosí, y tiene como título: "*Effect of soil characteristics and seed burial on the germination of three specially protected cacti species*". El capítulo 4 es complemento del capítulo 2, ya que no se tenía el registro de la localidad de *Peniocereus greggii* para Durango, por esta razón se incluyó dicha localidad, titulándose: "*New locality and protégé species of Peniocereus greggii var. greggii (cactaceae) and its ecological interest in the state of Durango, México*". El capítulo 5 fue realizado en Tamaulipas y se titula: "*Cinco especies de cactáceas que requieren de una planta nodriza para su desarrollo*". El capítulo 6 fue realizado en el laboratorio de Ecología del IPICYT en la Ciudad de San Luis Potosí, y se titula: "*Efecto de la densidad de semillas en la germinación de tres especies del género Astrophytum (Lemaire)*". El capítulo 7 es una discusión general y el 8 las conclusiones generales.

1.2 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto nodriza de *Coryphantha durangensis*, *Echinocereus longisetus* y *Peniocereus greggii* y explorar su relación con variables físicas, así como las nodrizas más utilizadas.
- Comparar el porcentaje y velocidad de germinación de *C. durangensis*, *E. longisetus* y *P. greggii* de acuerdo al tipo de sustrato donde se distribuyen.
- Determinar si el sustrato bajo nodrizas difiere del sustrato de espacios abiertos.
- Obtener el registro de una nueva localidad de *Peniocereus greggii* para Durango.
- Evaluar la asociación nodriza-protegida de *Ariocarpus retusus*, *Astrophytum asterias*, *Echinocactus texensis*, *Esclerocactus scheeri* y *Mamillaria heyderi*, que habitan en el matorral espinoso tamaulipeco en función de plantas nodriza y determinar las posibles causas de dichas asociaciones.
- Evaluar el efecto de la densidad de semillas en la germinación de *Astrophytum capricorne*, *Astrophytum myriostigma* y *Astrophytum ornatum*.

1.3 HIPOTESIS GENERAL

- Las cactáceas que crecen bajo plantas nodriza, limitan su distribución a la presencia de éstas, especialmente en ambientes con condiciones particularmente adversas.
- El porcentaje de germinación será mayor en sustrato obtenido bajo las especies nodrizas que en sustrato obtenido de los espacios abiertos.
- El sustrato obtenido debajo de las especies nodrizas será de mejor calidad (condiciones óptimas de pH, materia orgánica, textura de suelo, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico) que los obtenidos de los espacios abiertos.
- La germinación de semillas agrupadas será menor que las semillas no agrupadas.

CAPÍTULO II

POSITIVE EFFECTS OF NATIVE SHRUBS ON THREE SPECIALLY PROTECTED CACTI SPECIES IN DURANGO, MÉXICO.

Gisela Muro Pérez, Enrique Jurado, Joel Flores, Jaime Sánchez Salas and Jaime García Pérez

ACEPTADO EN SPECIES PLANT BIOLOGY

ABSTRACT.

The association between specially protected cacti *Coryphantha durangensis*, *Echinocereus longisetus* and *Peniocereus greggii* with nurse plants was evaluated, as well as their relative position from the sun under the crown of nurse plants. Soil temperature under nurse plants was lower than under direct sunlight, in the “Cañón de Fernández”, an area with high cactus richness at the Southern Chihuahuan Desert. There was more nitrogen and organic matter in the soil under nurse plants than in soil under direct sunlight. There were 68 plants of *Coryphantha durangensis*, 59 of *Echinocereus longisetus* and 157 of *Peniocereus greggii*. Only one individual of *Coryphantha durangensis* and one of *Echinocereus longisetus* grew outside the shade of the crown of nurse plants. *Echinocereus longisetus* was not associated with any particular nurse species, but grew more often than expected by chance in the northeastern segment of the crown, i.e. the area most shaded in the afternoon. *Coryphantha durangensis* and *Peniocereus greggii* grew more often under *Prosopis laevigata* than expected by chance.

Key words: facilitation, legumes, mesquite, nurse, protégé.

INTRODUCTION.

Positive interactions among species are expected to be important in stressful habitats (Bertness and Callaway 1994; Brooker and Callaghan 1998; Maestre et al. 2005; le Roux and McGeoch, 2010), and several studies have reported that facilitative interactions are common in arid and semiarid habitats, particularly those whose key processes involve nurse plants (Flores and Jurado, 2003; Flores et al. 2004; Griffith, 2010).

The Cactaceae is a plant family with many species protected by nurse plants (Flores and Jurado, 2003). The causes of nurse-protégé relationships can vary between cactus species and environments and it is possible that multiple causes produce this association. For example: (1) larger number of seeds recruited under shrubs compared to bare soil (Yeaton, 1978), (2) more available water and less evapotranspiration under established shrubs than on bare soil (Turner et al. 1966; Valiente Banuet and Ezcurra, 1991; Flores Martínez et al. 2004), (3) more nutrients in the soil under established shrubs than under surrounding soil (Franco and Nobel 1989, Carrillo García et al. 2000a, b), (4) shielding of protégé species from grazing and trampling under shrubs (McAuliffe, 1984; Valiente Banuet and Ezcurra, 1991; Mandujano et al. 1998) or (5) protégé species have physical support requirements, at least at early stages (Suzán et al. 1994). The effect on protected species depends on both nurse species characteristics (Valiente Banuet et al. 1991, De Viana et al. 2000; Cavieres et al. 2008) and nurse plant size (Tewksbury and Lloyd, 2001).

Many of the cactus species growing in the Southern Chihuahuan Desert are classified as vulnerable or endangered, due to illegal collections, habitat conversion for agriculture purposes, road construction and overgrazing (Hernández and Gómez-Hinojosa, 2002). However, studies on associations among cactus and nurse plants in this region are scarce. Thus, we evaluated the association among three specially protected species *Coryphantha durangensis* (Runge ex K. Schum.) Britton and Rose, *Peniocereus greggii* (Engelm.) Britton and Rose and *Echinocereus longisetus* (Engelm.) Lem. and nurse plants in the “Cañón de Fernández”, an area with high cactus richness in the Southern Chihuahuan Desert (Valencia Castro, 2005). *Coryphantha durangensis* grows in Coahuila and Durango, México; *Peniocereus greggii* is distributed in Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León,

Sonora, and Zacatecas. *Echinocereus longisetus* is found in Coahuila and Nuevo León (Guzmán et al. 2003).

Here we sought to determine if the cacti species studied grow more often under nurse plants and whether there are specific associations with them. We also explored whether shade is an important factor determining nurse-protégé associations by testing whether the studied cacti species grew in more shaded areas under the crown of nurse plants according to their relative position to the sun.

METHODS.

The study was undertaken in a canyon in a state park “Cañón de Fernández” (25° 27' LN y 103° 46' LW), within the Chihuahuan Desert. The main plant communities are thornscrub dominated by either small-leaved, rosette or hemisucculent and succulent plants (Medellín-Leal, 1982). The studied species (*Coryphantha durangensis*, *Echinocereus longisetus* and *Peniocereus greggii*) are under special protection status (Semarnat, 2002).

Coryphantha durangensis is 10-15 cm high and 4-6 cm wide, it grows as isolated individuals or in small clumps (Bravo Hollis, 1978, Bravo Hollis and Sánchez-Mejorada 1989). *Peniocereus greggii* has an erect curved stem 20 to 60 cm high and 3 cm in diameter (Bravo Hollis and Sánchez Mejorada, 1989). *Echinocereus longisetus* is cylindrical, 15-30 cm high and 5-7 cm wide (Bravo Hollis and Sánchez Mejorada, 1989).

Plots of 10 x 10 m were established in areas where the studied species were abundant. The number of plots was determined by the number that produced a non significant variation (Brower et al. 1998). There were 16 plots for *Coryphantha durangensis*, 18 for *Echinocereus longisetus* and 16 for *Peniocereus greggii*. At each plot the number of specimens was recorded, as well as whether they were growing under the canopy of a nurse plant, and the species of the latter. The relative position under the canopy (N, S, E and W) was recorded (Romero Méndez, 2006; Muro Pérez et al. 2009). The number of cacti growing under the canopy of nurse plants was compared to the number of cacti growing under direct sunlight using Square-Chi to determine associations following a uniform distribution hypothesis (Krebs, 1987). This analysis was also used to test for

associations of cacti to grow under relative positions from the sun. Each cactus was recorded as growing: (i) under direct sunlight, (ii) next to a rock or (iii) growing under the canopy of a potential nurse plant.

Three soil samples were taken under *Prosopis laevigata* (Humb. and Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. (the most abundant shrub in the area) and three in open spaces. Before collecting the samples, soil temperature was recorded at noon, in the lab, pH, moisture content, organic matter, N, P, Na, Mg, cation exchange capacity and texture were analyzed. Differences between means were found using one way ANOVA (Table 1).

RESULTS AND DISCUSSION.

Soil temperature and pH under nurse plants were lower than under direct sunlight ($F=39.8167$; $P=0.0032$). All physical variables except sand percentage showed higher values under nurse plants than under direct sunlight. Most chemical parameters showed higher values under nurse plants than under direct sunlight, except phosphorus (similar values), and both potassium and magnesium (higher values under direct sunlight than under nurse plants; Table 1). This is in agreement with findings that there are better conditions and specifically more nutrients in the soil under established shrubs than under surrounding soil (Franco and Nobel 1989, Carrillo García et al. 2000a, b).

There were 68 plants of *Coryphantha durangensis*, 59 of *Echinocereus longisetus* and 157 of *Peniocereus greggii*. None of these cacti grew next to rocks, only one individual of *Coryphantha durangensis* and one of *Echinocereus longisetus* grew outside the shade of nurse plants, suggesting the great importance of the nurse-protégé interaction in maintaining these specially protected cacti species. It is possible that this association is more important during the early stages of plant growth in which higher moisture, low evapotranspiration and lower temperatures as a result of the shade provide a safer place for seedling establishment than open spaces (Valiente Banuet and Ezcurra, 1991; Flores Martínez et al. 1994).

Coryphantha durangensis grew under 7 of the 14 species found in the area (Fig. 1). However, it was only associated with *Prosopis laevigata* ($\chi^2 = 9.25$ $df=1$, $p < 0.01$). *Peniocereus greggii* occurred under 9 of the 15 plant species found in the area (Fig. 3), but only more so than expected by chance under *Prosopis laevigata* ($\chi^2 = 6.98$ $df=1$, $p < 0.01$). Similar results have been found for *Peniocereus striatus* in the Sonoran Desert that grow under *Prosopis velutina* (Suzán et al. 1994), and for *Pachycereus pringlei*, *Machaerocereus gummosus*, and *Lemaireocereus thurberi* in the Sonoran Desert that grows under *Prosopis articulata* (Carrillo García et al. 1999). Mandujano et al. (2002) found more individuals of all three species of cacti associated with *Prosopis laevigata* than with *Mimosa luisana*, in the Tehuacán Valley. This is in agreement with findings that the effect on protected species depends on nurse species characteristics (Valiente Banuet et al. 1991, De Viana et al. 2000; Cavieres et al. 2008; Castillo Landero and Valiente Banuet, 2010).

Echinocereus longisetus grew under 10 of the 14 plant species (Fig. 2), but was not associated to any of them. *Echinocereus longisetus* plants grew more often than expected by chance in the northeastern segment of the crown of nurse plants ($\chi^2 = 28.19$ $df=3$ $P < 0.01$) suggesting that this association is a result of a preference for a habitat with less sunlight and associated heat during the afternoons. There was no association for position under the crown of nurse plants and *Peniocereus greggii* or *Coryphantha durangensis*, which is in agreement with Franco Pizaña et al. (1995), who found that density of *Celtis pallida*, *Zanthoxylum fagara*, and total woody plants were comparable among the four cardinal directions under *Prosopis glandulosa* canopies, which countered the prediction that shrub density would be greater on the north side of *P. glandulosa* canopies if attenuation of solar energy was a factor in cluster development. In addition, three cacti (*Corryocactus melanotrichus*, *Echinopsis bridgesii*, and *Austrocylindropuntia shaferi*) in the semi-arid tropical Andes did not prefer a particular cardinal direction under *Prosopis flexouosa* (López and Valdivia, 2007). This suggests that nurse-protégé association for these species is probably a result of factors other than protection from solar radiation and heat, such as higher nutrient contents or hydraulic lift (Flores and Jurado, 2003). However the shape of *Peniocereus greggii* stems that seem to mimic thin branches of mesquite

could suggest a disguise for protection from herbivores as has been suggested by Suzán et al. (1994) for *Peniocereus striatus*. In Central Arizona, Schade et al. (2003) found that *Prosopis velutina* canopies had positive effects, relative to open areas, on soil moisture and soil N, suggesting that in addition to the presence of nutrients, perhaps elevated moisture or protection from herbivores select for nurse-protégé associations.

Golubov et al. (2001) suggested that the mesquites (*Prosopis spp.*) promote biological diversity and thus it is important to conserve them as a keystone species in the nitrogen and carbon fluxes in arid and semiarid environments. The importance of mesquite as a nurse plant for protected cacti species should be considered in management plans for harvesting mesquite for charcoal production, or mesquite removal for grasslands conversion.

Table 1. Soil characteristics from under mesquite trees and in open areas. Results show the mean±sd of 3 replicates. Different upper case letters represent differences between means ($\alpha=0.05$).

Variable	Method	Soil from open areas	Soil under <i>Prosopis laevigata</i>
Temperature (°C)	Thermometer	43.39±3.98a	27.56±1.24b
pH	Ph Meter	8.39± 0.021a	5.82± 0.067b
Soil moisture (%)	Gravimetric	0a	0a
Organic Matter (%)	Walkley and Black	3.51± 0.029b	4.67± 0.072a
Sand (%)	Bouyoucos	43.76± 0.422a	37.01±0.385b
Silt (%)	Bouyoucos	41.05± 0.219b	42.89±0.074a
Clay (%)	Bouyoucos	15.19± 0.436b	20.10±0.149a
Total N (%)	Digestion and Destillation	0.11±0.032b	0.27± 0.012a
P (ppm)	Morgan	33.34±1.424a	32.11±1.121a
K (meq/100 g)	Morgan	0.31±0.017a	0.27±0.008b
Na (meq/100 g)	Ammonium acetate	0.27±0.012a	0.24± 0.034a
Ca (meq/100 g)	Morgan	16.90± 0.336b	23.27± 0.431a
Mg (meq/100 g)	Morgan	4.29±0.247a	3.01±0.435b
CEC (cación Exchange capacity) (meq/100 g)	Sodium Acetate	11.27±0.451b	21.23± 0.678a

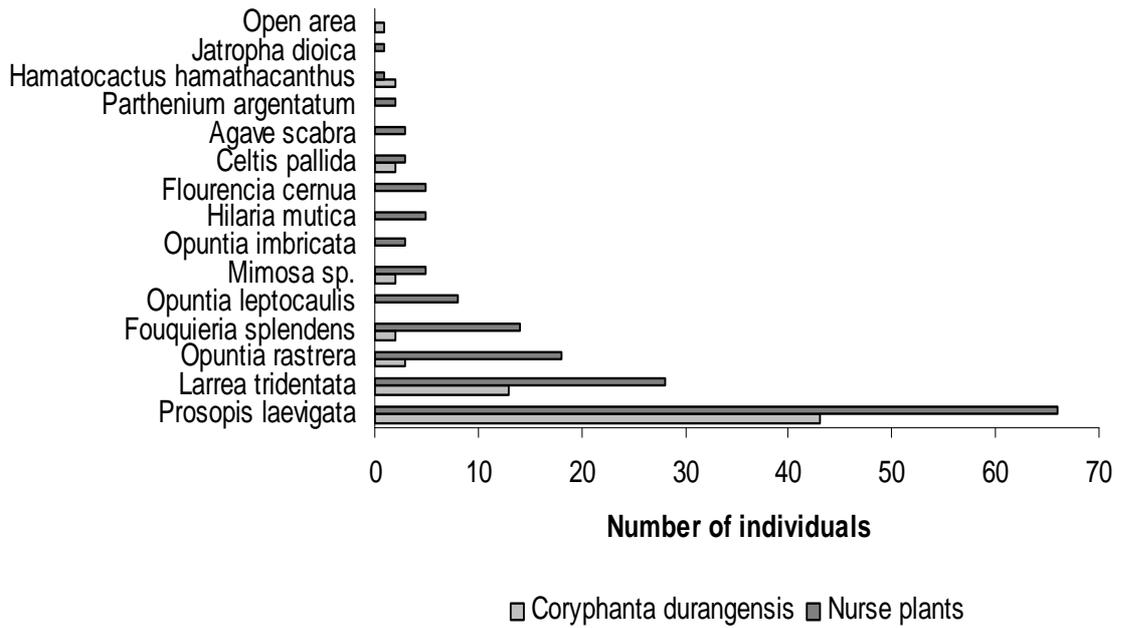


Fig 1. Number of individuals of *Coryphantha durangensis* found under probable nurse plants. Note that only one plant of *Coryphantha durangensis* was found in an open area.

