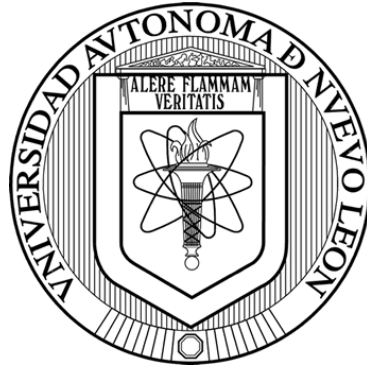


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



NODRICISMO Y EFECTO DE LUZ EN LA GERMINACIÓN PARA  
SEIS ESPECIES DE CACTÁCEAS EN EL NORESTE DE MÉXICO.

POR:

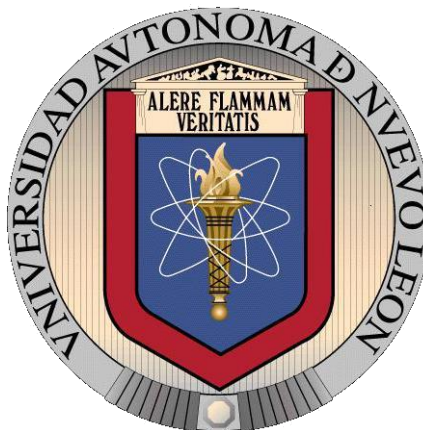
ING. CARLOS IGNACIO TAMEZ GARCÍA

Como requisito parcial para obtener el grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES.

Diciembre, 2020

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**NODRICISMO Y EFECTO DE LUZ EN LA GERMINACIÓN PARA SEIS  
ESPECIES DE CACTÁCEAS EN EL NORESTE DE MÉXICO.**

**POR:**

**ING. CARLOS IGNACIO TAMEZ GARCÍA**

Como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES**

Diciembre, 2020

**NODRICISMO Y EFECTO DE LUZ EN LA GERMINACIÓN PARA SEIS  
ESPECIES DE CACTÁCEAS EN EL NORESTE DE MÉXICO.**

Aprobación de Tesis



---

Dr. Enrique Jurado Ybarra  
Director



---

Dr. Luis Gerardo Cuéllar Rodríguez  
Codirector



---

Dr. Andrés Eduardo Estrada Castellón  
Asesor

Diciembre, 2020

## **AGRADECIMIENTOS**

A los proyectos CONACYT (CB2015, Proyecto 0255453 Germinación, facilitación y competencia entre plántulas del noreste de México bajo cambio climático inducido y su relación con la filogenia) y PAICYT-UANL (CT1257-20 Interacciones vegetales en el noreste de México: competencia y facilitación), por el apoyo para cumplir esta investigación.

Al Dr. Enrique Jurado Ybarra un especial agradecimiento por ser el director principal de mi tesis, por ser el mejor mentor, por su apoyo incondicional y por todos sus valiosos comentarios.

A la Dr. Luis Gerardo Cuellar por su apoyo y formar parte del comité de tesis y por sus acertados comentarios.

Al Dr. Eduardo Estrada Castellón por su apoyo y por formar parte del comité de tesis y por sus acertados comentarios.

A la Dra. Marisela Pando Moreno por su apoyo y permitirme utilizar el laboratorio para la germinación que fue una parte de mi investigación.

A Karen Elisama Rivera Luna por su apoyo en todo momento, por ayudarme en la toma de los datos de campo, estando cuando nadie más estuvo. Este logro lo alcancé con su compañía y apoyo.

A mi compañero y amigo Jop Rubén Escobedo Cruz por brindarme apoyo en la toma de datos para realizar este trabajo de investigación.

A mi compañera y amiga Renata Alameda por brindarme apoyo en la toma de datos para realizar este trabajo de investigación.

## DEDICATORIA

*A mis padres Luis Carlos Tamez Álvarez y Hortencia García Delgado por su apoyo incondicional en todo el curso de mi carrera, por darme los mejores consejos de vida, por siempre estar ahí cuando más los necesité por todos sus grandes esfuerzos y sacrificios que ayudaron a la formación de este logro.*

*A mi hermana Cynthia Ivett Tamez García por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y amor.*

*A mi compañera de vida Karen Elisama Rivera Luna por su apoyo incondicional y por siempre alentarme a seguir superándome.*

## CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	4
DEDICATORIA .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT .....	10
1.- INTRODUCCIÓN.....	11
2.- ANTECEDENTES.....	14
3.- JUSTIFICACIÓN .....	17
4.- HIPÓTESIS .....	18
5.- OBJETIVOS .....	19
5.1.- Objetivo General .....	19
5.2.- Objetivos específicos .....	19
6.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
6.1.- Localización del área de estudio .....	20
6.2.- Descripción de especies .....	21
6.3.- Metodología .....	33
6.3.1- Nodricismo .....	33
6.3.2- Fotoblastismo .....	34
7.- ANÁLISIS DE LOS DATOS .....	35
8.- RESULTADOS .....	36
9.- DISCUSIÓN.....	41
10.- CONCLUSIONES.....	42
11.- LITERATURA CITADA .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Individuo adulto de <i>Ariocarpus retusus</i> localizado en el municipio de Galeana, Nuevo León .....	21
<b>Figura 2.-</b> Individuo adulto de <i>Echinocactus horizonthalonius</i> localizado den el municipio de Galeana, Nuevo León .....	25
<b>Figura 3.-</b> Individuo adulto de <i>Neolloyda conoidea</i> localizado en el municipio de Galeana, Nuevo León .....	28
<b>Figura 4.-</b> Distancias tomadas de las cactáceas bajo la copa de árboles y arbustos .....	33
<b>Figura 5.-</b> Prueba t para dos muestras independientes para cada una de las especies .....	37
<b>Figura 6.-</b> Distribución de la cantidad de individuos en los rangos de distancias en metros de <i>Ariocarpus retusus</i> , <i>Echinocactus horizonthalomius</i> , <i>Neolloydia conoudea</i> y <i>Mammillaria formosa</i> .....	38
<b>Figura 7.-</b> Relación entre las distancias y en número de individuos para los cuatro grupos de especies analizadas <i>Ariocarpus retusus</i> , <i>Echinocactus horizonthalonius</i> , <i>Mammillaria Formosa</i> y <i>Neolloydia conoidea</i> . Para valores de los parámetros de las funciones ajustadas ver Tabla 3.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Número de individuos de cactáceas encontradas bajo la copa de arbustos y fuera de copa.....	36
<b>Tabla 2.-</b> $M$ y $\sigma$ = media y desviación típica; $gl$ = grados de libertad; $t = t$ Student, $p$ = probabilidad. Valor de $p$ mayor que el nivel de significancia alfa (0.05) nos indica que no existen diferencias, entre la cantidad de cactáceas encontradas bajo copa y fuera de copa .....	37
<b>Tabla 3.-</b> Distancia máxima, promedio y mínima de establecimiento de las especies de cactáceas bajo la copa de las especies nodriza .....	38
<b>Tabla 4.-</b> funciones ajustadas de las distancias y en número de individuos, para las cuatro especies <i>Ariocarpus retusus</i> , <i>Echinocactus horizonthalonius</i> , <i>Mammillaria Formosa</i> y <i>Neolloydia conoidea</i> . También se muestran los valores de $R^2$ .....	39
<b>Tabla 5.-</b> Porcentajes con letras diferentes en una fila, son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).....	40