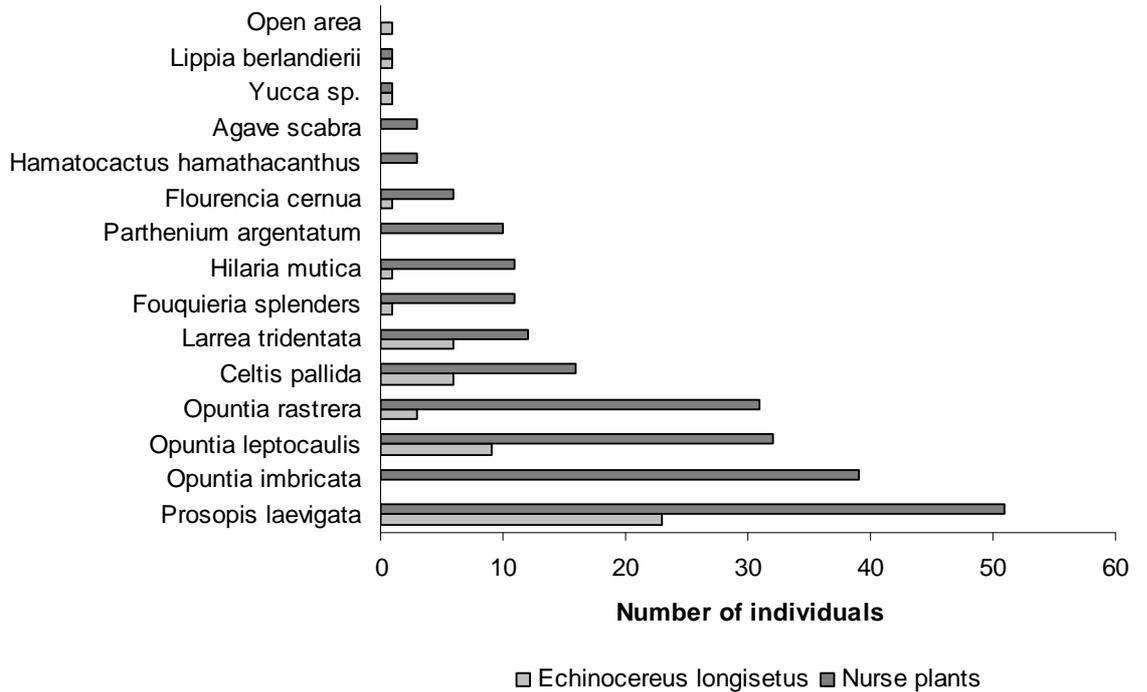


Fig. 2. Number of individuals *Echinocereus longisetus* found under probable nurse plants. Note that only one plant of *Echinocereus longisetus* was found in an open area.

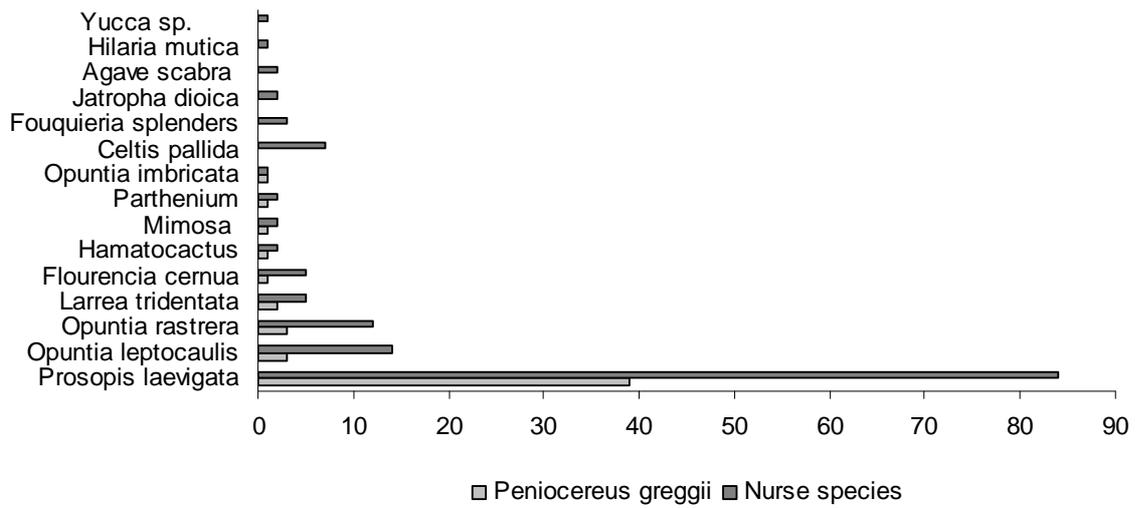


Fig. 3. Number of individuals *Peniocereus greggii* found under probable nurse plants. Note that all plants of *Peniocereus greggii* were found under other plants.

CAPÍTULO III

“EFFECT OF SOIL CHARACTERISTICS AND SEED BURIAL ON THE GERMINATION OF THREE SPECIALLY PROTECTED CACTI SPECIES”

Muro Pérez Gisela, Jurado Enrique, Flores Joel y Sánchez Salas Jaime

ENVIADO JOURNAL OF PROFESSIONAL ASSOCIATION FOR CACTUS DEVELOPMENT

RESUMEN

En este estudio se evalúa la germinación de *Coryphanta durangensis*, *Echinocereus longisetus* y *Peniocereus greggii*, especies catalogadas en “Protección Especial” que habitan en el Parque Estatal Cañón de Fernández, en dos sustratos, uno obtenido debajo de las nodrizas y otro de espacios abiertos, con 4 tratamientos: a) semillas en sustrato fuera de nodriza (SSFN), b) semillas en sustrato bajo de nodriza (SSBN), c) semillas enterradas en sustrato fuera de nodriza (SESFN) y d) semillas enterradas en sustrato bajo de nodriza (SESBN). Con el régimen de semillas enterradas se pretende simular las condiciones que ocurren *in situ*, cuando las semillas son depositadas en el suelo y por acciones de la hojarasca y materia orgánica existente en el área quedan enterradas en ausencia de luz. Con estos tratamientos se pretende explicar el efecto que tiene la oscuridad sobre la germinación de las semillas. Para *Echinocereus longisetus* se presentó una baja germinación en todos los tratamientos. *Coryphanta durangensis* presentó una germinación de 96% para el sustrato bajo de nodriza, 56% en sustrato fuera de nodriza, 2% de germinación en el tratamiento de semillas enterradas en sustrato obtenido bajo nodriza y nula germinación enterradas en sustrato obtenido fuera de nodriza. *Peniocereus greggii* presentó 85% de germinación en sustrato bajo nodriza, 69% de germinación en sustrato fuera de nodriza y en menor porcentaje en los tratamientos de semillas enterradas tanto en sustrato fuera de nodriza y bajo nodriza (respectivamente). Por lo que se apoya la hipótesis de un sustrato enriquecido de nutrientes bajo plantas nodriza.

ABSTRACT

In this study we evaluate the germination of *Coryphanta durangensis*, *Echinocereus longisetus* and *Peniocereus greggii*, species listed in "Special Protection" from the State Park "Cañon de Fernandez". Two substrates were used, one obtained under the nurse plants and other from open spaces. There were four treatments: a) seeds on substrate from open spaces, b) seeds on substrate under nurse plants, c) seeds buried in the substrate from open spaces, and d) seeds buried in substrate under nurse plants. Seeds were buried in order to simulate conditions occurring in situ, when the seeds are deposited on soil rich in organic matter in the area, and get buried in the absence of light. With these treatments we aim to explain the effect of darkness on seed germination. Seeds of *Echinocereus longisetus* showed very low germination. *Coryphanta durangensis* had 96% germination on the substrate from under nurse plants, 56% on the substrate collected in open areas, 2% germination for seeds buried in the substrate obtained under nurse plants, and no germination for seeds buried in substrate from open areas. *Peniocereus greggii* had 85% germination for seeds on substrate under nurse plants, 69% germination for seeds on substrate from open areas, and percentages lower for buried seeds in substrate from open areas and from under nurse plants. Thus the nutrient rich hypothesis under nurse plants is supported in this study.

INTRODUCTION

Favorable conditions for recruitment in arid systems are rare, due to prevailing harsh conditions (Flores and Jurado 2003). Seedling establishment of many species appear to be more frequent under canopies of adult plants of other species which provide a less stressful micro-environment (Ellner and Shmida 1981). This association of emergent seedlings and adult plants has been called "nurse plant syndrome" (Niering *et al.* 1963) or "nurse-protégé" interaction (Cody 1993, Flores & Jurado 2003).

The causes of nurse-seedling relationships can vary between species and environments and it is possible that multiple causes produce this association (Flores & Jurado 2003). For example, a larger number of seeds recruited under shrubs compared to bare soil (seed

trapping), more available water under established shrubs than on bare soil (moisture safe site), more nutrients in the soil under established shrubs than under surrounding soil (nutrient safe site), protection of protégé species from grazing and trampling under shrubs (safe site from herbivores) or protégé species have physical support requirements, at least in the early stages of their life history (physical support safe site).

Specifically, nutrient levels in the soil could be higher under the canopies of established shrubs than in surrounding soil as a result of nutrient concentration from vertical and horizontal root uptake, accumulation of litter, increased animal dung and, in some cases, nitrogen fixation (Flores & Jurado 2003). These higher nutrient levels in the soil could promote higher seed germination (Godínez-Álvarez & Valiente-Banuet 1998, Baskin & Baskin 2001).

The Cactaceae is a plant family with many species growing under nurse plants (Flores & Jurado, 2003). Soil characteristics have been found to affect seed germination of several cacti, like *Carnegiea gigantea* and *Stenocereus thurberi* (McDonough 1964), *Ferocactus histrix* (Del Castillo 1986), *Mammillaria heyderi* (Trejo-Hernández & Garza-Castillo 1993), *Turbincarpus polaskii* (*T. schwarzi*), and *Echinocereus morricallii* (Jolly & Lockert 1996). However, there are no studies evaluating whether the soil under nurse plants, having more nutrients, results in higher seed germination than soil from open spaces.

Seed burial is also important for seed germination, since it may provide benefits such as reduction of air exposure, maintenance of high humidity levels, and protection against extreme temperatures and foraging granivores (Seiwa et al. 2002). Thus, it is important to evaluate if cactus seeds may germinate when buried (Olvera-Carrillo et al. 2009), since they could be in total darkness, and this condition has been detected to inhibit seed germination for some cacti species (Flores et al. 2006, 2011).

We evaluated the effect of soil characteristics (soil under nurse plants and soil from open spaces) and seed burial (buried and unburied seeds) on seed germination of three species (*Coryphanta durangensis* (Britton & Rose), *Peniocereus greggii* (Engelm.) and

Echinocereus longisetus (Engelm.) that grow under nurse plants (Muro-Pérez et al. in press). The three species are under special protection status (Semarnat, 2002).

METHODS

Coryphanta durangensis grows in Coahuila and Durango, México; *Peniocereus greggii* is distributed in Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Sonora, and Zacatecas, México (Guzmán et al. 2003) as well as in Texas, New Mexico and Arizona, U.S.A. (Sánchez-Salas et al. 2009). *Echinocereus longisetus* is found in Coahuila and Nuevo León (Guzmán et al. 2003). Seeds from these species were collected in the “Cañón de Fernández”, an area with high cactus richness in the southern Chihuahuan Desert (Valencia-Castro, 2005).

Soil samples. We collected soil from two distinct conditions in the "Cañón de Fernandez" area. The first was under mesquites (the most abundant nurse species) and the other from open spaces. Soils were later analyzed for physical and chemical traits. Soils from open areas were lightly compacted and calcareous. Soil under mesquite trees was rich in humus.

Treatments:

- a) Seeds were placed on the soil collected under mesquite trees.
- b) Seeds were placed on the soil collected in open areas.
- c) Seeds were buried in soil collected under mesquite trees.
- d) Seeds were buried in soil collected in open areas.

Seeds were buried to mimic natural conditions that some seeds my experience by falling in the litter or in soil cracks in the absence of light, and thus determine the effect that darkness might have on the germination of *Echinocereus longisetus*, *Coryphanta durangensis* and *Peniocereus greggii*.

Soil Analyses. Three soil samples were taken from each condition (open spaces and under mesquites). Before collecting the samples, soil temperature was recorded at noon, in the lab; pH, moisture content, organic matter, N, P, Na, Mg, cation exchange capacity and texture were analyzed (Table 1).

Seed collection. Fruits from the three cacti species were collected in April 2009 at the “Cañón de Fernandez” from at least ten mother plants. Fruits were placed in paper bags and set to dry at room temperature for a month to prevent any moisture development that might prompt germination or decomposition (Moreno et al. 1992).

Experimental design. There were two soil types (open spaces and under mesquites) and two positions in the soil (surface and buried). Germination was recorded daily as the emergence of the radicle or any part of the embryo, for one month, as recommended for arid zone plants (Baskin and Baskin 2001). The experimental design was complete random factorial 3 x 3 x 5. The study was conducted at the IPICYT. There were 20 seeds per plot and five plots per line, with a total of 100 seeds per treatment. Germination t_{50} was calculated as the number of days elapsed until 50% of the germinated seeds was reached. ANOVA was used with treatment and species as factors. Percentage germination data were arcsine transformed before analysis to comply with normal

RESULTS

Soil characteristics. Soil organic matter, silt and clay showed higher values under mesquite trees than under direct sunlight. Phosphorus had similar values, and potassium and magnesium showed higher values under direct sunlight than under mesquite trees. Soil temperature and pH under mesquite trees were lower than under direct sunlight ($F=39.8167$; $P=0.0032$; Table 1).

Table 1. Soil characteristics from under mesquite trees and in open areas. Results show the mean±sd of 3 replicates. Different upper case letters represent differences between means ($\alpha=0.05$).

Variable	Method	Soil from open areas	Soil under <i>Prosopis laevigata</i>
Temperature (°C)	Thermometer	43.39±3.98a	27.56±1.24b
pH	Ph Meter	8.39± 0.021a	5.82± 0.067b
Soil moisture (%)	Gravimetric	0a	0a
Organic Matter (%)	Walkley and Black	3.51± 0.029b	4.67± 0.072a
Sand (%)	Bouyoucos	43.76± 0.422a	37.01±0.385b
Silt (%)	Bouyoucos	41.05± 0.219b	42.89±0.074a
Clay (%)	Bouyoucos	15.19± 0.436b	20.10±0.149a
Total N (%)	Digestion and Destillation	0.11±0.032b	0.27± 0.012a
P (ppm)	Morgan	33.34±1.424a	32.11±1.121a
K (meq/100 g)	Morgan	0.31±0.017a	0.27±0.008b
Na (meq/100 g)	Ammonium acetate	0.27±0.012a	0.24± 0.034a
Ca (meq/100 g)	Morgan	16.90± 0.336b	23.27± 0.431a
Mg (meq/100 g)	Morgan	4.29±0.247a	3.01±0.435b
CEC (cación Exchange capacity) (meq/100 g)	Sodium Acetate	11.27±0.451b	21.23± 0.678a

Seed germination

Echinocereus longisetus had very low germination ($4\% \pm 1.2$) in all substrates, and there were no significant differences among treatments ($F = 2.66$, $P = 0.08$).

Coryphanta durangensis had similar germination on soil from under nurse plants ($96\% \pm 11.6$) than on soil from open areas ($56\% \pm 11.6$). Buried seeds had lower germination (2% for seeds buried in soil from under nurse plants and 0% for seeds buried in soil from open spaces) than seeds on the soil ($F = 15.03$, $P < 0.0001$).

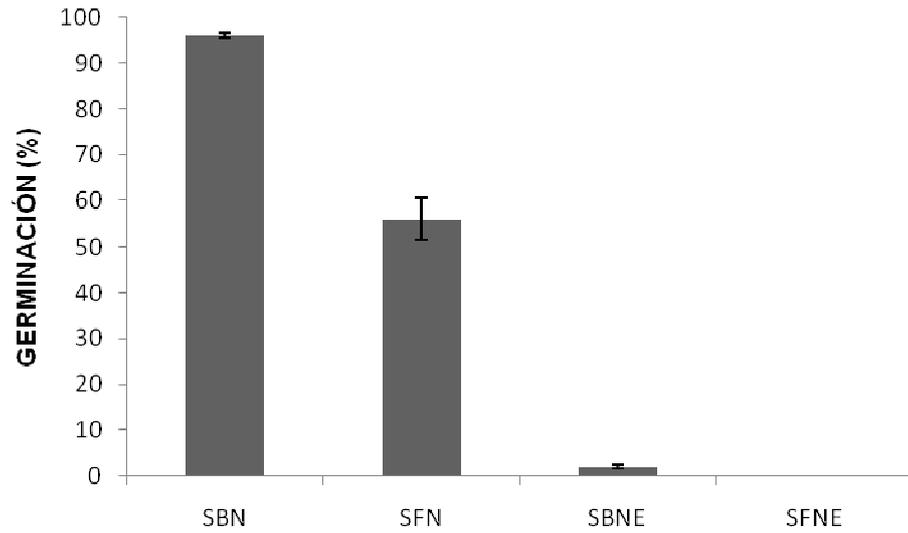


Fig. 1. Germination of *C. durangensis*.

Seed germination of *Peniocereus greggii* was higher on soil from under nurse plants ($85\% \pm 6.7$) than on soil from open areas ($69\% \pm 6.7$). Buried seeds had lower germination (2% for seeds buried in soil from nurse and 0% for seeds buried in soil from open spaces) than seeds on the soil ($F = 22.55$, $P < 0.0001$).

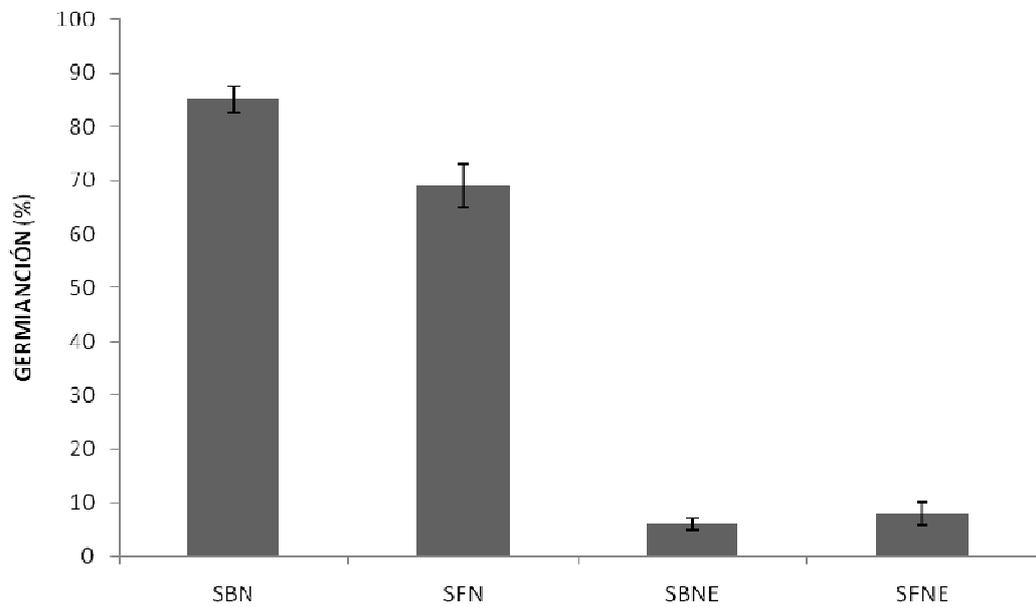


Figura 3. Germination of *P. greggii*.

DISCUSSION.

Many of the cactus species growing in the southern Chihuahuan Desert are classified as vulnerable or endangered, due to illegal collections, habitat conversion for agriculture purposes, road construction and overgrazing (Hernández & Gómez-Hinojosa, 2002). *Ex situ* plant propagation has been suggested as a means to reduce illegal extraction of cacti (Hernández and Bárcenas, 1995; Rojas-Aréchiga and Vázquez-Yanes, 2000; Boyle and Anderson, 2002; Robbins, 2003). However, studies on cactus seed germination from this region are scarce (Flores et al. 2006).

We hypothesized that higher nutrient levels in the soil could promote higher seed germination (Godínez-Álvarez & Valiente-Banuet 1998, Baskin & Baskin 2001); however, we found similar germination between seeds on the soil from under nurse plants and those on the soil from open areas for *C. durangensis* and *P. greggii*.

We also hypothesized that when buried, cactus seeds would not germinate, since they are in total darkness and they need light to germinate (Flores et al. 2006, 2011). This hypothesis was confirmed for the same species.

The species *Echinocereus longisetus* appears to have seed dormancy, similar to species of the same genus (Flores et al. 2011).

CAPÍTULO IV

NEW LOCALITY AND PROTÉGÉ SPECIES OF *PENIOCEREUS GREGGII* VAR. *GREGGII* (CACTACEAE) AND ITS ECOLOGICAL INTEREST IN THE STATE OF DURANGO, MEXICO.

Gisela Muro Pérez, Jaime Sánchez Salas, Eduardo Estrada Castellón y Mario A. García Aranda.

ENVIADO THE SOUTHWESTERN NATURALIST

ABSTRACT.

P. greggi var. *greggii* is an specie highly coveted and looted in the "State Park" Cañon de Fernandez and listed has special protection. Its shape shrub can not be located easily. However, the flowers causes it to be detected. Is associated with "fertility islands" formed by *Prosopis glandulosa* y *P. laevigata*. It has a root with medicinal properties as cardiac stimulant (tea). The unregulated use keeps the specie at permanent risk of extinction at area.

RESUMEN.

P. greggi var. *greggii* es una especie categorizada en Protección especial y saqueada fuertemente en el Área Natural Protegida llamada "Parque Estatal Cañón de Fernández". Su apariencia arbustiva la hace pasar desapercibida, sin embargo, su flor llamativa provoca que sea fácilmente localizada en época de floración. Se encuentra asociada a las "islas de fertilidad" formadas por *Prosopis glandulosa* y *P. laevigata*. Posee una raíz a la que se le atribuyen propiedades curativas mediante la preparación de una infusión para estimulación cardiaca. Esta situación provoca que sea sobre explotada y que se encuentre en riesgo permanente de extinción.

The genus *Peniocereus* was described by Britton and Rose in 1909 (Andersson, 2001). Currently, the genus is represented by 18 (Gómez-Hinostrosa and Hernández, 2005) species (Guzman et al. 2003) distributed from Baja California to Costa Rica, most of them

are distributed in Mexico along to the Pacific slope, from those, only *Peniocereus greggii* (Engelmann) Britton and Rose are found outside in northern Mexico, reaching portions into Texas, New Mexico and Arizona States. This species comprises two varieties, *Peniocereus greggii* var. *greggii*, occurring only in the Chihuahuan Desert and part of Texas, at elevations of 1200 m and *Peniocereus greggii* var. *transmontanus* (Engelman) Backeb., occurring in the Sonoran Desert in Arizona, at elevations below 1000 m (Britton and Rose, 1963, Bravo and Sanchez, 1991; Cornet, 1985, Hernandez and Gomez, 2005; Henrickson and Johnston, 1997 Andersson, 2001 and Sánchez Salas et al. 2004).

Peniocereus greggii var. *greggii* is a shrub of erect branches up to 60 cm long, greenish-gray stems, which makes its presence often unnoticed. It is associated with "fertility islands" formed by *Prosopis glandulosa* Torr. and *P. laevigata* (Humb. and Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst, showing higher size (Garcia and McKell, 1970; Perroni, 2007) compared to the individuals which grows in open areas; currently, the taxa are considered in the special protection category (NOM-059-SEMARNAT-2001).

Peniocereus greggii var. *greggii* was first recorded by Dudley (1967) for the state of Durango and ratified by Gonzalez et al (2007), Henrickson et al (1997), Guzman et al (2003), Hernández et al (2004) and Gómez Hinostros and Hernández (2005). These records did not quote the exact location of the occurrence of the species, however, Cornet (1985) and García (2002) cited it for the Mapimi Biosphere Reserve, Durango, México. Valencia (2002) records it around of Lerdo City, Durango, which allows to define the populations as disjoint, since their distribution is greater than 150 km (Alcaraz, 2009), and it can be considered under special protection category (Nom-059 -SEMARNAT-2001). A study of *Peniocerus greggii* carried out by Valencia (2002) in the Rio Nazas, Durango area, was the basis for decree-law of the area as "State Park" a Natural Protected Area with an area of 17,000 ha (Valencia, 2003).

In April 2002, we visited the adjacent canyons around Lerdo City (Fig. 1), in that area we found several plant of this species, inhabiting xerophyllous scrubland. Several routes into the area allowed us to delimit the total distribution surface (approximately 3 ha) of the

species. In order to quantify the total individuals in this area 16 frames 10 x 10 m were set using the nested points technique (Franco, 1985).

We recorded 425 individuals (141.6 individual/ha) distributed over the total area. In June 2008, the same area was surveyed again using the same methodology, and this time we recorded only 215 individuals (62 individuals / ha). A clear indication that the population has lost more than a half of the individuals previously recorded. With such a reduction of the individuals, the currently population could be in serious danger of disappearing, specially because of cattle overgrazing, illegal extraction, and the irrational and the incorrect categorization used in the management plan for the area, which was not based on the NOM-059-SEMARNAT-2001 (Valencia, 2003) and that make the difference between keeping or losing key species to ensure an ecosystem ecological balance (Vega, 2004).

Currently, we are still monitoring this population and also we are looking for new populations around this area. We consider two main threat for the *P. greggii* var. *greggii* population into the area, one of them of ecological importance, the appearance of *Ambrosia ambrosioides* (Delpino) W.W. Payne (Gonzalez et al. 2007) which has increased enormously into the areas where the pristine scrubland vegetation has vanished because of overgrazing, the second one concerns to residents economy and ethnobotany use, the illegal extraction and selling of the root of this species is used as infusion against kidney problems, stew the root as food (Sánchez y Muro, 2008, Sánchez et al. 2009) and also as a cardiac stimulant (Moerman, 1998).

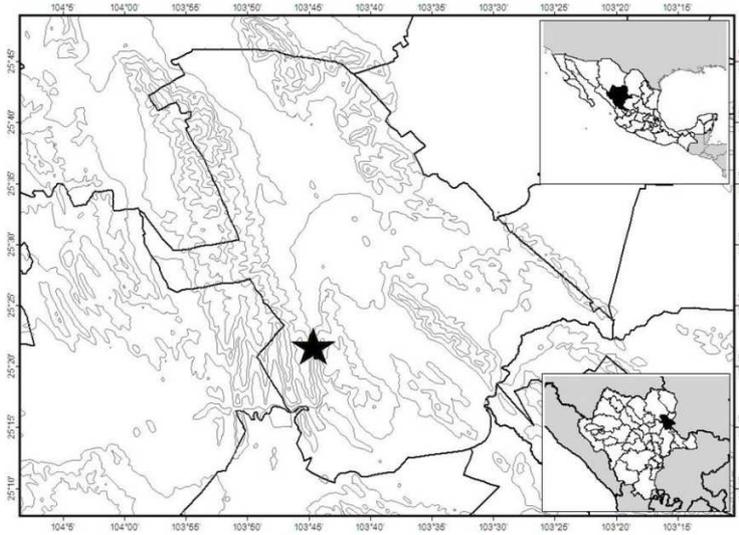


Fig. 1. New locality of *P. greggii* var. *greggii* at Cañon de Fernandez in Lerdo, Durango Mexico (black star).

CAPÍTULO V

CINCO ESPECIES DE CACTÁCEAS QUE REQUIEREN DE UNA PLANTA NODRIZA PARA SU DESARROLLO.

Gisela Muro Pérez, Eduardo Estrada Castellón, Humberto González Rodríguez, Marisela Pando Moreno, Joel Flores y Enrique Jurado.

SERÁ SOMETIDO A JOURNAL OF PROFESSIONAL ASSOCIATION FOR CACTUS DEVELOPMENT

INTRODUCCIÓN.

El matorral espinoso tamaulipeco se distribuye en la región noreste de México (Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas en México y parte de Texas en Estado Unidos), con una extensión superficial de aproximadamente de 125,000 a 200,000 km² (González, 1972, Diamond et al. 1987, Jurado y Reid et al 1990); dominado por una serie de especies arbustivas (Reid et al. 1990; McMurtry et al 1996; Northup et al. 1996), siendo también una comunidad vegetal de gran importancia para especies de cactáceas que se distribuyen en él; ya que proporciona condiciones ambientales más favorables para su desarrollo, y es además una zona de gran importancia biogeográfica por sus altos niveles de endemismos (Escalante et al. 1993, Arriaga et al. 2000).

Las cactáceas presentan asociaciones bióticas con otras plantas que se conocen como nodriza-protégida durante las distintas etapas de su desarrollo. Las especies nodriza modifican el medio físico proporcionando menores temperaturas, mayor concentración de materia orgánica e infiltración de humedad (Cazares, 1993). Las asociaciones nodriza-protégida permiten a las especies protegidas crecer en ambientes que de otra forma no serían favorables para su establecimiento. (Turner et al. 1966; Valiente et al. 1991; Valiente & Ezcurra, 1991; Nobel, 1998; De Viana et al. 2000). Las asociaciones de especies vegetales protegidas nodriza han sido detectadas para muchas especies de cactáceas (Golubov et al 2000; Larrea et al. 2005). Sin embargo existe poca evidencia sobre las causas de estas asociaciones. Flores y Jurado (2003) plantean que la selección de nodricismo puede deberse a una o varias de las siguientes causas: 1) Mayor depósitos

de semillas, bajo la copa de los arbustos, 2) Sitios de mayor humedad, 3) Sitios seguros contra herbívoros, 4) Sitios con alta disponibilidad de nutrientes y 5) Soporte físico.

Se plantea evaluar la asociación nodriza protegida de *Ariocarpus retusus*, *Astrophytum asterias*, *Echinocactus texensis*, *Esclerocactus scheeri* y *Mamillaria heyderi*, que habitan en el matorral espinoso tamaulipeco (MET) en función de plantas como: arbustos, árboles y nopales nodrizas y determinar las posibles causas de dichas asociaciones. Con este estudio se pretende generar información cuantitativa sobre las causas de selección de asociaciones de nodricismo para las especies de cactáceas que se distribuyen en el MET y explorar su relación con variables físicas, así como las nodrizas más utilizadas en las primeras etapas de crecimiento de las cactáceas.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Área de estudio. Se encuentra en la región Noreste de México, denominado "Rancho El Consuelo"; lugar donde se distribuyen las especies en estudio, entre los paralelos 24° 56' 60" Latitud Norte y 99° 5' 60" Longitud Oeste; a una altitud de 306 msnm.

Fisiografía y Topografía. Perteneciente a dos regiones, en la parte occidental a la Sierra Madre Oriental, con una topografía bastante irregular, con altitudes entre los 550 y 1850 msnm y parte de la planicie Costera del Golfo (Estrada y Marroquín, 1988).



Fig. 1. Mapa de localización de Tamaulipas, México.

Clima. Pertenece a un clima semicálido subhúmedo con lluvias principalmente en verano, entre los meses de abril a noviembre con una temperatura media anual superior a 14.7 °C en el mes de enero y 22.3°C en el mes más caliente que es agosto. Con una precipitación de 500 a 1000 mm, con un promedio de 749 mm (SPP-INEGI, 1986; González y Cantú, 2001; García, 1988).

Principales ecosistemas. Las comunidades vegetales son distinguidas por asociaciones vegetales de diferentes grupos taxonómicos de diferentes patrones de crecimiento, tal como Alanís et al. 2008 que las clasifica en cuatro grandes asociaciones: 1) bajo espinoso inerme, 2) mediano espinoso y subinerme, 3) alto subinerme y espinoso y 4) matorral crasirrosulifolio espinoso.