## RESUMEN

Se realizaron dos líneas de investigación, la primera fue la determinación de la distribución de las Cactáceas *Ariocarpus retusus* Scheidweiler, *Echinocactus horizionthalonius* Lem, *Mammillaria formosa* Galeotti ex Scheidw y *Neolloydia conoidea* (DC.) Britton & Rose en áreas abiertas y bajo la copa de árboles y arbustos. La segunda línea de investigación está enfocada en la evaluación del porcentaje de germinación de las especies *A. retusus* Scheidw., *Ferocactus pilosus* (Galeotti) Werderm, *Leuchtenbergia principis* Hook, y *Turbinicarpus* sp. en tres tratamientos lumínicos: luz, sombra y oscuridad, con una temperatura de 26°C, con el propósito de observar si dichas especies de cactáceas son fotoblásticas positivas, es decir germinan más en presencia de luz. Se determinó que el número de cactáceas encontradas dentro y fuera de la copa de árboles y arbustos fue semejante, por lo tanto, no se detectó efecto de nodricismo. Se determinó que las semillas bajo los tratamientos de luz y sombra presentaron un mayor porcentaje de germinación en comparación con las semillas sometidas a oscuridad absoluta. Las semillas de *Ariocarpus retusus* demostraron ser fotoblásticas positivas ya que presentaron un mayor porcentaje de germinación en luz (85%), mientras que las semillas de *Ferocactus pilosus* y *Turbinicarpus* sp. fueron fotoblásticas neutras, con un 96% y 68% respectivamente en sombra. Para la especie *Leuchtenbergia principis* sólo se obtuvo un 4% de germinación en luz y para los tratamientos de sombra y oscuridad no se obtuvo germinación. Las plantas nodriza quizá sean de importancia para las cactáceas en su primera etapa para un establecimiento exitoso, pero no se detectó su importancia en la etapa adulta estudiada. La intensidad de luz no influye en la germinación de las semillas, sin embargo, la presencia y ausencia de ésta es la clave para que la germinación se efectúe.

## ABSTRACT

Two lines of research were carried out, the first was the determination of the distribution of the Cactaceae *Ariocarpus retusus* Scheidweiler, *Echinocactus horizonthalonius* Lem, *Mammillaria formosa* Galeotti ex Scheidw and *Neolloydia conoidea* (DC.) Britton & Rose in open areas and under the canopy of trees and shrubs. The second line of research is focused on the evaluation of the germination percentage of the species *A. retusus* Scheidw., *Ferocactus pilosus* (Galeotti) Werderm, *Leuchtenbergia principis* Hook, and *Turbinicarpus* sp. in three light treatments: light, shadow and darkness, and with a temperature of 26 °C, in order to observe if these species of cacti are positive photoblastic (if they germinate more in the presence of light). The number of cacti found inside and outside the canopy of trees and shrubs was similar; therefore, there was no effect of nurse-protégé. It was determined that the seeds under the light and shade treatments presented a higher germination percentage compared to the seeds subjected to absolute darkness. The seeds of *Ariocarpus retusus* proved to be positive photoblastic since they had a higher percentage of germination in light (85%), while the seeds of *Ferocactus pilosus* and *Turbinicarpus* sp. were neutral photoblastic, with 96% and 68% respectively in shade. For *Leuchtenbergia principis*, there was only 4% germination in light and none for the shade and dark treatments. Nurse plants may be relevant for cacti in their early stages for successful establishment, but their importance was not detected in the adult stage studied. The intensity of light did not influence the germination of the seeds, however, the presence or absence of it, is the key for germination to take place.

## 1.- INTRODUCCIÓN

El desierto Chihuahuense es una de las regiones más importantes de México y se le considera una de las tres ecoregiones desérticas más importantes del mundo, comparándose con el desierto de Namibia-Karoo en el sur de África y con el gran desierto de arena de Australia (Dinerstein *et al.*, 1999). La mayor área del desierto se encuentra distribuida principalmente en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí (Hernández & Barcenás, 1995).

Entre las plantas más notables que caracterizan el paisaje de las zonas áridas en México se distinguen los magueyes, los mezquites, las yucas y las especies de la familia Cactaceae (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada, 1991). Este tipo de vegetación predominante en zonas árida o condiciones de extrema aridez, presentan características anatómicas, morfológicas y fisiológicas, encausadas principalmente en la regulación del agua (Treviño & Gutiérrez, 2012). El claro ejemplo de esto son las cactáceas, ya que poseen adaptaciones que les permiten enfrentar condiciones climáticas extremas (Juárez *et al.*, 2016; Barcenás *et al.*, 2011). Presentando espinas que cubren casi en su totalidad el tallo, el cual es suculento y las raíces son contráctiles (Cornejo *et al.*, 2013). También poseen asociaciones bióticas con otras plantas, a esta asociación se le conoce como nodriza protegida (Cazares, 1993) y permite a las cactáceas crecer en un microhábitat con menor estrés lumínico, hídrico y térmico (Flores & Jurado, 2003). Las plantas en ambientes hostiles comúnmente están bajo situaciones de estrés constante, por ello la modificación ambiental proporcionada por una planta vecina (nodriza) llega a ofrecer grandes beneficios, facilitando su establecimiento y desarrollo (Nobel, 1984; Zamora *et al.*, 2004). La manifestación de la facilitación en plantas se ha descrito en una variedad de familias y hábitats (Flores & Jurado, 2003).

La facilitación en cactáceas consiste en el reclutamiento y establecimiento no perjudicial de los individuos de una especie bajo la copa de plantas adultas perennes presentes en el hábitat (Cody, 1993). Las plantas

adultas perennes actúan como “planta nodriza” esta genera un micro-clima favorable para la germinación, supervivencia y/o crecimiento de plántulas de otras especies y a estas se le conoce como plantas “protegidas” (cactus) (Maestre *et al.*, 2005). En el desierto, la fase de establecimiento y crecimiento de plántulas ocurren bajo condiciones impredecibles de precipitación aunado a suelos con altas temperaturas y bajo contenidos de agua (Evans *et al.*, 1981; Nobel, 1984). Las plantas nodriza proporcionan una reducción de luz (Nobel *et al.*, 1986; Franco & Nobel, 1988; Flores & Jurado, 2003), mejoras en las temperaturas (Muro Pérez *et al.*, 2012), que puede exceder los 70°C y llegar a ser letal para la mayoría de las suculentas en el desierto luz (Nobel *et al.*, 1986; Franco & Nobel, 1988), a aumento de la humedad por la evaporación lenta (Núñez *et al.*, 1999; Munguía-Rosas *et al.*, 2009), soporte físico (Castellanos *et al.*, 2000), protección contra herbívoros (depredación) (Turner *et al.*, 1969; McAuliffe, 1984a; Milchunas & Noy-Meir, 2002) y una concentración de nutrientes alta alrededor de los árboles y arbustos, modificando las tasas de crecimiento y germinación, aumentando la supervivencia de las plántulas (García-Moya & Mckell, 1970; Franco & Nobel, 1989; Godínez & Valiente, 1998; Reyes-Oliva *et al.*, 2002; Muro-Pérez *et al.*, 2012). Las plantas se encuentran protegidas durante las heladas (Steenbergh & Lowe 1977; McAuliffe, 1984b; Nobel, 1980; Franco & Nobel 1989; Suzán *et al.*, 1994), y la acumulación de material fino acarreado por el viento puede llegar a modificar la estructura del suelo (Valiente-Banuet *et al.*, 1991). También disminuyen la compactación del suelo e incrementan su macroporosidad, además de que hay mayor transferencia de agua y nutrientes de las capas profundas a las superficiales a través de los sistemas de raíces de las plantas adultas (Flores, 2001).