Especies vegetales. Existe una amplia diversidad de plantas en Tamaulipas, en las que desatacan algunas arbustivas como: mezquite (*Prosopis laevigata*), anacahuita (*Cordia boissieri*), huizache (*Acacia farnesiana*), panalero (*Forestiera angustifolia*), guayacán (*Guaiacum angustifolium*), palo verde (*Cercidium macrum*), uña de gato (*Acacia greggii*), vara dulce (*Eysenhardtia polystachya*), oreja de ratón (*Bernardia myricaefolia*), tullidora (*Karwinska humboldtiana*), coma (*Bumelia lanuginosa*), entre otras que generalmente forman parte de las especies dominantes de algunos tipo vegetativos del área de estudio (Estrada, et al 2004).

Suelos. El tipo de suelo dominante son los vertisoles profundos de color gris oscuro, limo-grisáceos, limo-arcillosos, con montmorillonita, que se contraen y expanden perceptiblemente en respuesta a los cambios en el contenido de humedad del suelo (INEGI, 2002).

Parcelas: Se establecieron cuadros permanentes como en Harris, Shaffer y Maguire, 1987; donde se censó el total de las poblaciones de las especies manacaballo (*Echinocactus texensis*) falso peyote (*Astrophytum asterias*), cactus scherry (*Esclerocactus scheeri*) piedra viviente (*Ariocarpus retusus*) y mamillaria (*Mammillaria heyderi*) en un área de 5 km. Posteriormente se registró en una base de datos las

condiciones en que crecen los individuos, de la siguiente manera: 1) si está asociado con cualquiera de las diferentes especies vegetales que cohabitan en el área en forma de nodriza, entendiéndose como asociado que “crece cerca de”; y 2) si crece asociado entre rocas y grietas de estas. Para cada cuadro se registró el número de especies que crecen bajo la copa de los arbustos, se registró la exposición con respecto a la nodriza (planta más cercana) de forma cualitativa (N, S, E y O) y de forma cuantitativa (0, 90, 180 y 360) como en Romero, 2006 y Muro et al. 2009. El número de cactus que se registran bajo la copa de algún arbusto y las que crecen en espacios abiertos (espacios desprovistos de vegetación) son comparados con pruebas de “ji cuadrada”

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se encontraron 50 plantas de *Echinocereus texensis*, 56 de *Astrophytum asterias*, 37 de *Esclerocactus scheeri*, 52 de *Ariocarpus retusus* y 70 de *Mammillaria heyderii* todas creciendo bajo algún arbusto del matorral espinoso tamaulipeco tales como: mezquite (*Prosopis laevigata*), anacahuita (*Cordia boissieri*), huizache o gavia (*Acacia farnesiana*), panalero (*Forestiera angustifolia*), guayacán (*Guaiacum angustifolium*), palo verde (*Cercidium macrum*), uña de gato (*Acacia greggii*), vara dulce (*Eysenhardtia polystachya*), oreja de ratón (*Bernardia myricaefolia*), tullidora (*Karwinska humboldtiana*), coma (*Bumelia lanuginosa*) y algunas otras como el abrojo (*Opuntia tunicata*) y otras especies de opuntias en las que destacan: el tasajillo (*Opuntia leptocaulis*) y el nopal común (*Opuntia engelmanni*). La importancia de la interacción entre una planta nodriza y una planta protegida es principalmente la protección de las plantas pequeñas (plantas de talla pequeña). Y existen diversos estudios que comprueban que dicha interacción se da en las etapas de plántulas de las especies, principalmente cactáceas, creando un microclima más óptimo para la plántula en desarrollo, con sitios de mayor humedad, protegiendo de las altas radiaciones que ocurre en los espacios abiertos, proveyendo sitios con mayor cantidad de nutrientes, materia orgánica, y por lo tanto se crean: superficies de mejor calidad de suelo para la germinación de las semillas y desarrollo de las plántulas (Valiente y Ezcurra, 1991; Flores et al. 1994).

Echinocactus texensis crece bajo cualquiera de los arbustos y nopales (Opuntias) que habitan en el área como: panalero (*Forestiera angustifolia*), tasajillo (*Opuntia leptocaulis*) anacahuita (*Cordia boissieri*) mezquite (*Prosopis laevigata*), y en menor proporción crece en arbustos como: huizache o gavia (*Acacia farnesiana*), tullidora (*Karwinska humboldtiana*) y creciendo solo un ejemplar de *E. texensis* bajo la copa de palo verde (*Cercidium macrum*), vara dulce (*Eysenhardtia polystachya*), entre otros; registrando una nula asociación entre las especies (Fig. 2). Por otro lado Eguiarte, 1997, realiza un estudio sobre el análisis de la distribución y estructura de las poblaciones de *Echinocactus platyacanthus*, en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, y el menciona que la distribución poblacional de *E. platyacanthus* es de forma vegetativa (a través de estolones), pero sin embargo ellos encuentran que rara vez se separan las partes superiores de la planta para dar origen a individuos independientes, por lo que Eguiarte considera que los patrones de agrupamiento se deba a efectos de microhábitat que favorecen el establecimiento de los organismos en otras zonas. También se ha observado que las plantas juveniles crecen entre grietas de piedras, las cuales brindan protección contra el pisoteo y donde se encuentra una cama de hojarasca, que las protege de la fuerte insolación y deshidratación; comúnmente conocido como el fenómeno de nodrizaje o facilitación, cuyo proceso también contribuye al agrupamiento espacial.

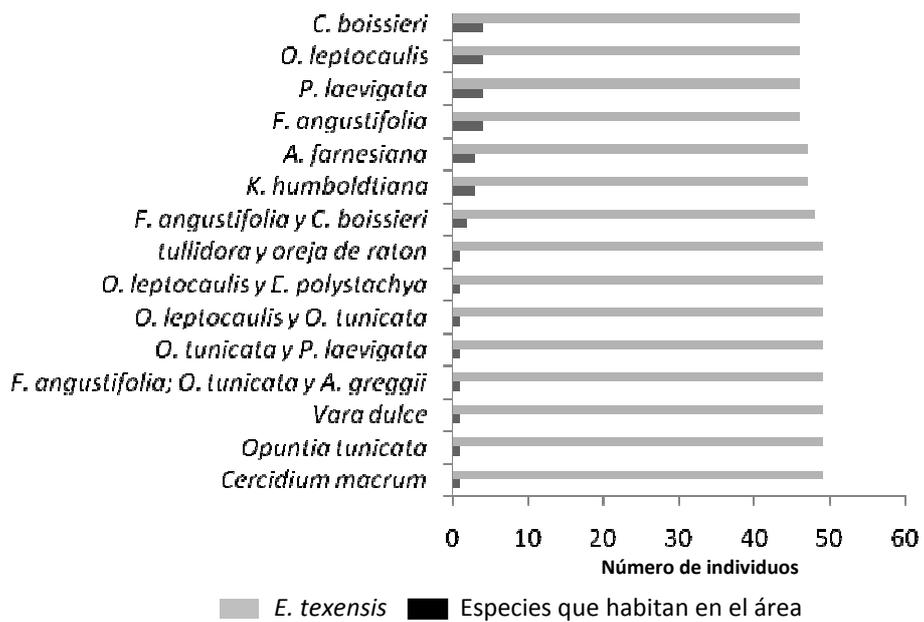


Fig. 2. Número de individuos de *Echinocactus texensis* bajo las especies que habitan el área.

Astrophytum asterias crece bajo 24 arbustos de panalero (*F. angustifolia*), presentando una asociación positiva significativa ($\chi^2= 19.03$ gl=1, $p < 0.01$); al igual ocurre con la especie coma (*B. lanuginosa*) y el mezquite (*P. laevigata*), que se encuentran 11 ejemplares de *A. asterias* creciendo bajo la copa de *B. lanuginosa* y 11 ejemplares bajo la copa de *P. laevigata* presentando ambos una asociación positiva ($\chi^2= 9.92$ gl=1, $p < 0.01$) (Fig. 3). Muro et al. 2009 encuentran una asociación positiva con la especie *Astrophytum myriostigma* que utiliza como nodriza principalmente plantas de *Agave lecheguilla*, y en menor porcentaje otras especies de *Opuntias* que se encuentran distribuidas en el área.

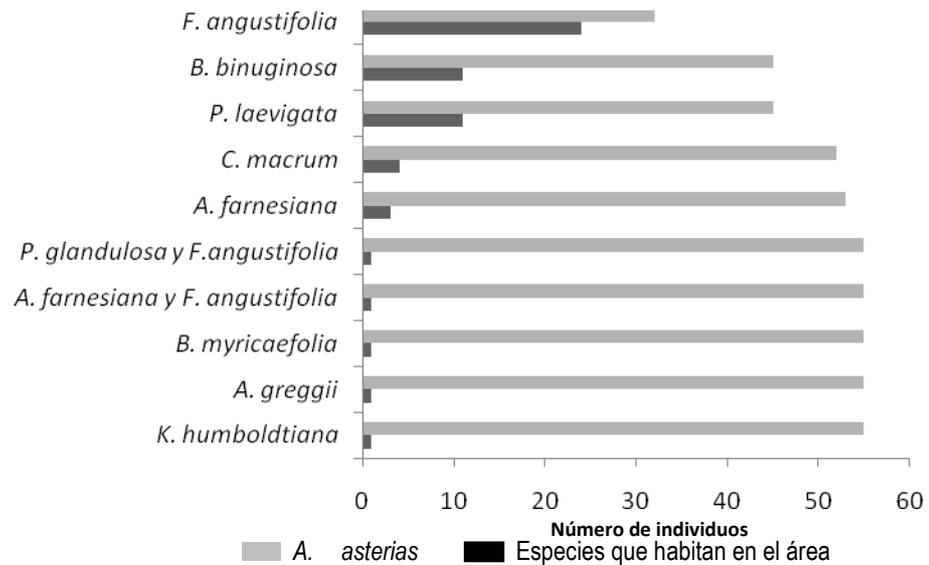


Fig. 3. Número de individuos de *Astrophytum asterias* bajo las especies que habitan el área.

Esclerocactus scheeri crece bajo 10 arbustos de mezquite (*P. laevigata*), registrándose una asociación positiva ($\chi^2=8.61$ gl=1, $p<0.01$); al igual ocurre con el abrojo (*Opuntia tunicata*) encontrándose nueve ejemplares de *E. scheeri* bajo la copa de este arbusto ($\chi^2=7.94$ gl=1, $p<0.01$) y con el panalero presentándose siete ejemplares de *E. scheeri* bajo la copa de panalero (*F. angustifolia*) ($\chi^2=6.34$ gl=1, $p<0.01$) (Fig. 4). Por otro lado existen diversos estudios en zonas áridas relacionados con el arbusto y/o árbol de talla mediana comúnmente conocido como el mezquite (*Prosopis* sp.) que es utilizado como especie nodriza por algunas de las cactáceas que se distribuyen en los lugares donde habita *Prosopis* sp., tal es el caso de *Prosopis flexuosa* que se distribuye en un Valle seco de los Andes Bolivianos, y está documentado que se encuentran creciendo tres especies de cactáceas bajo la copa de éste a diferencia de los espacios abiertos (Larrea et al. 2005) y mencionan que *P. flexuosa* puede modificar los patrones espaciales de arbustos pequeños, afectando así el reemplazo de las especies y puede contribuir a incrementar la diversidad local y principalmente a una posible dinámica de estructura de parches

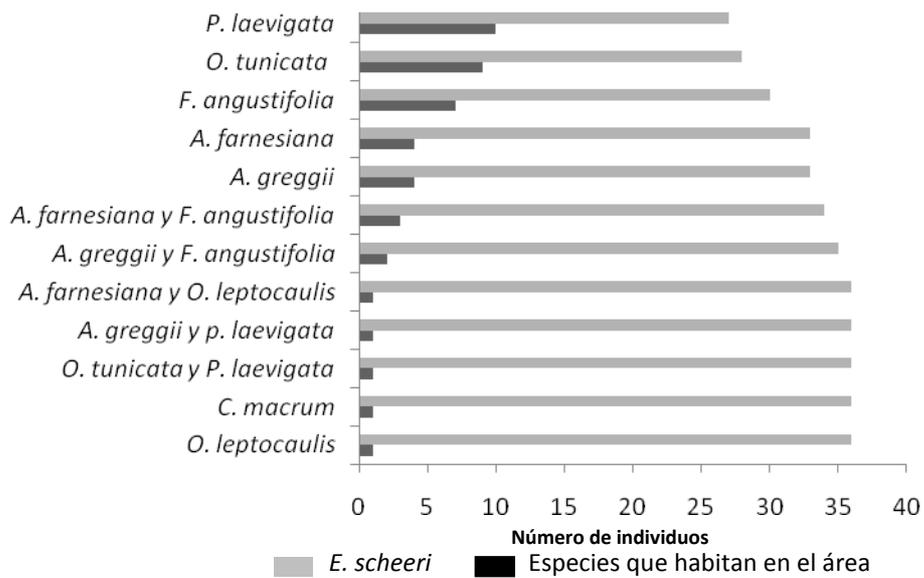


Fig. 4. Número de individuos de *Esclerocactus scheeri* bajo las especies que habitan el área.

Ariocarpus retusus se encuentra bajo 22 ejemplares de gavia (*Acacia farnesiana*), registrándose una asociación positiva ($\chi^2=18.91$ gl=1, $p<0.01$), caso similar ocurre con el panalero, donde 9 ejemplares de *A. retusus* crece bajo la copa del mismo (*F. angustifolia*) ($\chi^2=8.28$ gl=1, $p<0.01$) y por último 8 ejemplares de *A. retusus* crecen bajo la copa de la tullidora (*K. humboldtiana*) presentando una asociación positiva ($\chi^2=7.37$ gl=1, $p<0.01$) (Fig. 5). *A. trigonus* (otra especie del género *Ariocarpus*), la cual Sánchez Mejorada (1987) realizó su primer evaluación, considerándola como una especie vulnerable, posteriormente Suzán et al (1989) reportan para poblaciones del Valle de Jaumave, densidades poblacionales, estructura de tamaños y relaciones con plantas nodrizas, entre las que destacan *Prosopis laevigata*, *Euphorbia antysiphilitica* y *Mimosa leucaenoides*. Martínez et al. (1993) reportan resultados similares para la estructura de tamaños y relaciones con nodrizas en otras poblaciones de la región.

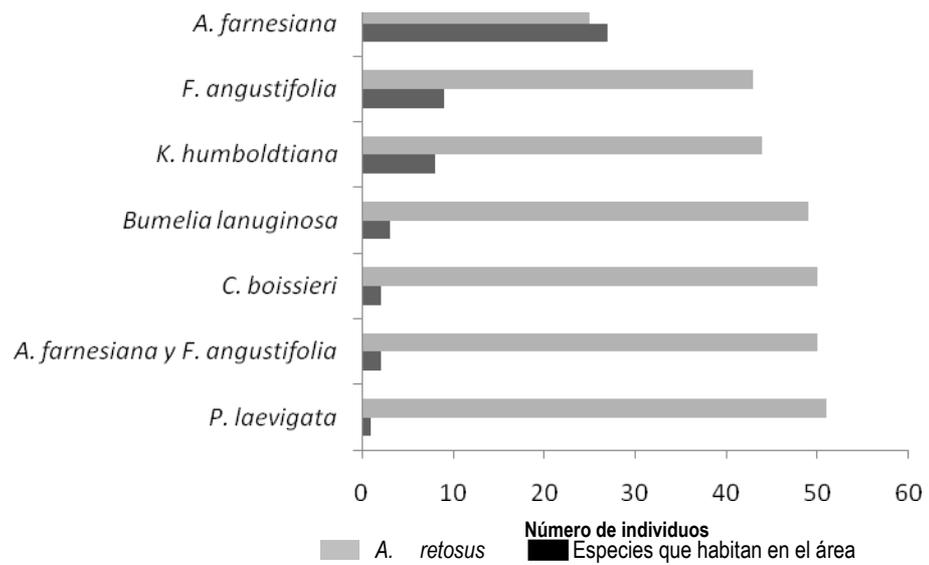


Fig. 5. Número de individuos de *Ariocarpus retusus* bajo las especies que habitan el área.

Mamillaria heyderi presenta asociación con el abrojo y el mezquite, creciendo bajo la copa del abrojo (*O. tunicata*) y el mezquite (*P. laevigata*) 29 y 27 ejemplares de *M. heyderi* ($\chi^2=22.91$ gl=1, $p < 0.01$ y $\chi^2=17.86$ gl=1, $p < 0.01$,) (respectivamente) (Fig. 6). Por otro lado Golubov et al. (2000), realizaron un estudio en cactáceas asociadas a pastizales de *Hilaria mutica* en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, y ellos encuentran que las Opuntioideae son un elemento importante en los pastizales, abarcando 40% de las especies encontradas y mencionan que los pastizales de las zonas áridas representan zonas importantes para el establecimiento y sobrevivencia de cactáceas.

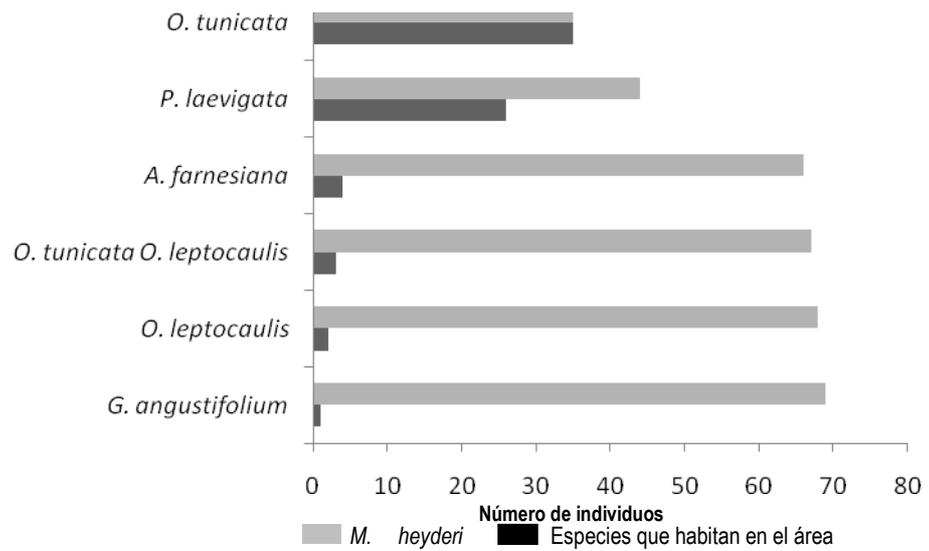


Fig. 6. Número de individuos de *Mamillaria heyderi* bajo las especies que habitan el área.

CONCLUSIONES.

Las condiciones menos severas del matorral espinoso tamaulipeco permiten el establecimiento de *Echinocactus texensis* en espacios abiertos (espacios desprovistos de vegetación), debido a las condiciones de humedad óptimas para el crecimiento y sobrevivencia de ésta. Por otro lado las especies vegetales como: panalero (*Forestiera angustifolia*), mezquite (*Prosopis laevigata*), coma (*Bumelia lanuginosa*), abrojo (*Opuntia tunicata*), tullidora (*Karwinska humboldtiana*) y gavia (*Acacia farnesiana*), crean sitios y/o áreas con condiciones menos extremas que en los espacios abiertos lo cual contribuye al establecimiento exitoso y un crecimiento más favorable de *Astrophytum asterias*, *Esclerocactus scheeri*, *Ariocarpus retusus* y *Mamillaria heyderi* (especies que necesitan de por lo menos alguna(s) de las especies anteriormente mencionadas).

CAPÍTULO VI

EFECTO DE LA DENSIDAD DE SEMILLAS EN LA GERMINACIÓN DE TRES ESPECIES DEL GÉNERO *ASTROPHYTUM* (LEMAIRE).

Gisela Muro Pérez, Enrique Jurado, Joel Flores, Jaime Sánchez Salas

EN REVISIÓN FINAL

RESUMEN

Algunas semillas de los frutos maduros del género *Astrophytum* tienen la particularidad de caer por las costillas y depositarse en la base de la planta en una densidad no mayor de diez, mientras que otras quedan adheridas al fruto en el ápice de la planta y son dispersadas por otros medios. Se obtuvieron frutos de poblaciones naturales de *Astrophytum capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum* en los estados de Coahuila e Hidalgo, con el fin de evaluar el efecto de la densidad de semillas en la germinación, comparando tratamientos de densidad de 10 semillas agrupadas y una semilla solitaria. Las tres especies mostraron mayor porcentaje de germinación en semillas agrupadas, sin embargo la velocidad de germinación fue más rápida en semillas individuales. Estos resultados concuerdan con el fenómeno de “*sibling rivalry*” que consiste en que la competencia entre semillas hermanas puede inhibir la germinación a altas densidades con el fin de disminuir la competencia entre plántulas.

INTRODUCCIÓN

Existen factores ambientales como el agua, la temperatura y la luz que promueven la germinación de las semillas (Baskin y Baskin 2001); sin embargo, el tipo de dispersión de semillas y características relacionadas también influyen en la germinación. Por ejemplo, para las especies con dispersión “inasistida” la rivalidad entre semillas hermanas podría disminuir o inhibir la germinación en altas densidades con el fin de disminuir la competencia entre plántulas (Cheplick, 1992; 1993; Grundy et al. 2003; Dyer, 2004).

La densidad de semillas en el suelo depende del tipo de dispersión, por ejemplo, especies de frutos carnosos son consumidos por vertebrados frugívoros que dispersan las semillas en grupos después de la defecación o regurgitación (Traveset, 1998). Sin embargo, los frutos que no son carnosos también se pueden dispersar en grupos después de caer de la planta madre; por ejemplo, las semillas de las especies del género *Astrophytum*, las cuales pueden caer por las costillas de la planta en grupos de hasta 10 semillas, mientras que otras permanecen en el interior del fruto y son dispersadas por otros medios (observación personal). Así, en semillas hermanas que se dispersan en grupos puede existir la competencia entre ellas para germinar.

El género *Astrophytum* se distribuye en el desierto Chihuahuense, principalmente en matorral micrófilo-rosetófilo (Rzedowski, 1983). El desierto Chihuahuense es considerado como un centro de alta biodiversidad, por lo que se considera prioritario la investigación y conservación de los recursos naturales (Hernández and Bárcenas 1995). *Astrophytum capricorne* crece asociado a matorral micrófilo en los estados de San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León (Bravo y Sánchez, 1991). *Astrophytum myriostigma* se distribuye en hábitats de matorral rosetófilo en los estados de San Luis Potosí, Coahuila, Durango, Nuevo

León y Tamaulipas (Bravo y Sánchez, 1991); *A. ornatum* se distribuye en Hidalgo y parte de Querétaro (Bravo y Sánchez, 1991).

Los efectos adversos de las perturbaciones sobre las poblaciones de cactáceas se consideran irreversibles, se cree que la mayoría de las poblaciones tienen una capacidad limitada para restablecerse, debido a las bajas tasas de crecimiento de los individuos y las poblaciones (Hernández and Godínez 1994). El bajo reclutamiento de las semillas también pone en peligro la persistencia de algunas poblaciones (Hernández y Godínez 1994, Álvarez y Montaña 1997, Ruedas et al. 2000).

La reproducción *ex situ* de cactáceas es una alternativa para reducir la extracción ilegal de las mismas, así como para reintroducir individuos en las poblaciones que se están desapareciendo (Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes 2000, Flores et al. 2005, 2006). Existe información sobre la germinación del género *Astrophytum* (De La Rosa-Ibarra y García, 1994; Arredondo-Gómez y Camacho-Morfín, 1995; Rioja-Paradela y Romero-Méndez, 2002; Sánchez-Salas et al. 2006), sin embargo, no existen estudios sobre el efecto que tiene la densidad de semillas para la germinación de semillas del género *Astrophytum*. Así, se evaluó el efecto de la densidad de semillas en la germinación de *Astrophytum capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum*.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se trabajó con tres especies del género *Astrophytum*: ***Astrophytum capricorne***. De *tallo* subgloboso de 25 cm de altura, tiene de 7 a 8 *costillas*, de 6 hasta 20 *espinas*, la *flor* es de 6 cm de longitud. *Semillas* de 2.5 mm de espesor, brillantes. Se distribuye en los Estados de San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León (Bravo y Sánchez, 1991). ***Astrophytum***

myriostigma. Es de *tallo* simple, tiene de 3 a 7 o hasta 8 *costillas*, las *aréolas* son próximas, distantes entre sí de 8 a 15 mm, no presenta espinas, la *flor* es campanuliforme, de 6 cm de longitud, de color amarillo. *Semillas* naviculares. Se distribuye en matorrales rosetófilos en San Luis Potosí, Coahuila, Durango, Nuevo León y Tamaulipas (Bravo y Sánchez, 1991). ***Astrophytum ornatum.*** Es de *tallo* esférico, de 35 cm de altura, con 8 *costillas*, rectas. Las *espinas* radiales son de 6 a 8 o 10, las *espinas* centrales generalmente es 1, raras veces 2, las *flores* crecen cercanas al ápice, de 9 cm de longitud, las *semillas* son de 3 mm de longitud. Se distribuye en Hidalgo y Querétaro (Bravo y Sánchez, 1991).

Las semillas se obtuvieron de poblaciones naturales del estado de Coahuila e Hidalgo, México; en octubre del 2008, donde la vegetación predominante es el matorral micrófilo y rosetófilo (Rzedowski, 1983). Los lotes de semillas se mantuvieron a temperatura ambiente en bolsas de papel para evitar humedad (Moreno *et al.* 1992) favoreciendo la maduración (Flores y Jurado, 2009). Las semillas no tuvieron algún pre-tratamiento que promoviera la germinación; ya que la finalidad del estudio es evaluar la germinación de las semillas agrupadas y no agrupadas. Las semillas fueron seleccionadas mediante estereoscopia únicamente las de apariencia saludable, descartando las que presentaron alguna malformación, desarrollo incompleto de la testa o algún tipo de daño causado por hongos e insectos, como en Flores y Jurado (2009).

El medio de cultivo que se utilizó es una preparación de Agar bacteriológico BD-Bioxon, ya que se ha reportado que la variación de algunos sustratos para evaluar germinabilidad produce efectos en el porcentaje del mismo. Algunos tipos de sustratos utilizados para la germinación de especies de cactáceas son: papel filtro (Linhart, 1976); suelo de la región donde se distribuyen las especies (Castillo y Navarro,

2006; Samperio, 2007; Navarro y Deméneghi, 2007); sustrato de algas marinas (Rodríguez y Gómez, 1994), entre otros. Maiti *et al* (2002) recomiendan que los sustratos provenientes de suelo (arena o grava) deben estar previamente esterilizados para la prevención de contaminantes (hongos).

Se evaluó una densidad de semillas (10 semillas por unidad) y dos tratamientos en *A. myriostigma*, *A. capricorne* y *A. ornatum*. Los cuales consistieron en: semillas agrupadas y semillas no agrupadas. Estas se colocaron en las unidades experimentales (*cajas de Petri* de 4 cm de diámetro) contemplando un total de 100 semillas por especie, de las cuales se utilizaron 50 por tratamiento con cinco repeticiones; estas fueron colocadas en la cámara germinadora con un fotoperiodo de 12 horas luz/12 horas oscuridad, simulando las condiciones de luz del exterior, a una temperatura constante de 30°C. Las condiciones seleccionadas fueron establecidas de acuerdo a los reportes realizados por García y De la Rosa (1992), Arredondo y Camacho (1995) donde determinaron que temperaturas menores a los 30°C reducen la germinación.

El diseño quedó de la siguiente forma:



Fig. 1. a) Muestra el diagrama de las semillas agrupadas y b) Semillas no agrupadas.

Se llevó el registro diario de la germinación de las semillas por especie, en un período de 30 días; obteniendo la germinación acumulativa en los tratamientos de semillas agrupadas y no agrupadas. Los registros diarios

de la germinación fueron transformados mediante el arcoseno de la raíz cuadrada (Sokal y Rohlf, 1995), posteriormente se realizó un análisis de varianza de una vía. Al finalizar el experimento se evaluó el porcentaje de germinación (número de semillas germinadas entre el número total de semillas).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F=15.87$, $P<0.0004$). El porcentaje de germinación en semillas agrupadas fue mayor a comparación de las semillas no agrupadas en las tres especies (Fig. 2). En las especies de la familia Cactaceae es frecuente la producción masiva de semillas, esta característica le confiere un alto porcentaje de germinación, pues se ha observado que los porcentajes pueden variar bajo diversas condiciones que facilitan el establecimiento (Navarro y Deméneghi, 2007). Por otro lado Sánchez et al 2006 encontraron valores altos de germinación para *Astrophytum myriostigma* (cerca del 75%) en semillas que se pusieron a germinar sin algún tipo de tratamiento pre-germinativo que promoviera la germinación; aunque también evaluó la germinación en semillas de diferente tamaño como semillas pequeñas y grandes, siendo las pequeñas las que obtuvieron un porcentaje de germinación de 77%; sin embargo no evaluó si éste era mayor en semillas agrupadas o no agrupadas. Para el presente estudio los niveles más altos de germinación fueron para las semillas agrupadas (44%) a diferencia de las semillas no agrupadas (22%). *Astrophytum ornatum* presentó valores por debajo del 10% de germinación en semillas agrupadas, y 2% en semillas no agrupadas. Es posible el CO_2 que emiten las primeras raíces de las plántulas que alcanzan a germinar, pudiera causar la inhibición de la germinación de otras semillas (Flores y Jurado, 2009). *Astrophytum capricorne* presentó valores más altos de germinación (72% en semillas agrupadas y 52% en semillas no agrupadas).

Flores et al (2006, 2008, 2009) mencionan que varias cactáceas del desierto Chihuahuense tienen latencia de semillas. Sin embargo detectan que *Isolatocereus dumortieri* y *Myrtillocactus geometrizans* no tienen latencia en sus semillas, como lo que ocurre con las semillas de *Astrophytum capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum*.

El tiempo de germinación de las semillas agrupadas de *Astrophytum capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum* en promedio fue de 5 días y para las semillas no agrupadas tardaron en germinar solo 2 días. Estos resultados concuerdan con los obtenidos con *Ferocactus robustus* que tardan hasta 7 días en germinar (Navarro y González, 2007). Estos resultados son semejantes a los obtenidos para *Stenocereus beneckeii* y *Astrophytum myriostigma* cuyas semillas dependiendo de su peso y edad germinan en un período de 5 a 7 días (Ayala et al. 2004; Sánchez et al.2006).

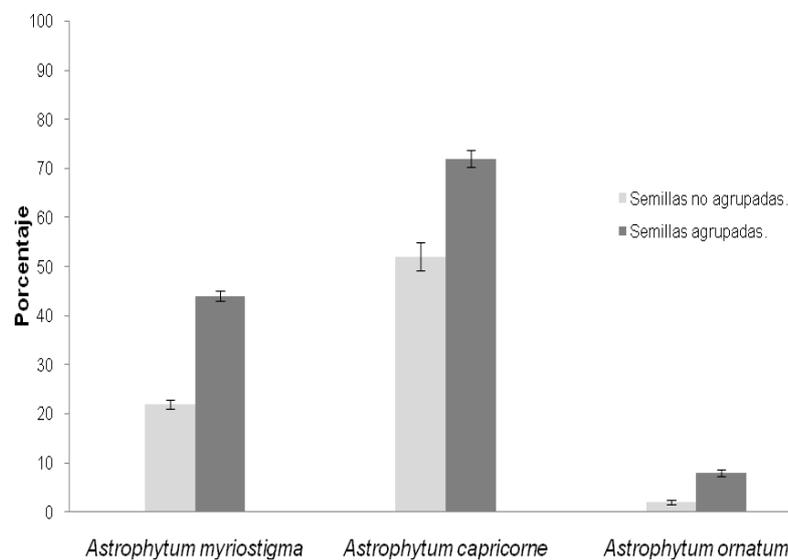


Fig. 2. Porcentaje de germinación de semillas agrupadas y no agrupadas.

CONCLUSIONES.

Astrophytum capricorne, *A. myriostigma* y *A. ornatum* son especies que presentan altos porcentajes de germinación si sus semillas son agrupadas. Sin embargo la velocidad de germinación fue más rápida en semillas no agrupadas.