Además de los efectos positivos para el establecimiento de las plántulas bajo la copa de plantas nodriza, también ocurren efectos negativos. Al encontrarse cerca del fuste una mayor concentración de plántulas, la competencia por agua es mayor y ésta puede ser crítica debido a que las plantas están muy cerca y sus sistemas de raíces se traslapan (García & Mandujano, 2010). Las etapas más críticas del ciclo de vida de una planta son

la dispersión, germinación, y el establecimiento debido a que en estas etapas su vulnerabilidad al estrés ambiental, competencia y enfermedades son muy elevadas (Solbrig, 1980; Fenner, 1989). Para las cactáceas el efecto de la luz como inductor de la germinación es importante ya que dependiendo del porcentaje de intensidad lumínica que reciban será la cantidad de semillas germinadas (Flores *et al.*, 2006).

El requerimiento de la luz para la germinación asegura que las semillas muy enterradas no germinen, constituyendo estas un banco de semillas persistente (Flores & Jurado, 2011; Milberg, *et al.*, 2000) las semillas pequeñas usualmente poseen mecanismos de latencia, los cuales son receptores de luz para evitar que germinen si llegan a enterrarse muy profundo en el suelo (Rojas & Batis, 2001; Bewley & black, 2013).

Debido a que en las zonas áridas y semiáridas se presentan climas extremos, la baja cobertura vegetal provoca un incremento en la temperatura, evapotranspiración y un aumento de radiación (Ramírez-Marcial *et al.*, 2008). Por lo tanto, en prácticas de regeneración y restauración con la finalidad de disminuir las fluctuaciones de temperatura que pueden afectar las funciones fisiológicas de la especie de interés (Moles *et al.*, 2014), se sugiere el uso de plantas nodriza (Duponnois, *et al.*, 2011).

En esta tesis se presentan dos líneas de investigación sobre las interacciones vegetales del matorral xerófilo. Se presenta una investigación sobre la distribución de Cactáceas *Ariocarpus retusus* Scheidweiler, *Echinocactus horizonthalonius* Lem, *Mammillaria formosa* Galeotti ex Scheidw y *Neolloydia conoidea* (DC.) Britton & Rose en áreas abiertas y bajo las copas de árboles. La segunda línea investigación está enfocada en la germinación de semillas de *Ariocarpus retusus* Scheidw., *Ferocactus pilosus* (Galeotti) Werderm, *Leuchtenbergia principis* Hook, y *Turbinicarpus* sp. en respuesta a la luz.

## 2.- ANTECEDENTES

Según Cody (1993) y Callaway (1995) la influencia positiva de las plantas adultas de una especie sobre la germinación, supervivencia y crecimiento de plántulas de otras especies se le conoce como “síndrome de planta nodriza” o interacción “nodriza-protegida”.

El fenómeno de planta nodriza ha sido descrito para el desierto Sonorense, Chihuahuense y distintas zonas áridas del mundo con plantas anuales y plantas perennes que se reclutan bajo el dosel de plantas perennes (Turner *et al.*, 1966; Yeaton 1978; Jordan & Nobel, 1979; McAuliffe 1984a, 1984b)

De acuerdo con los trabajos de Valiente & Ezcurra (1991), las condiciones microclimáticas que se presentan a la sombra de una planta nodriza se refleja en la supervivencia de plántulas del cactus, ellos observaron que las plántulas de *Neobuxbaumia tetetzo*, sobreviven incluso dos años después de haber germinado bajo sombra, en comparación con las plantas sembradas a cielo abierto que murieron en menos de 100 días.

Lo anterior es confirmado por Castro-Cepero *et al.* (2006) ya que ellos observaron la germinación de *Melocactus peruvianus* Vaupel y *Haageocereus pseudomelanostele subsp. Aureispinus* (Rauh & Backeberg) Ostolaza bajo los mismos tratamientos de luz y sombra, concluyendo que para ambas especies las posibilidades de supervivencia se ven fuertemente favorecidas por las condiciones de sombra, indicando que el reclutamiento observado en el campo está mediado por la acción benéfica de las plantas nodriza en los primeros años de desarrollo de los cactus. Algo interesante en su experimento es que ellos consideraron agregar una variable más en el sustrato, materia orgánica, aunque observaron que no es significativo este factor. El suelo de la comunidad de las especies de cactáceas presenta niveles de 1 a 3% de materia orgánica y éstas han evolucionado en este tipo de suelo pobre, por lo tanto, un aumento en los suelos de cultivo no tiene ningún efecto en la supervivencia. Anderson (2001)

menciona que la cantidad recomendable de materia orgánica en los suelos de cultivo de cactus es de 5%.

Para las cactáceas el efecto de la luz como un inductor de la germinación es importante ya que en el estudio de (Flores *et al.*, 2006) se comprobó que de 28 especies que fueron sometidas a fotoperiodos de 30 días de oscuridad continua en donde no hubo germinación, posteriormente las semillas fueron transferidas a la luz durante 30 días, solo 11 no presentaron latencia (germinó el 70% en luz), estas 11 especies fueron positivamente fotoblásticas.

De acuerdo con Méndez y colaboradores (2006) que realizaron un trabajo de investigación sobre germinación y establecimiento de plántulas de *Pterocereus gaumeri*, cactácea columnar, en el estado de Yucatán, ellos mencionan que el porcentaje de germinación y supervivencia de las plántulas de dicha especie bajo la copa de plantas nodrizas es mayor que en suelo desprovisto de vegetación, debido a que se presentó una gran depredación, esto sucedió por falta de protección que es proporcionada por las plantas nodrizas, los resultados de este estudio demuestran la importancia de la nodriza para la especie protegida.

Golubov y colegas (2010) realizaron un trabajo de investigación sobre nodricismo en la especie *Mammillaria carnea* en el estado de Oaxaca, ellos mencionan que la facilitación en cactáceas no es necesariamente biótica, si no también puede presentarse de manera abiótica, además demostraron que la especie no necesita de planta nodriza para su establecimiento ya que encontraron la misma cantidad de individuos dentro del dosel como fuera de él, por lo tanto *M. carnea* no presenta asociación obligada hacia plantas nodrizas.

García & Mandujano (2010) estudiaron la distribución espacial y nodricismo del peyote (*Lophophora williamsii*) en Cuatrociénegas, México, ellos observaron que el 91% de los individuos estudiados presentaron asociación con alguna nodriza, siendo la especie *Larrea tridentata* la especie nodriza más

importante para su estudio presentando una asociación con el 65% de los individuos de *L. williamsii*. Además, observaron que la cantidad de individuos establecidos en espacios abiertos es menos, concluyendo que la especie *L. williamsii* se establece asociada a plantas nodriza.