7. DISCUSIÓN GENERAL

Las especies nodriza modifican el medio físico proporcionando menores temperaturas, mayor concentración de materia orgánica bajo sus copas y mayor humedad del suelo debido a la menor evapotranspiración (Cazares, 1993; Flores y Jurado, 2003). En el Cañón de Fernández, Durango, se encontraron mejores propiedades físicas y químicas en suelo obtenido debajo de los árboles de mezquite (*Prosopis laevigata*) que en suelo de espacios abiertos (espacios desprovistos de vegetación), con excepción del fósforo que presentó valores similares en los dos sustratos. Esto concuerda con los resultados que mencionan que las condiciones y los nutrientes en el suelo son de mejor calidad debajo de los arbustos considerados “plantas nodriza” en comparación con el suelo circundante (Franco y Nobel, 1989; Carrillo García et al. 2000a, b).

Las asociaciones entre las “plantas nodrizas” y “protegidas”, han sido estudiadas en muchas especies de cactáceas (Golubov et al. 2000; Larrea et al. 2005; Cazares, 1993; Turner et al. 1996; Valiente et al. 1991; Valiente y Ezcurra, 1991; Nobel, 1998; De Viana et al. 2000; Jurado et al. 2003); sin embargo existe poca evidencia sobre las causas de estas asociaciones. Algunos estudios mencionan que posiblemente la asociación entre especies sea más importante en las primeras etapas de desarrollo de las plántulas, por ser la etapa en la que necesitan mayor humedad (Valiente Banuet y Ezcurra, 1991), y que la temperatura es menor debajo de los arbustos que en los espacios abiertos, dando como consecuencia un lugar más seguro para el establecimiento y desarrollo de las plántulas (Flores Martínez et al. 1994).

Bajo la copa de *Prosopis laevigata* y *Mimosa luisana* en el Valle de Tehuacán según Mandujano et al. (2002) se encuentran más individuos de cactáceas que en espacios abiertos. En esta investigación se encontró que los individuos de *Peniocereus greggii* y *Coryphantha durangensis* crecen con mayor frecuencia bajo la copa de *Prosopis laevigata* (mezquite) y otros arbustos que se distribuyen en el área, pero solo con el mezquite se encontró una asociación positiva (Foto 2). Resultados similares encontró Suzán et al. (1994) en el desierto Sonorense con *Peniocereus striatus* creciendo bajo la copa de

Prosopis velutina. En el mismo desierto, *Pachycereus pringlei*, *Machaerocereus gummosus* y *Lemaireocereus thurberi* crecen con mayor frecuencia bajo arboles de *Prosopis articulata* según Carrillo García et al. (1999). El efecto que tienen las plantas nodrizas con respecto a las protegidas, es la creación de un sitio más adecuado para el desarrollo y crecimiento de las mismas (Valiente Banuet et al. 1991, De Viana et al. 2000; Cavieres et al. 2008; Castillo Landero y Valiente Banuet, 2010).

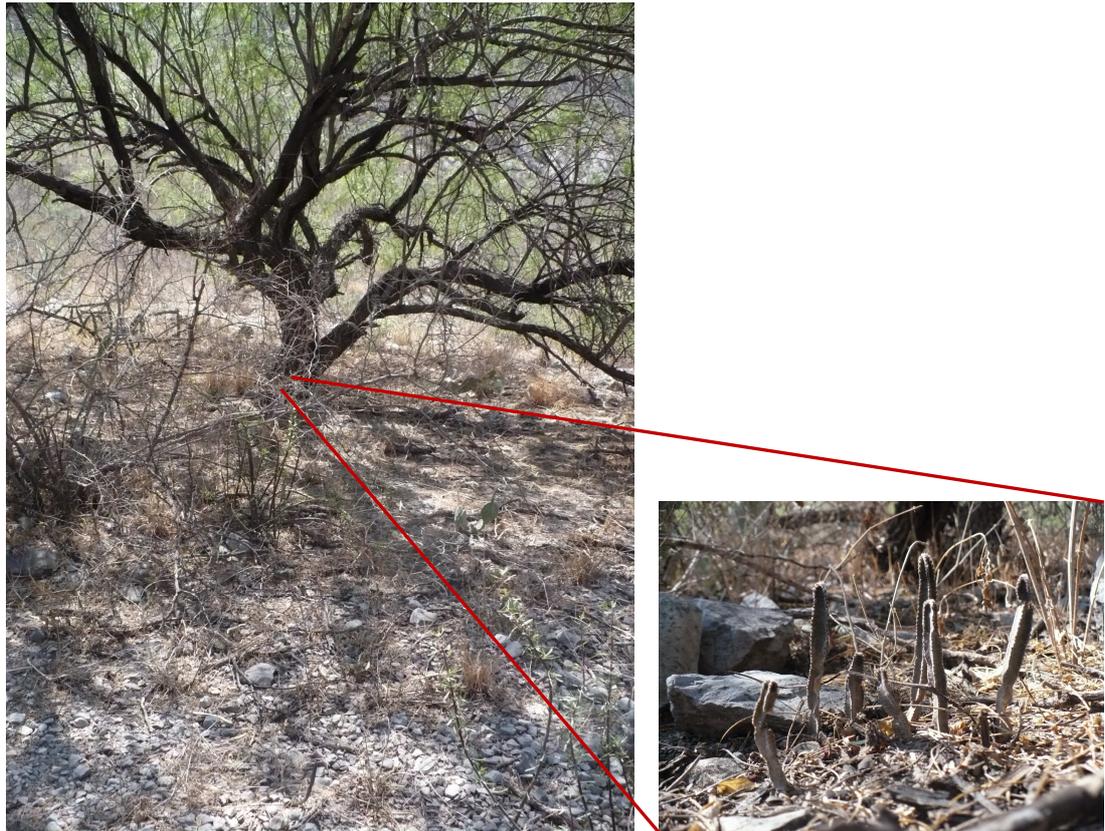


Foto 2. Ejemplares de *Peniocereus greggii* creciendo bajo la copa de *Prosopis laevigata*.

Las especies *P. greggii* y *C. durangensis* no presentaron una asociación por establecerse en alguna posición azimutal, como *E. longisetus* que se encontró con mayor frecuencia del lado Este de la planta nodriza. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por Franco Pizaña et al. (1995), quienes encontraron que la densidad de *Celtis pallida* y *Zanthoxylum fagara* fue similar en las cuatro orientaciones N, S, E y O, y no del lado Norte como habían establecido en su hipótesis. López y Valdivia (2007) realizaron un estudio en

la zona semi-árida de Los Andes, con *Corryocactus melanotrichus*, *Echinopsis bridgesii* y *Austrocylindropuntia shaferi*, encontrando que no se establecen en una determinada orientación azimutal con respecto al arbusto nodriza *Prosopis flexuosa*.

Se supone que el papel que juegan las plantas nodrizas en la estabilidad de los ecosistemas, es crear sitios seguros para el establecimiento de nuevas plantas y fomentar la diversidad biológica por las condiciones que se crean por un flujo de carbono óptimo y la disponibilidad de nitrógeno existente bajo los arbustos en ambientes áridos y semiáridos (Golubov et al. 2001)., Tal parece ser el caso de las principales plantas nodrizas encontradas en este estudio: *Prosopis laevigata*, *Cordia boissieri*, *Acacia farnesiana*, *Forestiera angustifolia*, *Guaiacum angustifolium*, *Cercidium macrum*, *Acacia greggii*, *Bumelia lanuginosa*, *Opuntia leptocaulis*, *Opuntia engelmani*, en el matorral espinoso tamaulipeco, cuya función es brindar las condiciones más favorables para las plantas protegidas: *Ariocarpus retusus*, *Astrophytum asterias*, *Echinocereus texensis*, *Esclerocactus scheeri* y *Mammillaria heyderii* (Valiente y Ezcurra, 1991; Flores et al. 1994).

El suelo bajo plantas nodriza podría tener mayor cantidad de nutrientes y, por lo tanto, dar mejores condiciones para la germinación de semillas. En este estudio, se encontró que para *Coryphantha durangensis* se obtuvieron porcentajes altos de germinación al compararse con otras cactáceas (Álvarez y Montaña, 1997; Katja et al. 2003; Dávila Figueroa et al. 2005 y Aíra de Mederos et al. 2006; Rojas et al. 1998; Vásquez Yañez, 2000; Vega Villasante et al. 1996), registrando un 96% de germinación en sustrato obtenido debajo de nodrizas (Foto 3). *Peniocereus greggii* presentó resultados similares de porcentajes de germinación (85%). Existen dos factores importantes para la germinación de las semillas en ambientes áridos y semiáridos; los cuales son la temperatura y la humedad del sustrato para poder favorecer los porcentajes de germinación (Gutterman, 1993, 1994; Rojas y Vásquez, 2000; Flores y Briones, 2001).



Foto 3. Germinación de semillas de *Coryphantha durangensis*.

Existen estudios de germinación que evalúan diferentes potenciales osmóticos en especies como: *Prosopis juliflora* (Scifres y Brock, 1969), *Fouquieria splendens* (Freeman, 1973), *Agave lecheguilla* y *A. parryi* (Freeman 1973 y 1975), dichos estudios mencionan que las semillas de estas especies germinan cuando el sustrato se encuentra a capacidad de campo, y disminuyen los porcentajes de germinación conforme se reduce la humedad del suelo. Sin embargo; existen especies como *Cercidium precox*, *Prosopis laevigata*, *Neobuxbaumia tetetzo*, *Pachycereus hollianus*, *Beaucarnea gracilis*, *Yucca periculosa*, las cuales se distribuyen en el desierto de Tehuacán, que germinan mejor en suelos con menor humedad que a capacidad de campo, lo cual se considera una adaptación a las condiciones de ambientes áridos y semiáridos (Flores y Briones, 2001).

En ambientes áridos y semiáridos, los suelos pueden modificar los flujos de fotones y la calidad de luz, de acuerdo al color y tamaño de los granos de arena y de la humedad del suelo (Gutterman, 1994); así, la luz puede promover la germinación de semillas de plantas desérticas (Gutterman, 1993; Rojas–Aréchiga et al. 1997; Flores et al. 2006; 2011). Es posible que la cantidad y calidad de luz sean señales que usan las semillas para determinar cambios en la profundidad del suelo o en la cobertura vegetal, como hacen las especies de otros ambientes (Vázquez-Yañes, 2000 y Orozco-Segovia, 1993).

Existen tres posibles respuestas de germinación por luz (según Baskin y Baskin, 1998): especies con requerimiento absoluto de luz (fotoblastismo positivo), especies con germinación similar en luz y en oscuridad (fotoblastismo neutro) y especies con requerimiento absoluto de oscuridad para germinar (fotoblastismo negativo). Flores et al. (2011) encontraron una relación negativa entre tamaño de las plantas y fotoblastismo positivo en especies de la familia Cactaceae; es decir, que las especies de mayor tamaño no requieren de luz para germinar. Los mismos autores también encontraron que las especies con semillas grandes son fotoblásticas neutras y que las de semillas pequeñas son fotoblásticas positivas.

En la familia Cactaceae es frecuente la producción masiva de semillas, esta característica le confiere un alto porcentaje de germinación (Navarro y Deméneghi, 2007). La germinación de semillas de *Astrophytum capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum* resultó en un mayor porcentaje en semillas agrupadas que las no agrupadas. Es probable que este resultado se relacione con la mayor probabilidad de supervivencia en por lo menos un individuo (Flores y Jurado, 2009). Sánchez et al. (2006) encontraron valores altos de germinación para *Astrophytum myriostigma* (cerca del 75%) en semillas que se pusieron a germinar sin algún tipo de tratamiento pre-germinativo; sin embargo no evaluaron si éste era mayor en semillas agrupadas o no agrupadas. Flores et al. (2006, 2008, 2009) mencionan que varias cactáceas del desierto Chihuahuense tienen latencia en sus semillas. En esta investigación, se encontró que dos de las especies de *Astrophytum* (*A. myriostigma* y *A. ornatum*) presentan latencia. Por otra parte, el tiempo de germinación en las semillas agrupadas de las tres especies fue en promedio 5 días y para las semillas no agrupadas de 2 días. Estos resultados concuerdan con los obtenidos con *Ferocactus robustus* que tardan hasta 7 días en germinar (Navarro y González, 2007). Estos resultados son semejantes a los obtenidos para *Stenocereus beneckeii* y *Astrophytum myriostigma* cuyas semillas germinan en un período de 5 a 7 días (Ayala et al. 2004; Sánchez et al. 2006).

Los resultados obtenidos en esta investigación, nos dicen que el suelo debajo de los arboles de mezquite del Cañón de Fernández (Durango) es de mejor calidad para la germinación de *Coryphanta durangensis* y *Peniocereus greggii*, existiendo una asociación entre las especies protegidas y las plantas nodrizas. Para Tamaulipas en el matorral espinoso tamaulipeco, la sombra generada por *Cordia boissieri*, *Acacia farnesiana*, *Forestiera angustifolia*, *Guaiacum angustifolium*, *Cercidium macrum*, *Acacia greggii*, *Bumelia lanuginosa*, *Opuntia leptocaulis* y *Opuntia engelmani* brindan las condiciones más favorables para que se encontraran ejemplares de *Ariocarpus retusus*, *Astrophytum asterias*, *Echinocereus texensis*, *Esclerocactus scheeri* y *Mammillaria heyderii* creciendo bajo estos arbustos. Por otro lado, en la familia Cactaceae es frecuente la producción masiva de semillas, dicha característica está relacionada con el alto porcentaje de germinación (Navarro y Deméneghi, 2007); para el capítulo 6, se evaluó la germinación de semillas de *Astrophytum capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum*, el cual presentó mayor porcentaje en semillas agrupadas que las no agrupadas, relacionando este resultado con la mayor probabilidad de supervivencia en por lo menos un individuo. .

8. CONCLUSIONES GENERALES.

Para Durango, *Peniocereus greggii* y *Coryphantha durangensis* requieren de la protección de los árboles de *Prosopis laevigata*, mientras que *Echinocereus longisetus* se establece en sitios con orientación Este sin asociación con alguna especie vegetal en particular. En Tamaulipas, *Astrophytum asterias*, *Esclerocactus scheeri*, *Ariocarpus retusus* y *Mamillaria heyderi* requieren de la presencia de *P. laevigata*, *Forestiera angustifolia*, *Bumelia lanuginosa*, *Opuntia tunicata*, *Karwinska humboldtiana* y *Acacia farnesiana* que les proporcione áreas con condiciones menos extremas que en los espacios abiertos; lo cual contribuye al establecimiento exitoso y a un crecimiento más favorable de las especies. Sin embargo, debido a que en el matorral espinoso tamaulipeco la precipitación es mayor en comparación con Durango, las condiciones ambientales son menos severas y, por lo tanto, se da el establecimiento de alguna especie como *Echinocactus texensis* en espacios abiertos, sin la necesidad de alguna planta nodriza.

En Durango, el suelo obtenido debajo de las copas de *Prosopis laevigata* es considerado de mayor calidad para la germinación de *Coryphantha durangensis* y *Peniocereus greggii*, que el obtenido de espacio abierto. Por otro lado las semillas de *Echinocereus longisetus* presentaron latencia.

La densidad de semillas agrupadas resultó en mayores porcentajes de germinación de *Astrophytum capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum*. Sin embargo la velocidad de germinación fue más rápida en semillas no agrupadas.

9. LITERATURA CITADA.

- Aíra de Mederos, L.; Salvador de Ribeiro, R.C.; Gallo, L.A.; Tiago De Oliveira, E.; Payáo, E.S. 2006. In vitro propagation of *Notocactus magnificus*. Plant Cell Tissue and Organ Culture 84: 165-169.
- Alanís, R.E., Jimenez, P.J., Aguirre, C.O., Treviño, G.E., Jurado, Y.E. y González, T.M. 2008. Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. Ciencia UANL, 11:56-62.
- Alcaraz Ariza, J.F. 2009. Geobotánica. Tema 2. Biografía. Universidad de Murcia. España. p. 5.
- Álvarez Aguirre Ma. G. y Montaña Carlos. 1997. Germinación y supervivencia de 5 especies de cactáceas del Valle de Tehuacán: implicaciones para su conservación. Acta Botánica Mexicana. Vol. 40:43-58.
- Andersson, E. F. 2001. The Cactus Family. Timbers Press. Oregon. p. 561-566.
- Arredondo-Gómez A. y Camacho-Morfín F. 1995. Germinación de *Astrophytum myriostigma* (Lemaire) en relación con la procedencia de las semillas y temperatura de incubación. Cact. Suc. Mex. 40: 34-38.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez, E. Loa y J. Larson. 2000. Regiones prioritarias terrestres de México. CONABIO. México.
- Ayala Cordero G., Terrazas L.T., López Mata y Trejo C. 2004. Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. Interciencia 29:692-697.
- Baskin, C. and Baskin J.M. (Eds.) 2001. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination, pp. 293-329. San Diego: Academic Press. 666 pp.
- Baskin, J.M. and Baskin, C.C., 1998. Seeds. Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. Academic Press Inc., San Diego, CA, 666 pp.