### **3.- JUSTIFICACIÓN**

Las cactáceas son importantes, sin embargo, en las áreas donde se distribuyen muchas veces no son apreciadas por los habitantes de las cercanías. Por esto no son protegidas y resultan vulnerables al saqueo por algunas personas para su comercialización de manera ilegal y por el mal manejo de las áreas al realizar obras de cambio y uso de suelo, sin respetar los lineamientos de la normativa Mexicana. Es por esto por lo que este documento reúne información sobre la distribución bajo la copa de plantas perenes y los requerimientos lumínicos para su germinación, con la finalidad de mejorar el conocimiento de la distribución microespacial y las características de las fases iniciales de vida de las especies poco apreciadas y vulnerables.

#### 4.- HIPÓTESIS

- Existe una preferencia de *Ariocarpus retusus*, *Echinocactus horizonthalius*, *Mammillaria formosa* y *Neolloydia conoidea* por crecer bajo algunas especies de plantas nodriza.
- La riqueza de especies de cactáceas que se establecen al margen de la copa de las plantas nodrizas será mayor a las que se establecen cerca del fuste de dichas plantas.
- El porcentaje de germinación en *A. retusus*, *Ferocactus pilosus*, *Leuchtenbergia principis* y *Turbinicarpus* sp. será más alto bajo sombra y oscuridad que bajo luz directa.

## 5.- OBJETIVOS

### 5.1.- Objetivo General

Analizar la distribución de *Ariocarpus retusus*, *Echinocactus horizonthalonius*, *Mammillaria formosa* y *Neolloydia conoidea* bajo plantas nodriza y la germinación de, *A. retusus*, *Ferocactus pilosus*, *Leuchtenbergia principis* y *Turbinicarpus* sp. para determinar si la intensidad de la luz influye en la germinación de éstas.

### 5.2.- Objetivos específicos

- Determinar si existe una asociación mutualista de nodricismo entre *Ariocarpus retusus*, *Echinocactus horizonthalonius*, *Mammillaria formosa* y *Neolloydia conoidea* con especies de árboles o arbustos.
- Determinar la preferencia de establecimiento de las especies de cactáceas bajo la copa de plantas nodrizas con respecto a la distancia al fuste.
- Determinar si *A. retusus*, *Ferocactus pilosus*, *Leuchtenbergia principis* y *Turbinicarpus* sp. son fotoblásticas negativas en su germinación.

## 6.- MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1.- Localización del área de estudio

Galeana es un municipio del estado de Nuevo León, México y, cuenta con una extensión territorial de 7,154.60 km<sup>2</sup> (Anónimo, 1977). Presenta un clima templado semiárido, con una temperatura media anual de 16.6 °C, con una mínima de 1 °C y una máxima de 30 °C y presentando una precipitación anual de 650 mm (García, 2004).

La vegetación en el municipio de Galeana N.L. posee composiciones diferentes de acuerdo con cada gradiente altitudinal. Matorral xerófilo principalmente constituido por arbustos de hoja pequeña, que incluyen casi siempre a *Larrea tridentata* (DC.) Coville y *Flourensia cernua* DC. (Rzedowski, 2006). Matorral mediano esclerófilo de *Quercus intricata* Trel. entre 2000-2200 msnm, asociado con áreas de cultivo, bosque de *Pinus cembroides* Gordon entre 2200 y 2500 msnm, bosque de *Pinus ayacahuite* C. Ehrenb. ex Schltdl. entre 2500 y 3500 msnm, bosque de *Pinus hartwegii* Lindl. entre 2900 y 3000 msnm, matorral de *Pinus culminicola* Andresen & Beaman entre 3100 y 3650 msnm y pradera subalpina entre 3600 y 3715 msnm (García-Arana 1996).

## 6.2.- Descripción de especies

### *Ariocarpus retusus* Scheidw.



**Figura 1.-** Individuo adulto de *Ariocarpus retusus* localizado en el municipio de Galeana, Nuevo León.

#### *Características del género*

Las plantas pueden desarrollarse solas o agrupadas formando conglomerados, presentan tubérculos triangulares más largos que anchos, de superficie lisa o con rugosidad, con ápice agudo en las puntas. Las yemas axilares presentan una espina rudimentaria al final de la aréola, no así en la yema floral, que está en la porción central de la planta separada de la yema axilar (Villarreal, 2001).

#### *Distribución geográfica*

Se desarrollan en las zonas desérticas con abundante pedregosidad entre los 644 a 2384 msnm. Su hábitat es de tipo matorral xerófilo, compuesto por matorral desértico micrófilo y matorral rosetófilo, vegetación halófila, pastizal halófilo y áreas de mezquital con presencia de *Larrea tridentata*, *Euphorbia antisiphilitica*, *Prosopis glandulosa*, *Jatropha dioica*, *Agave lechuguilla*, *Agave*

*striata*, *Koeberlinia spinosa*, *Acacia* spp, *Opuntia* spp., *Yucca carnerosana* y numerosas especies de cactus asociados (Villarreal, 2001; Villavicencio *et al.*, 2010).

#### *Descripción morfológica*

**Plantas** de 12 cm de altura y 10 a 25 cm de diámetro, de color verde azulado o grisáceo. Su forma típica de rosetón la adquieren al primer año de crecimiento. Tallos muy enterrados, globosos (INIFAP, 2013).

**Tubérculos** triangulares, atenuados hacia el ápice que a veces se prolongan en forma de un mucrón angostamente cónico, superficie convexa o casi plana, algo ondulada y más o menos arrugada, no figurados, de 1.5 a 4 cm de longitud y 1 a 3.5 cm de anchura, casi tan largos como anchos (INIFAP, 2013).

**Aréolas** espiníferas en la punta de los tubérculos o casi así, muy pequeñas, circulares, como de 1 a 5 mm de diámetro, con algo de lana y a veces con algunas espinas diminutas; aréolas floríferas lanosas cerca de la axila de los tubérculos. *A. retusus* presenta aréolas monomórficas y dimórficas, las cuales también se han encontrado en ciertas especies del género *Coryphantha* (INIFAP, 2013).

**Flores** en las aréolas floríferas de los tubérculos jóvenes del ápice de la planta, de 4 a 5 cm de diámetro, y hasta 4.5 cm de longitud; segmentos exteriores del perianto blanquecinos, ocasionalmente con la línea media rojiza, de 1.2 a 2 cm de longitud y 5 a 8 mm de anchura, segmentos interiores del perianto lanceolados, acuminados, como de 2 cm de longitud y 5 a 9 mm de anchura; estambres numerosos; filamentos blanquecinos; anteras de color amarillo oro; grano de polen entre 80 y 85 micras; estilo blanco; lóbulos del estigma 7 ó más (INIFAP, 2013).

## ***Ferocactus pilosus* (Galeotti ex Salm-Dick) Werdermann**

### *Características del género*

*Ferocactus* Britton & Rose 1922. También llamados cactus de barril o biznaga pertenecientes a la subfamilia Cactoideae y a la tribu Cactae. Son plantas solitarias o agrupadas, de tallos globosos deprimidos a globosos cilíndricos. Costillas pocas a muchas, algunas veces grandes y prominentes. Aréolas usualmente grandes, produciendo flores solo cuando son jóvenes, con glándulas secretoras de néctar. Espinas variables, usualmente fuertes, algunas veces con forma de gancho. Las flores nacen cerca de la punta del tallo, solitarias, ambos órganos (femenino y masculino) presentes, simétricas radialmente, con forma de embudo o campana, aréolas de pericarpios y tubos florales desnudos; partes de perianto y estambres separados por un anillo de pelos. Frutos globosos a oblongos, con paredes engrosadas, secos o jugosos a la madurez, dehiscentes por poros basales o rendijas irregulares. Semillas ovales, pardo negruzcas brillantes, planas a ligeramente cóncavas, de 1.4 a 2.4 mm de largo. Este género a menudo es dividido en la sección *Ferocactus*, con frutos secos basalmente dehiscentes, y sección *Bisnaga*, con jugosos e indehiscentes o dehiscentes irregulares frutos (Anderson, 2001).

### *Distribución geográfica*

Se encuentra distribuido en las regiones áridas y semiáridas del suroeste de los Estados Unidos y Norte y centro de México, particularmente bien representadas en la Península de Baja California (Anderson, 2001). En los estados del Norte del altiplano, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Tamaulipas y Nuevo León, crece en suelos calizos o aluviales tanto en las faldas de los cerros como en planicies, formando parte del matorral de *Larrea tridentata*, *Flouorensia cernua*, etcétera, como del matorral desértico rosetófilo con *Agave stricta*, *Hechtia glomerata*, *Dasyllirion* spp., *Yucca carnerosana*, y

entre otras cactáceas, *Astrophytum myriostigma*, *Echinocactus platyacanthus*, *Leuchtenbergia principis*, *Lophophora williamsii*, *Mammillaria candida*, entre otras. (Bravo *et al.*, 1991). Además de estos estados, Hernández y Godínez (1994), mencionan que también se encuentra en el estado de Coahuila.

#### *Descripción morfológica*

**Plantas** solitarias o formando grupos masivos de varios tallos, tallos de 3 m de alto y 50 cm de diámetro. De 3 a 20 costillas, agudas en plantas jóvenes, redondeadas en adultos, no tuberculadas con areolas casi confluentes (Anderson, 2001).

**Espinas** rojas brillosas, amarillas o una mezcla de ambas, con bandas y ligeramente curvadas en forma de punzón, no fuertemente diferenciadas como centrales o radiales. 6 a 12 espinas centrales o principales usualmente rojas de 5 cm de largo. Espinas radiales usualmente reducidas a muchas cerdas blanquecinas o ausentes (Anderson, 2001).

**Flores** producidas en círculos alrededor de la punta del tallo; tienen las partes del perianto erectas, amarillas o rojas de 4cm de largo y 2.5cm de diámetro (Anderson, 2001).

**Frutos** ovoides, amarillos, de 2 a 4 cm de largo (Anderson, 2001).



## ***Echinocactus horzonthalonius***



**Figura 2.-** Individuo adulto de *Echinocactus horzonthalonius* localizado en el municipio de Galeana, Nuevo León.

### *Características del género*

Generalmente globosas, pero se vuelven oblongas o incluso cilíndricas robustas, en su mayoría con costillas espinudas (a veces representadas solo por filas verticales o espirales de tubérculos): areolas con flores generalmente contiguas a las areolas jóvenes con espinas justo encima de ellas, pero a veces extraídas (conectadas con ellas por un surco corto), y rara vez en la axila de un tubérculo: ovario con escamas desnudas o lanudas en las axilas: frutos succulentos o secos: semillas a menudo albuminosas: embrión generalmente curvado, con muchos o pocos cotiledones foliáceos (Coulter, 1896)

### *Distribución geográfica*

En México se encuentra en los estados de Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Nuevo León, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas (Coulter, 1896; Guzmán *et al.*, 2007), así como el estado de Texas en EUA (Coulter, 1896).

### *Descripción morfológica*

**Planta**, es un pequeño cactus de barril, de color azul verdoso a gris verdoso, que es globoso y se vuelve más columnar a medida que crece. Los individuos grandes varían en altura de 41 a 51 cm de altura y varían en diámetro de 13 a 20 cm de ancho. Los individuos tienen un solo tallo con 8 costillas que giran en espiral alrededor de la base hasta el ápice. Cada areola tiene tres espinas centrales, una negra que se curva hacia abajo y dos rojas o gris basalmente que se curvan hacia arriba, y 5 espinas radiales que tienden a ser negras o parcialmente grises (Bowers & Pierson, 2001).

**Flores** de color rosa brillante a rojo florecen cerca del vértice del tallo, que se abren al mediodía y se cierran por la noche y pueden volver a abrirse durante uno a tres días después de una lluvia significativa. *Echinocactus horizionthalonius* puede ser oportunista en su floración al producir flores a fines del verano y principios del otoño en respuesta a las lluvias (Powell & Weedin 2004). Las flores miden de 4 a 7 cm de diámetro cuando están completamente abiertas (Chamberland, 1995; Turner *et al.*, 1995). En mayo y junio se producen de una a cinco frutas de color rosa brillante (Benson, 1982) y están cubiertas de pelos blancos lanudos en el ápice del tallo, que se secan con la madurez (Bowers & Pierson, 2001).

**Frutos** indehiscentes que caer de la mitad a dos tercios de sus semillas en el suelo mientras que las semillas restantes se mantienen dentro del hoyo apical cubierto de lana hasta que son expulsadas al año siguiente por la emergencia de las flores (USFWS, 1986; Powell & Weedin, 2004). Las plántulas a menudo se establecen alrededor de la base de la planta "madre" y pueden dar la apariencia de pequeños grupos. Cada fruto contiene generalmente menos de 100 semillas (K. Rice, com. Pers. 2008) que varían en tamaño de 3 a 3.5 mm de largo a 1.5 mm de espesor (Bowers & Pierson, 2001).

## **Mammillaria formosa**

### *Características del género*

El género *Mammillaria*, el más grande de la familia Cactaceae, constituye uno de los grupos de cactus más populares. *Mammillaria* presenta areolas dimorfas, las que generan las espinas, y las areólas florales en el eje del tubérculo. Las espinas pueden ser centrales o radiales, variables en número, forma, tamaño y color. Las flores son pequeñas (10-25 mm de largo y 15-50 mm de diámetro) pero llamativas; su color puede ser de blanco a rojo brillante, rojo anaranjado, rosa, purpúreo o amarillo; campanuladas o tubulares, solitarias, en grupos de dos a tres, pero más habitualmente formando una corona cerca de la parte superior de la planta. Las especies de *Mammillaria* pueden ser pequeñas plantas individuales (5-24 cm de longitud) o de múltiples cabezas, pero también pueden ser cespitosas, formando pequeños racimos, hasta grandes racimos de más de 1 m de diámetro. Los frutos suelen ser de color rojo, con un gran número (10-150) de semillas pequeñas (1-2 mm) negras o marrones por fruto (Rubluo, 1997)