- Bertness M.D. and Callaway R.M. 1994. Positive interactions in communities. *Trends in Ecology and Evolution* 9: 191-193.
- Bloom C.T., Baskin C.C., Baskin J.M. 1990. Germination ecology of the facultative biennial *Arabis laevigata* variety *laevigata*. *Am. Midl. Nat.* 124: 214-230.
- Bravo Hollis H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Bravo Hollis H. and Sánchez Mejorada R. 1989. Clave para la Identificación de las Cactáceas de México. In: Guzmán U. and Arias S. (Compilers). *Publicación de Difusión Cultural No. 3*.
- Bravo Hollis, H y H. Sánchez Mejorada. 1991. *Las Cactáceas de México*. Vols. I, II y III. Universidad Nacional Autónoma de México p.369.
- Britton, N. L. and Rose, J. N. 1963. *The Cactaceae: Descriptions and Illustrations of plantas of the cactus family*. Vol. II. Second editions. p. 112-113.
- Brooker R.W. and Callaghan T.V. 1998. The balance between positive and negative interactions and its relationship to environmental gradient: a model. *Oikos* 81: 196–207.
- Brower J. E., Zar J. H., von Ende C. N. 1998. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. 4th. Edition. McGraw-Hill Companies, Inc., Boston, MA, 273 pp.
- Carrillo García A., Bashan Y. and Bethlenfalvay G.J. 2000a. Resource-island soils and the survival of the giant cactus, cardon, of Baja California Sur. *Plant and Soil* 218: 207-214.
- Carrillo García A., Bashan Y., Díaz-Rivera E. and Bethlenfalvay G.J. 2000b. Effects of resource island soils, competition competition, and inoculation with *Azospirillum* on survival and growth of *Pachycereus pringlei*, the giant cactus of the Sonoran Desert. *Restoration Ecology* 8: 65-73.

- Carrillo García A., León de la Luz J.L., Bashan Y. and Bethlenfalvay G.J. 1999. Nurse plants, mycorrhizae, and plant establishment in a disturbed area of the Sonoran Desert. *Restoration Ecology* 7: 321-335.
- Castillo Landero J.P. and Valiente Banuet A. 2010. Species-specificity of nurse plants for the establishment, survivorship, and growth of a columnar cactus. *American Journal of Botany*, in press.
- Castillo, A. y Navarro M.C. (en prensa). 2006. Estudio preliminar sobre la Germinación de *Mammillaria hamata* en Los Ángeles Tetela, Puebla.
- Cavieres L.A., Quiroz C.L. and Molina Montenegro M.A. 2008. Facilitation of the non-native *Taraxacum officinale* by native nurse cushion species in the high Andes of central Chile: are there differences between nurses? *Functional Ecology* 22: 148-156.
- Cazares M. J. 1993. Estrategias de plantas y procesos de vegetación. John-Wiley and Sons, Edit. Chichester, U.S.A. pp. 49: 111-113.
- Cheplick, G.P. 1992. Sibling competition in plants. *Journal of Ecology* 80:567-575.
- Cheplick, G.P. 1993. Sibling competition is a consequence of restricted dispersal in an annual *cleistogamous* grass. *Ecology* 74:2161-2164.
- CITES. 1990. Appendices to the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. U. S. Fish and Wildlife Service, U.S. Department of the Interior. Washington, DC. 25 pp.
- Cody, M.L. 1993. Do Cholla Cacti (*Opuntia* spp., Subgenus *Cylindropuntia*) use or need nurse plants in the Mojave Desert? *Journal of Arid Environments* 24: 139-154.
- Cohen D. 1967. Optimizing reproduction in a randomly varying environment when a correlation may exist between conditions at the time a choice has to be made and the subsequent outcome. *J. Theor. Biol.* 16: 1-14.
- Cornet A. 1985. Las cactáceas de la Reserva de la Biosfera de Mapimí. Instituto de Ecología. México, D. F. p. 22.

- Dávila Figueroa, C.A., De La Rosa-Carrillo M.L., Pérez Molphe, B. 2005. In vitro propagation of eight species or subspecies of *Turbinicarpus* (Cactaceae). In *Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant* 41: 540-545.
- De La Rosa-Ibarra M., García H. 1994. Estimulación de la germinación de cinco especies de cactáceas consideradas en peligro de extinción. *Phyton-Int. J. Exp. Bot.* 56:147-150.
- De Stasio B.T. 1989. The seed bank of a freshwater crustacean: copepodology for the plant ecologist. *Ecology* 70: 1377-1389.
- De Viana M., Sühring S. & Manly B. 2000. Application of randomization methods to study the association of *Trichocereus pasacana* (Cactaceae) With Potential Nurse Plants. *Plant Ecology*. 156(2): 1-5.
- Del Castillo R. 1986. Semillas, germinación y establecimiento de *Ferocactus histrix*. *Cactaceas y Suculentas Mexicanas*, 31: 5-11.
- Diamond, D.D., D. Riskind y S.L. Orzell. 1987. A framework for plant community classification in Texas. *Texas Journal of Science* 39: 203-221.
- Dubrovsky, J. G. 1996. Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implication. *American Journal of Botany*, 83:624-632.
- Dudley, B. 1967. Las Cactáceas del Estado de Durango. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. Organo de la Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. Tomo XII. Enero-Marzo. No.1 pp. 17-20.
- Dyer, A. R. 2004. Maternal and sibling factors induce dormancy in dimorphic seed pairs of *Aegilops triuncialis*. *Plant Ecology* 172:211-218.
- Egley, G.H. 1993. Water impermeable seed coverings as barriers to germination. In Taylorson, R.B. (Ed.) *Recent advances in the development and germination of seeds*. Plenum press, New York, NY, 295 pp.

- Eguiarte F. L.E. 1997. Análisis de la distribución y estructura de las poblaciones de *Echinocactus platyacanthus* Link et Otto, en el Valle de Zapotitlán, Puebla. Informe final, CONABIO. Instituto de Ecología, UNAM. Apdo. postal 70-275. México, D.F. pp 63-70.
- Ellner S. & Schmid A. 1981. Why are adaptations for long-range seed dispersal rare in desert plants? *Oecologia* 51: 133-144.
- Ellner S. 1985. Germination strategies in randomly varying environments. Logistic type models. *Theor Popul. Biol.* 28: 50-79.
- Escalante, P., A.G. Navarro and A.T. Peterson. 1993. A geographic, ecological, and historical analysis of land bird diversity in México. En Remamorthy, T. P., R. Bye, A. Lot and J. Fa (Eds.) *The biological diversity of México: Origins and distribution*. Oxford University Press. New York, USA. pp. 281-307.
- Estrada, E. y J. Marroquín. 1988. *Las leguminosas de Linares, N.L.* Publicación especial de la Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L., México.
- Estrada, E., Yen, C., Delgado, A. y Villarreal, J. A., 2004. *Leguminosas del centro del estado de Nuevo León, México*. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie: Botánica. 75:73-85.
- Falk, D. 1990. Integrated Strategies for Conserving Plant Generic Diversity, *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 77 (1): 38-47.
- Fell P.E. 1992. Salinity tolerances of the gemmules of *Eunapius fragilis* (Leidy) and the inhibition of germination by various salts. *Hidrobiología*. 242: 33-39.
- Flores J, Jurado E, Chapa-Vargas L, Ceroni-Stuva A, Dávila-Aranda P, Galíndez G, Gurvich D, León-Lobos P, Ordóñez C, Ortega-Baes P, Ramírez-Bullón N, Sandoval A, Seal CE, Ulian T, Pritchard HW. 2010. Seeds photoblastism and its relationship with some plant traits in 136 cacti species. *Environmental and Experimental Botany*. 71:79-88.

- Flores J. and Jurado E. 2003. Are nurse-protégé interactions more common among plants from arid environments? *Journal of Vegetation Science* 14: 911-916.
- Flores J., Arredondo A., and Jurado E. 2005. Comparative seed germination in species of *Turbinicarpus*: An endangered cacti genus. *Nat. Areas J.* 25:183-187.
- Flores J., Briones O. 2001. Plant life-form and germination in a Mexican inter-tropical desert: effects of soil water potential and temperature, *Journal of arid environments*, 47:485-497.
- Flores J., Briones O., Flores A. and Sánchez-Colón S. 2004. Effect of predation and solar exposure on the emergence and survival of desert seedlings of contrasting life-forms. *Journal of Arid Environments* 58: 1-18.
- Flores J., Jurado E. y Arredondo A. 2006. Effect of light on germination of seeds of Cactaceae from the Chihuahuan Desert, México. *Seed Science Research* 16: 149–155.
- Flores J., Jurado E. y Arredondo A. 2006. Effect of light on germination of seeds of Cactaceae from the Chihuahuan Desert, México. *Seed Science Research* 16: 149–155.
- Flores J., Jurado E., y Jimenez Bremont J.F. 2008. Breaking seed dormancy in specially protected *Turbinicarpus lophophoroides* and *Turbinicarpus pseudopectinatus* (Cactaceae). *Plant Species Biology* 23, 43–46.
- Flores Martínez A., Ezcurra E. and Sánchez Colón S. 1994. Effect of *Neobuxbaumia tetetzo* on growth and fecundity of its nurse plant *Mimosa luisana*. *Journal of Ecology* 82: 325-330.
- Flores, J. y Jurado, E. 2009. Efecto de la densidad de semillas en la germinación de *Isolatocereus dumortieri* y *Myrtillocactus geometrizans*, cactáceas columnares endémicas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 141- 144.
- Franco A.C. and Nobel P.S. 1989. Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. *Journal of Ecology* 77: 870-886.

- Franco Pizaña J., Fulbright T.E. and Gardiner D.T. 1995. Spatial relations between shrubs and *Prosopis glandulosa* canopies. *Journal of Vegetation Science* 6: 73-78.
- Franco, L. J. 1985. Manual de ecología. Tema 5. Distribución y estimación del tamaño de la población a partir de la densidad. 2º edición. Editorial Trillas. México, D. F. p. 29-37.
- Freas K.E. y Kemp P.R. 1983. Some relationships between environmental reliability and seed dormancy in desert annual plants. *Journal Ecology*. 71: 211-217.
- Freeman C.E. 1973. Germination responses of a Texas population of ocotillo (*Fouquieria splendens* Engelm.) to constant temperature, water stress, pH and salinity. *American Midland Naturalist*, 89:252-256.
- Freeman C.E. 1975. Germination responses of a New Mexico population of Parry agave (*Agave parryi* Engelm. var. Parri). *The Southwestern Naturalist*, 20:69-74.
- García Arévalo, A. 2002. Vascular plants of the Mapimi Biosphere Reserve, México: A Checklist. *SIDA* 20(2): 797-807.
- García C.H. y De la Rosa Y.M. 1992. Efecto del ácido giberélico en la germinación de cuatro especies de cactáceas consideradas en peligro de extinción. Resumen del XII Coloquio de Investigación de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. Resumen 160.
- García Moya, E and C.M. Mickell. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen ecology of a desert-wash plant community. *Ecology* 51: 81-88.
- García y Cols. 1997. Germinación de cuatro especies de Cactáceas. Resúmenes. I Congreso Nacional sobre Cactáceas. México.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de climatización de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana, 4ª ed., OFFSET Larios, México.
- Gibson A. and Rundel P. 2001. *Browningia candelaris* in the Andean Pre-puna of northern Chile. *Cactus & Succulent Journal (U.S.)*. 73 (1): 27-33.

- Godínez-Álvarez, H., Valiente-Banuet, A. 1998. Germination and early seedling growth of Tehuacán Valley cacti species: the role of soils and seed ingestion by dispersers on seedling growth. *Journal of Arid Environments* 39: 21–31.
- Golubov J, Mandujano M. y C., Montaña C. 2000. Cactáceas asociadas a pastizales de *Hilaria mutica* (Bucal) Benth., en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, México. *Cactáceas y suculentas Mexicanas* 45: 84-86.
- Golubov J., Eguiarte L.R. and Mandujano M.C. 2001. The paradox of Mesquites (*Prosopis* spp): Invading species or biodiversity enhancers? *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 69: 23-30.
- Gómez Hinostrosa, C. and H. M. Hernández. 2005. A new combination in *Peniocereus* (Cactaceae). *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica.* 76(2): 129-135.
- González Elizondo S. M., González Elizondo M. Y Márquez Linares M. A. 2007. *Vegetación y Ecorregiones de Durango.* IPN-CIDIR. pp 121.
- González R.H. y Cantú S.I. 2001. Adaptación a la sequía de plantas arbustivas del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL, Vol. IV, Número 004.* pp. 454-461
- González, M.F. 1972. La vegetación del noreste de Tamaulipas. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM, serie Botánica* 43:11-50.
- Griffith A.B. 2010. Positive effects of native shrubs on *Bromus tectorum* demography. *Ecology* 91: 141-154.
- Grundy, A.C. , A. Mead y S. Burston. 2003. Modeling the emergence response of weed seeds to burial depth: interactions with seed density, weight and shape. *Journal of Applied Ecology* 40: 757-770.
- Gutterman Y. 1993. *Seed germination in desert plants. Adaptations of desert organisms.* Springer-Verlag, Berlin.
- Gutterman Y. 1994. Strategies of seed dispersal and germination in plants inhabiting deserts. *Botanical Review,* 60:373-425.

- Guzmán U., Arias S. y Dávila P. 2003. Catálogo de Cactáceas Mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Primera Edición. 315 pp.
- Harris R.B., M.L. Shaffer y L.B. Maguire, 1987. Sample sizes for minimum viable population estimation. *Conservation Biology*. 1:72-79 p.
- Henrickson J. and M. C. Johnston. 1997. A flora of the Chihuahuan Desert Region. Edition 1. 2. Vol. 1. manuscript. p. 229-230.
- Hernández H.M. and Bárcenas R.T. 1995. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: I. Distribution patterns. *Cons. Biol.* 9: 1176-1188.
- Hernández H.M. and Gómez Hinojosa C. 2002. An integrated approach to the conservation of cacti in México. In: Hankamer C., Maunder M., Clubbe C. and Grovers M (eds). *Plant Conservation in the Tropics, Perspective and Practice*. Royal Botanic Garden, Kew, 348-367.
- Hernández H.M. y Godínez H. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Bot. Mex.* 26: 33-52.
- Hernández, H. M. and C. Gómez Hinojosa. 2005. Cactus diversity and endemism in the Chihuahuan Desert Region. In: J. L. Carlton, R. Felger and G. Ceballos (eds.) *Biodiversity and conservation in Northern Mexico*. Oxford University Press, Nueva York, pp. 264-275.
- Hernández, M. H., Gómez, H. C. and Goettsch, B. 2004. Checklist of Chihuahuan desert Cactaceae. *Harvard Papers in Botany*, Vol. 9, No. 1. Moerman, D. E. 1998. *Native American ethnobotany*. Timber Press,
- Heydecker, W. 1973. *Seed Ecology*. Pennsylvania State Press. University Park, Pennsylvania.
- INEGI, 2002. Uso actual del suelo en los núcleos agrarios. Aspectos geográficos de Nuevo León. <http://nl.inegi.gob.mx/territorio/español/cartcat/uso.html>

- Jolly J, Lockert X. 1996. Sowing: germination and substrates. *Cactus Aventures International*, 31:22-25.
- Jurado, E. y N. Reid. 1989. Influencia de factores edáficos, topográficos y perturbación sobre el matorral tamaulipeco en Linares, Nuevo León. Reporte Científico Núm. 10. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Monterrey, Nuevo León, México.
- Katia, G., Goldammer, M., Mata-Rosas M., Chávez Ávila V.M. 2003. Organogenesis and somatic embryogenesis in *Ariocarpus kotschoubeyanus* (Lem.) K. Schum. (Cactaceae), an endemic and endangered Mexican species. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant* 39: 388-393.
- Kozlowski, T.T. 1972. Seed biology, Vols. 1–3. Academic Press, New York.
- Krebs C.J. 1987. *Ecological Methodology*, 1st edition. Harper Collins Publishers. New York, NY.
- Larrea A. D, López P., Barrientos D., 2005. The nurse-plant effect of *Prosopis flexuosa* D.C. (Leg-Mim) in adry valley of the Bolivian Andes. *ECOTROPICOS* 18(2):89-95.
- Le Roux P.C. and McGeoch M.A. 2010. Interaction intensity and importance along two stress gradients: adding shape to the stress-gradient hypothesis. *Oecologia* 162: 733-745.
- León J.L. y R. Domínguez. 1991. Evaluación de la reproducción por semilla de la pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) en Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana*, 14:75-87.
- Leopold A. Staker. 1989. *El Desierto*. Séptima edición, Colección de la Naturaleza de Time Life. Ediciones Culturales Internacionales. México.
- Levins R. 1969. Dormancy as an adaptative strategy. *Symp Soc. Exp. Biol.* 23: 1-10.
- Linhart Y.B. 1976. Density dependent seed germination strategies in colonizing versus non-colonizing plant species. *J. Ecol.* 64: 375-380.