### *Distribución geográfica*

Se informa de los estados mexicanos de San Luis Potosí, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Aguascalientes, Zacatecas y Guanajuato (Janeba, 2008)

### *Descripción morfológica*

*M. formosa* suele ser simple, de plano a plano-globular y de unos 10 cm de diámetro. **Tubérculos** estrechos en espiral, axilas lanudas (especialmente hacia el ápice), de 20-22 **espinas** radiales blancas en forma de aguja y seis espinas centrales radiantes, que están engrosadas en la base, son rosadas y se vuelven grises con la edad. Sus **flores** son de color rosa pálido a casi blanco y de 10-15 mm de largo y ancho. Produce **frutos** rojos con semillas marrones (Janeba, 2008)

### ***Neolloydia conoidea* Britton & Rose**



**Figura 3.-** Individuo adulto de *Neolloydia conoidea* localizado en el municipio de Galeana, Nuevo León.

#### *Características del género*

*Neolloydia* fue uno de varios géneros mal definidos erigidos por Britton y Rose (1922a) como parte de su revisión principal de los cactus. Varias de las especies que incluyeron en este nuevo género habían sido incluidas en *Mammillaria* por K. Schumann (1898). En su clave al presentar la subtribu 'Coryphanthanae' distinguieron a *Neolloydia* por la presencia de tubérculos, el hecho de que las flores nunca estaban en las areolas de la columna (que son dimórficas), que el ovario estaba desnudo o casi desnudo y que el fruto era carnoso e indehiscente (Anderson, 1986).

Tallos simples a agrupados, deprimidos globosos, globosos, cilíndricos a globosos, en su mayoría pequeños, de 1,5 a 24 cm de alto, de 2 a 8 cm de diámetro. Costillas ausentes o poco desarrolladas. Tubérculos presentes, bajos y redondeados o cónicos, con o sin surco areolar. Areolas en las puntas de los

tubérculos, sin nectarios extraflorales, blancos lanudos, especialmente cuando son jóvenes. Espinas presentes y muy variables, nunca enganchadas. Flores pequeñas que nacen en el ápice de tubérculos jóvenes. Ovario en anthesis desnudo. Fruto verde, verde amarillento, magenta verdoso o rojo, seco o algo carnoso en la madurez, desnudo o casi, redondo o ligeramente alargado, con el perianto generalmente persistente, 4-10 mm de largo, dehiscente verticalmente. Semillas negras, piriformes, verrugosas (verrugosas), con un hilo basal grande, de 1-1,5 mm de largo, 0,6-1,5 mm de diámetro (Anderson, 1986).

#### *Distribución geográfica*

Esta especie se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta la región central de México (Guzmán *et al.*, 2003).

#### *Descripción morfológica*

**Planta.** *Neolloydia conoidea* es una cactácea cortamente cilíndrica. Al inicio, su tallo es simple y con la edad se ramifica, alcanzando hasta 15 cm de altura (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada, 1991). Las flores emergen de las axilas de los tubérculos apicales o subapicales y son de 3 a 4 cm de longitud, de color magenta (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada, 1991). La anthesis es diurna, las flores abren dos días y requieren de polinización cruzada, para la formación de semillas, ya que la especie es autoincompatible (Anderson, 1986).

**Tallos** simples a agrupados, de 5-24 cm de altura, 3-6 cm de diámetro, globosos-cilíndricos, ligeramente de color verde amarillento, generalmente con una corona lanuda blanca. Tubérculos bien desarrollados, cónicos, con surco areolar, 3-10 mm de largo, 6-10 mm de ancho, 5-9 mm de alto (Anderson, 1986).

**Areolas** dimórficas, 3-5 mm de diámetro, 8-12 mm de separación.

**Espinas** centrales variables, 0-3 (rara vez -6), 5-25 mm de largo, 0,5 mm de diámetro, negras a marrón rojizo en toda su extensión, erectas, rectas.

Espinas radiales (8-) 15-25, 5-7mm de largo, todas blancas o blanquecinas con punta oscura, radiantes, rectas, ligeramente subuladas (Anderson, 1986).

**Flores** de 4-6cm de diámetro, 2-3cm de largo. Partes externas del perianto blanquecinas con una vena media verdosa, alargadas, de 10-17 mm de largo, 4-7 mm de ancho, con ápice redondeado y márgenes enteros. Partes internas del perianto magenta, oblanceoladas, 20-25 mm de largo, 5-8 mm de ancho. Filamentos blancos, 3-5 mm de largo. Anteras amarillas de 1 mm de largo. Estilo blanco, 7-11 mm de largo. Estigmas 5- \* 8, 2-3 mm de largo (Anderson, 1986).

**Fruto** que surge en la base del tubérculo y se oculta al principio, con el perianto no persistente, el verde se vuelve marrón verdoso y seco en la madurez, redondo, 4-5 mm de largo, 4-5 mm de diámetro (Anderson, 1986).

**Semillas** con un labio irregular sobre parte del hilio basal grande, de 1-1,5 mm de largo, 0,8-1,2 mm de diámetro (Anderson, 1986).

## ***Leuchtenbergia principis* Hooker fil.**

### *Características del género*

El género *Leuchtenbergia* fue fundado por HOOKER en 1848, descrito y nombrado en honor a Eugene de Beauharnais (1781-1824), duque de Leuchtenberg y Eichstäd (Doweld, 2000)

### *Distribución geográfica*

Se distribuye en los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosi y Tamaulipas (Hernández & Godinez, 1994).

### *Descripción morfológica*

**Semillas** grandes, 1.8-2.2 mm de largo, 1.8-2 mm de ancho, 1.5-1.8 mm de espesor, curvas, en forma de gota redonda, de color marrón oscuro o claro a gris (Doweld, 2000).

*Turbinicarpus* sp.

### *Características del género*

El género *Turbinicarpus* Buxbaum y Backeb. se compone de cactus de pequeños a muy pequeños, que desarrollan un tallo globular deprimido y una raíz principal grande y profunda. Se caracterizan por tener flores apicales con un ovario desnudo y glabro (Butterworth, 2003) y frutos dehiscentes (Donati & Zanovello, 2004). Las especies de *Turbinicarpus* exhiben una alta variabilidad en la micromorfología y morfología macroscópica de sus espinas (Mosco, 2009; Mosco & Zanovello, 2003), que puede variar de totalmente rígida a papirácea (Donati, 2003). Las espinas papiráceas pueden absorber la humedad, que luego puede transmitirse al tallo (Arreola, 1997; Ju *et al.*, 2012). Casi el 80% de las especies del género *Turbinicarpus* están especializadas para crecer en hábitats extremos, como grietas estrechas en rocas y piedras bajas y en pendiente, a menudo bajo exposición total al sol, donde la competencia de otras plantas es limitada (Donati & Zanovello, 2004)

La dispersión de semillas en *Turbinicarpus*, que tienen algunos mecanismos de latencia (de la Rosa-Carrillo *et al.*, 2012; Flores *et al.*, 2005), se debe en gran parte a las lluvias, como en otros cactus pequeños (Peters *et al.*, 2009; Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes, 2000), y mirmecoria (Hofer, 2011). En consecuencia, las poblaciones de *Turbinicarpus* a menudo están aisladas, con frecuencia de pobres a muy pobres en individuos, con un alto grado de variabilidad morfológica (Donati & Zanovello, 2004). Como consecuencia, muchas especies tienen una distribución muy restringida, a veces puntiforme (Donati & Zanovello, 2004; Sotomayor *et al.*, 2004).

### *Distribución geográfica*

Toda la distribución natural del género *Turbinicarpus*, se ubica en el noreste de México, en los estados mexicanos de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Zacatecas, Tamaulipas, Hidalgo, Querétaro y Guanajuato.



## 6.3.- Metodología

### 6.3.1- Nodricismo

Los sitios de evaluación se establecieron de acuerdo con la distribución de las especies, la ubicación de las poblaciones de cactáceas se consultó en el herbario de la Facultad de Ciencias Forestales.

Con base en la metodología de Valverde y colaboradores (2009) se establecieron aleatoriamente 2 transectos de 50 m en cada sitio, sobre cada transecto se definieron 5 parcelas de 100 m<sup>2</sup>, de manera intercalada, en cada parcela se evaluó la presencia y ausencia de cactáceas bajo y fuera de la copa de plantas que fueron consideradas como nodrizas potenciales. También se recabaron las distancias entre las cactáceas y la base del tronco de las plantas bajo las cuales crecían (figura 4).



**Figura 4.-** Distancias tomadas de las cactáceas bajo la copa de árboles y arbustos.

### **6.3.2- Fotoblastismo**

Se utilizó una cámara germinadora para colocar las semillas a germinar en cajas Petri esterilizadas con papel filtro como sustrato para mantener la humedad. En cada caja Petri se colocaron 10 semillas y por cada especie se hicieron 10 repeticiones. Las semillas fueron sometidas a los siguientes tratamientos lumínicos: 1) Luz directa, solo se utilizó la luz de la germinadora, 2) Sombra, utilizando malla sombra al 50 % para cubrir las cajas Petri, 3) oscuridad, se utilizaron bolsas plásticas negras para cubrir las cajas Petri. La germinadora se programó para obtener una exposición de 12 horas luz y 12 horas oscuridad a una temperatura de 26°. La germinación se evaluó diariamente durante 30 días. El tratamiento de oscuridad fue evaluado bajo luz verde segura, debido a que esta no inhibe ni promueve la germinación (Sabo *et al.*, 1979; Pearson *et al.*, 2003).

## **7.- ANÁLISIS DE LOS DATOS**

Se utilizó la prueba de Shapiro Wilk para determinar la normalidad en la distribución de los datos. Debido a que los datos no presentaron una distribución normal se aplicó la normalización con transformación a logaritmo natural.

Se aplicó una prueba de t-student para determinar diferencias entre el número de cactáceas encontradas bajo y fuera de la copade plantas.

Se realizó una prueba de tukey para determinar diferencias en los porcentajes de germinación por cada tratamiento lumínico.

## 8.- RESULTADOS

### Nodricismo

En la tabla 1 se presentan las especies estudiadas y su frecuencia bajo copas de arbustos y fuera de ellas. *Neolloydia conoidea* ocurrió bajo la copa de más especies, 5 de las 6 registradas.

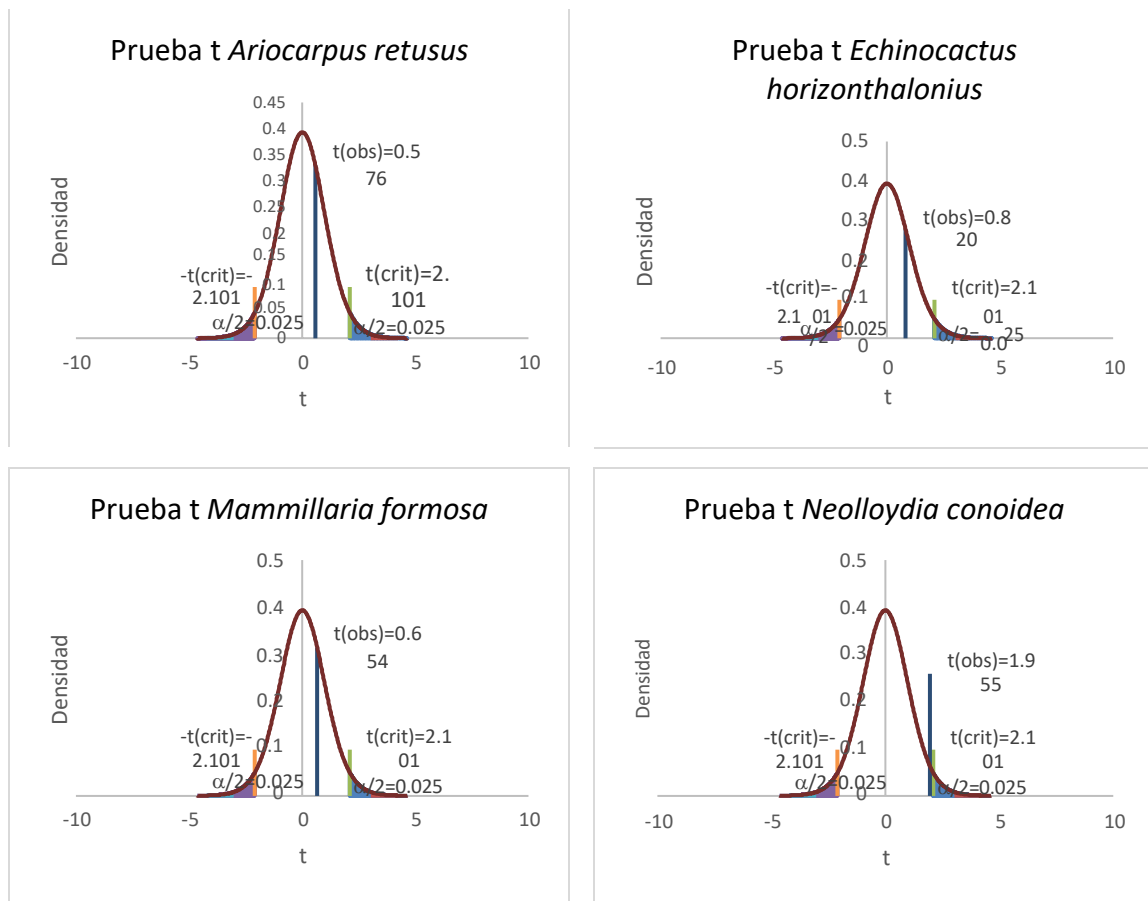
**Tabla 1.-** Número de individuos de cactáceas encontradas bajo la copa de arbustos y fuera de copa.