- López R.P. and Valdivia S. 2007. The importance of shrub cover for four cactus species differing in growth form in an Andean semi-desert. *Journal of Vegetation Science*, 18: 263-270.
- Maestre F. T. Valladares F. and Reynolds J. F. 2005. Is the change of plant-plant interactions with abiotic stress predictable? A meta-analysis of field results in arid environments. *Journal of Ecology*, 93: 748-757.
- Maiti, R.K., Barillas Gómez Ana Laura, Martín Cadena Salgado, Elisa Fuentes Montemayor, Ivette Macouzet García, Adolfo Madrid Cuevas, Abigail Nieves Delgado, Jeronimo García Guzmán and Singh V.P. 2002. Germination and propagation of seven species of Cactaceae. *Crop Res.* 23: 536-539.
- Mandujano M. C., Flores Martínez A., Golubov J. and Ezcurra E. 2002. Spatial distribution of three globose cacti in relation to different nurse-plant canopies and bare areas. *Southwestern Naturalist* 47: 162-168.
- Mandujano M. C., Montaña C., Méndez I. and Golubov J. 1998. The relative contribution of sexual reproduction and clonal propagation in *Opuntia rastrera* from to habitat in the Chihuahuan Desert. *Journal of Ecology* 86: 911-921.
- Mandujano, MC., Montaña, C., and Eguiarte L. 1996. Reproductive ecology and inbreeding depression in *Opuntia rastrera* (Cactaceae) in the Chihuahuan Desert: why are sexually derived recruitments so rare? *American Journal of boany*, 83:63-70.
- Márquez C., Vargas H., Snell H., Mauchamp A., Gibas J. y Tapia W. 2003. ¿Por qué tan pocas *Opuntias* en la Isla Española-Galápagos? *Ecología Aplicada*. 2(1): 21- 29.
- Martínez, A. G., H.Suzán, and C. A. Salazar. 1993. Aspectos ecológicos y demográficos de *Ariocarpus trigonus* (Weber) Shumann. *Cact. Succ. Mex.* 38(2):30-38.
- McAuliffe J. 1984. Prey refugia on the distributions of two sonoran desert cacti. *Oecologia* 65: 82-85.
- McAuliffe J. and Hendriks P. 1988. Determinants of the vertical distributions of woodpecker nest cavities in the Sahuaro cactus. *The Condor*. 90: 791-801.

- McDonough WT. 1964. Germination responses of *Carnegiea gigantea* and *Lemaireocereus thurberi*. *Ecology*, 45:155-159.
- McMurtry, C.R., Barnes, P.W., Nelson, J.A. and Archer, S.R. 1996. Physiological responses of woody vegetation to irrigation in a Texas subtropical savanna. La Copita Research Area: 1996 Consolidated Progress Report. Texas Agricultural Experiment Station, Corpus Christi, Texas A&M University System, College Station, Texas, USA. pp 33-37.
- Medellín Leal F. 1982. The Chihuahuan Desert. In: Bender, G. L. (ed). Reference Handbook on the Deserts of North America. Greenwood Press, Westport, Connecticut, U.S.A.. 320-325 pp.
- Moreno N, López J.J, Arce L. 1992. Aspectos sobre la germinación de *Echinomastus mariposensis* Hester. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 37: 21-27.
- Morpeth D.R. y Hall, A.M. 2000. Microbial enhancement of seed germination in *Rosa corymbifera* (Laxa). *Seed Science Research*. 10, 489-494.
- Mukai H. 1974. Germination of the statoblasts of a freshwater bryozoan. *Pectinatella gelatinosa*. *Journal Exp. Zool.* 187: 27-40.
- Muro Pérez G, Jurado E, Flores J, Sánchez Salas J, García Pérez J. In press. Positive effects of native shrubs on three specially protected cacti species in Durango, México. *Plant Species Biology*.
- Muro Pérez G. 2006. Efecto de la altitud y las propiedades del suelo sobre la densidad poblacional de *Astrophytum myriostigma*. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coah. México. p. 30-47.
- Muro Pérez. G., Romero Méndez. U., Flores J. y Sánchez Salas, J. 2009. Algunos aspectos sobre el nodrizaje en *Astrophytum myriostigma* Lem. (1839) (Cactae: Cactaceae), en la Sierra El Sarnoso, Durango, México. *Bol. Nakari* 20(3): 43-49.

- Navarro Ma. Del Carmen y Deméneghi Ana Paulina. 2007. Germinación de semillas y efecto de las hormonas en el crecimiento de *Mammillaria pectinifera*. Zonas Áridas Volumen 11. Tomo 1. pp. 233-239.
- Navarro Ma. Del Carmen y González Machorro E.M. 2007. Efecto de la escarificación de semillas en la germinación y crecimiento de *Ferocactus robustus* (Pfeiff.) Britton and Rose (Cactaceae). Zonas Áridas. Volumen 11. Tomo 1. pp. 195-199.
- Nevarez, I. S. M. 2000. Plantas útiles del ejido vida campesina. Tesis de seminario de investigación. Escuela de Biología. UAS.
- Niering, W.A., Whittaker, R.H. & Lowe, C.H. 1963. The saguaro: a population in relation to environment. Science 142: 15-23.
- Nobel P. 1998. Los Incomparables Agaves y Cactus. Ed. Trillas. México.
- Noir Abraham de., F. Bravo, S. y Abdala, R. 2002. Mecanismos de dispersión de algunas especies de leñosas nativas del Chaco Occidental y Serrano. Quebracho 9: 140-150.
- Northup, B.K., Zitzer, S.F. Archer, S.R. and Boutton, T.W. 1996. A technique to allocate biomass of woody plants. La Copita Research Area: 1996 Consolidated Progress Report. Texas Agricultural Experiment Station, Corpus Christi, Texas A&M University System, College Station, Texas, USA. pp 47-50.
- Olvera-Carrillo Y., Márquez-Guzmán J., Sánchez-Coronado M.E., Barradas V.L., Rincón E., Orozco-Segovia A. 2009. Effect of burial on the germination of *Opuntia tomentosa* (Cactaceae, Opuntioideae) seeds. Journal of Arid Environments, 73, 421-427.
- Portland, O. R. Perroni, V. Y. 2007. Islas de fertilidad en un ecosistema semiárido: Nutrimientos en el suelo y su relación con la diversidad vegetal. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología, A. C. pp. 100.
- Reid, N., Marroquín, J. and Beyer Münzel, P. 1990. Utilization of shrubs and trees for browse, fuelwood and timber in the Tamaulipan thornscrub, northeastern Mexico. Forest Ecology and Management. pp 36:61-79.

- Rioja-Paradela T.M. y Romero-Méndez U. 2002. Efecto del remojo sobre el potencial reproductivo sexual de *Astrophytum myriostigma* Lem. (Cactáceae) en condiciones controladas. *Nakari*. 13:21-34.
- Rivera L. and Rodríguez R. 1998. Breeding biology of the crested caracara in the cape region of Baja California, México. *Journal of Field Ornithology*. 69(2): 160-168.
- Rodríguez H.B. y Gómez L.F. 1994. Evaluación de 5 tratamientos pregerminativos en 3 especies de cactáceas ornamentales. Memorias del encuentro Nacional sobre Tecnologías Alternas para el aprovechamiento de los Recursos Bióticos de Zonas Áridas. Universidad Autónoma de Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. México. pp 26.
- Rojas Aréchiga M, Vázquez Yanes C. 2000. Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments*, 44:85-104.
- Rojas Aréchiga, M.; Vázquez Yañez, C.; Orozco Segovia, A. 1998. Seed response to temperatures of Mexican cactus species from two life forms ecophysiological interpretation. *Plant Ecology*. 135. 207-214.
- Romera Pérez, Ma. del P. 2007. Importancia de la materia orgánica en la agricultura ecológica. Capítulo III. Curso a distancia, especialista en olivicultura. Disponible en el URL: http://www.infoagro.com/agricultura_ecologia13.asp
- Romero M.U. 2006. Modelo probabilístico de la distribución geográfico-espacial de la cactácea *Astrophytum myriostigma* LEM. (1839) en la Sierra El Sarnoso, Durango, México. Tesis de maestría en ciencias en agricultura orgánica sustentable. UJED-FAZ. Venecia, Dgo, México.
- Rossini-Oliva, S., B. Valdés, M. C. Andrés, F. Márquez Campón & M. Bueso López. 2006. Germinación de las semillas en algunas especies Americanas de Fabaceae y Bignoniaceae cultivadas en Sevilla, España. *Lagasalia* 26: 119-129

- Ruedas M., Valverde T. y Castillo S. 2000. Respuesta germinativa y crecimiento de plántulas de *Mammillaria magnimamma* (Cactaceae) bajo diferentes condiciones ambientales. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 66:25-35.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D.F. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Limusa, México, 478 pp.
- Samperio Ruíz O.D. 2007. Evaluación de la efectividad de 11 tratamientos para la germinación de la cactácea amenazada *Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britton and Rose (Cactaceae) de acuerdo al tamaño de semilla y tipo de sustrato. Tesis de Licenciatura, Universidad Juárez del Estado de Durango. Escuela Superior de Biología. pp. 105.
- Sánchez Mejorada, H. 1987. Observación sobre el estado de conservación de doce especies de cactáceas amenazadas del noreste de México. Cact. Succ. Mex. 32:61-71
- Sánchez S. J, Muro. P. G. y Romero M. U. 2004. "SIERRA EL SARNOSO: Cactáceas". Universidad Juárez del Estado de Durango-Escuela Superior de Biología. p. 25.
- Sánchez S. J. y Muro, P. G. 2008. Especies, Revista sobre conservación y biodiversidad. Artículo divulgativo: El secreto nocturno de una reina. p. 24-26.
- Sánchez Salas J., Flores J., Muro Pérez G. y Martínez Adriano C. 2009. El reinado desconocido de *Peniocereus greggii*. Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas 6: 21-24.
- Sánchez Salas J., Flores Rivas J.D. y Martínez García E. 2006. Efecto del tamaño de semilla en la germinación de *Astrophytum myriostigma* Lemaire. (Cactaceae), especie amenazada de extinción. Interciencia, Vol. 31, No. 5 pp 371-375.
- Schade J.D., Sponseller R., Collins S.L. and Stiles A. 2003. The influence of Prosopis canopies on understory vegetation: Effects of landscape position. Journal of Vegetation Science 14: 743-750.

- Scifres C.J., Brock J.H. 1969. Moisture-temperature interrelations in germination and early seedling development of honey mesquite. *Journal of Range Management*, 22:334-337.
- Seiwa K., Watanabe A., Saitoh T., Kanno H. and Akasaka S. 2002. Effects of burying depth and seed size on seedling establishment of Japanese chestnuts, *Castanea crenata*. *Forest Ecology and Management* 164: 149-156.
- Semarnat. 1998. Norma Oficial Mexicana de procedimientos de análisis de suelos y certificación de laboratorios, 1998. Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Suelos, pp. 67-194.
- Semarnat. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2011, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., Diario Oficial de la Federación.
- Shantz, H.L. 1956. History and problems of arid lands development. The future of arid lands. greenwood press.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1995. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. Third edition. W.H. Freeman and Company, New York, USA. 887 pp.
- SPP-INEGI. 1986. Síntesis geográfica del estado de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Geografía e Informática, México, D.F.
- Suzán H., Nabhan G.P. and Patten D.T. 1994. Nurse plant and floral biology of a rare night-blooming Cereus, *Peniocereus striatus* (Brandege) F. Buxbaum. *Conservation Ecology* 8: 461-470.
- Suzán, H., G. Malda, J. Jiménez, L. Hernández, M. Martínez, y G. Nabhan. 1989. Evaluación de plantas amenazadas y en peligro de extinción en Tamaulipas. *BIOTAM* 1(1):20-27.

- Tewksbury J.J. and Lloyd J.D. 2001. Positive interactions under nurse-plants: spatial scale, stress gradients and benefactor size. *Oecologia* 127: 425-434.
- Traveset, A. 1998. Effect of seed pasage through vertebrate frugivores guts on germination: a review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1/2: 151-190.-
- Trejo-Hernández L, Garza-Castillo MR. 1993. Efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de semillas de *Mammillaria heyderi* Muchl. en cuatro sustratos. *Biotam*, 5:19-24.
- Turner R., Alcorn S., Olin G. and Booth J. 1966. The influence of shade, soil, and water on Saguaro seedling establishment. *Botanical Gazette* 127(2-3): 95-102.
- Valencia Casto M.C. 2002. Informe final técnico. "Factores que inciden en el deterioro ecológico y social de la parte baja del río Nazas": uso de un sistema de información geográfica" sección: Listado de la flora cactológica del río Nazas (Cañón del Borrego-Cañón de Fernández) WWF. p. 62- 67.
- Valencia Castro M.C. 2003. Plan de manejo del Parque Estatal "Cañón de Fernández", en el municipio de Lerdo, estado de Durango. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia y Escuela Superior de Biología. p. 75.
- Valencia Castro M.C. 2005. Conservación de ecosistemas naturales en la comarca lagunera. *Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas* 4(2): 1-8.
- Valiente Banuet A. and Ezcurra E. 1991. Shade as a cause of association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisiana* in the Tehuacan Valley. Mexico. *Journal of Ecology*. 79: 961-971.
- Valiente Banuet, A. y H. Godínez Álvarez, 2002. Population and community ecology. pp. 91-108 en P.S. Nobel, editor, *cacti biology and uses*. University of California Press, L.A. EUA.

- Valiente Banuet, A., Vite F. and Zavala A. 1991. Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisiana*. *Journal of Vegetation Science*. 2: 11-14.
- Vásquez-Yañez, C. 2000. Cactus seed germination, a review. *Journal of Arid Environments*. 44: 85-104.
- Vázquez Yanez, C. 1989. Longevidad de semillas: realidad y ficción. *Macpalxochitl* No. 123. México.
- Vázquez Yañez C, Orozco Segovia A. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rain forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26:69-87.
- Vázquez Yañez, C. 2000. Cactus seed germination, a review. *Journal of Arid Environments*. 44: 85-104.
- Vega Villasante, F., Nolasco H, Montañó C, Romero Schmidt H, Vega Villasante E. 1996. Efecto de la temperatura, acidez, iluminación, salinidad, irradiación solar y humedad sobre la germinación de la semilla *Pachycereus pecten-aboriginum* "cardón barbón" (Cactaceae). *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 41:51-61.
- VEGA, C. I. 2004. VII Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAM). Mesa redonda: La fauna como elemento concienciación social. *Cumbre del desarrollo sostenible*. p. 7.
- Venable D.L. y Lawlor L. 1980. Delayed germination and dispersal in desert annuals: escape in space and time. *Oecologia*. 46: 272-282.
- Wardle D.A., Yeates, G.W., Barker G.M., Bellingham P.J., Bonner K.I., Williamson W.M. 2003. Island Biology and Ecosystem Functioning in Epiphytic Soil Communities. *Science*. Vol. 301. No. 5640. pp. 1717-1720.
- Yeaton R.I. 1978. A cyclical relationship between *Larrea tridentata* and *Opuntia leptocaulis* in the northern Chihuahuan Desert. *Journal of Ecology* 66: 651-656.