Sitios	Especie de cactáceas	Especie de arbustos	No. de individuos
1	<i>Ariocarpus retusus</i>	<i>Leucophyllum minus</i>	58
		<i>Rhus microphylla</i>	4
		<b>Fuera de copa</b>	75
2	<i>Echinocactus horizonthalonius</i>	<i>Leucophyllum minus</i>	1
		<i>Larrea tridentata</i>	18
		<b>Fuera de copa</b>	28
3	<i>Neolloydia conoidea</i>	<i>Larrea tridentata</i>	38
		<i>Vachellia glandulifera</i>	49
		<i>Brickellia veronicaefolia</i>	20
		<i>Viguiera sp.</i>	6
		<i>Mortonia palmeri</i>	23
		<b>Fuera de copa</b>	251
4	<i>Mammillaria formosa</i>	<i>Larrea tridentata</i>	27
		<i>Viguiera sp.</i>	3
		<i>Mortonia palmeri</i>	5
		<i>Leucophyllum minus</i>	1
		<b>Fuera de copa</b>	44

Las especies estudiadas se encontraron de manera semejante bajo copa de arbustos que fuera de copa Figura 5 y Tabla 2. Es decir, no se detectó efecto de nodricismo. No se consideró la abundancia de las nodrizas potenciales, debido a que solo se realizó una exploración, y al no encontrar preferencia entre nodriza y sol no se continuó con esta línea.

**Tabla 2.-**  $M$  y  $\sigma$  = media y desviación típica;  $gl$  = grados de libertad;  $t = t$  Student,  $p$  = probabilidad. Valor de  $p$  mayor que el nivel de significancia alfa (0.05) nos indica que no existen diferencias, entre la cantidad de cactáceas encontradas bajo copa y fuera de copa.

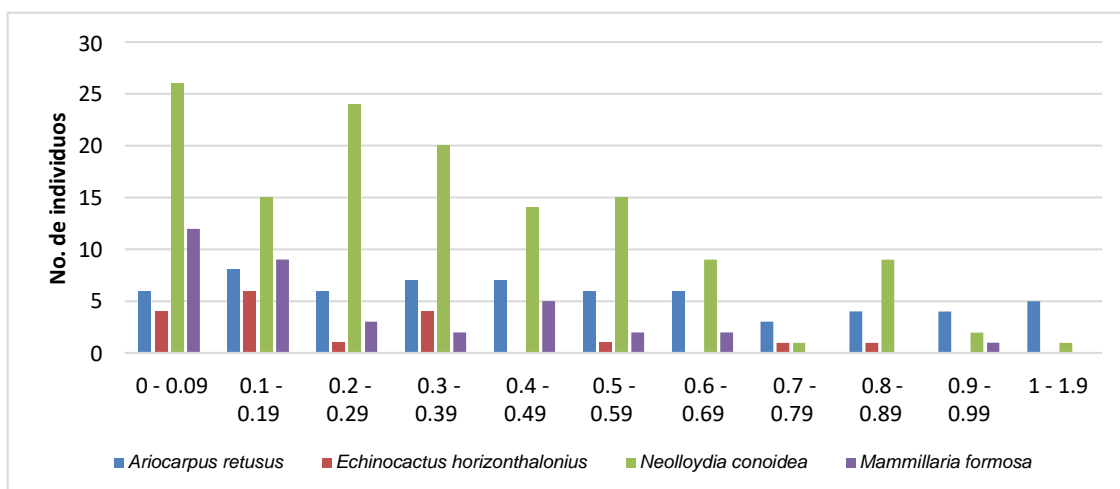
Especies	Fuera de copa	Bajo copa	$gl$	$t$ ( $p$ )
	M ( $\sigma$ )	M ( $\sigma$ )		
<i>Ariocarpus retusus</i>	7.5 (5.7)	6.2 (4.1)	16	2.11 (0.572)
<i>Echinocactus horizontalonius</i>	2.8 (3.1)	1.9 (1.3)	12	2.17 (0.428)
<i>Mammillaria formosa</i>	4.4 (3.2)	3.6 (2)	15	2.13 (0.523)
<i>Neolloydia conoidea</i>	25.1 (14.2)	13.6 (11.9)	17	2.1 (0.067)



**Figura 5.-** Prueba t para dos muestras independientes para cada una de las especies.

## Rangos de distancias

Las especies que presentaron una mayor cantidad de individuos establecidos en los rangos de distancias más cercanos al fuste de la nodriza fueron *Neolloydia conoidea* con 26 individuos y *Mammillaria formosa* con 12 en el rango de 0-0.09 m, seguidos de *Ariocarpus retusus* con 8 individuos y *Echinocactus horzonthalonius* con 6 individuos en el rango 0.1-0.19 m (Figura 6).



**Figura 6.-** Distribución de la cantidad de individuos en los rangos de distancias en metros de *Ariocarpus retusus*, *Echinocactus horzonthalomius*, *Neolloydia conoudea* y *Mammillaria formosa*.

*Ariocarpus retusus* presentó una mayor distancia de establecimiento con 1.40 m alejada del fuste de la planta nodriza, mientras que *Echinocactus horzonthalonius* se encontró a 0.86 m, siendo esta la que se estableció más cerca de las cuatro especies evaluadas (Tabla 3).

**Tabla 3.-** Distancia máxima, promedio y mínima de establecimiento de las especies de cactáceas bajo la copa de las especies nodriza.

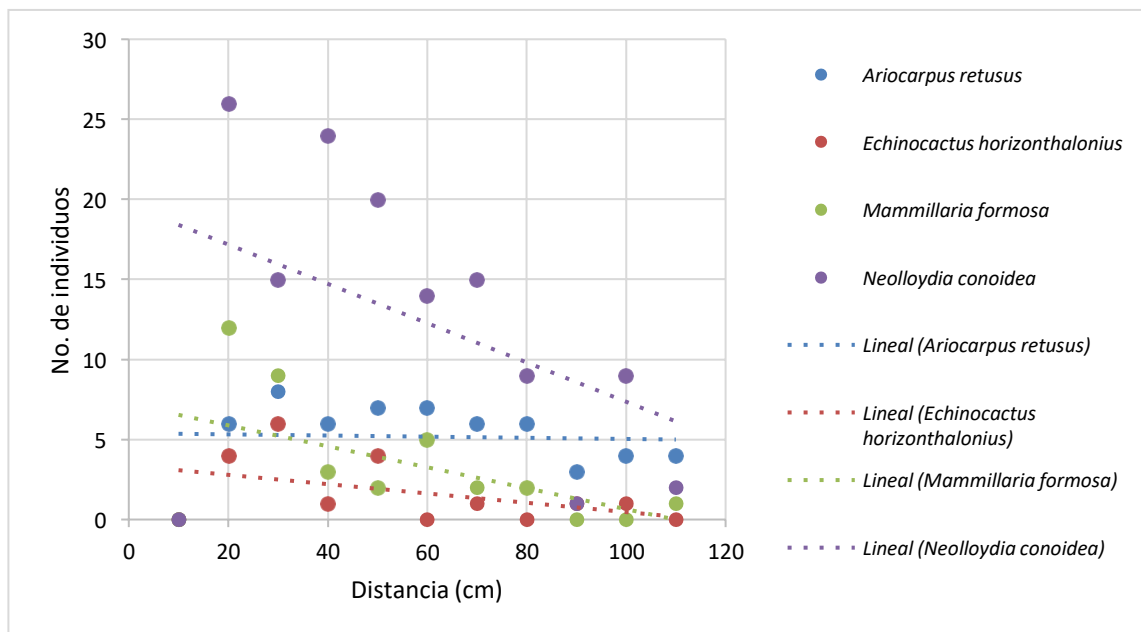
Especies	Distancias (m)		
	Maxima	Promedio	Minima
<i>Ariocarpus retusus</i>	1.4 ± 0.33	0.48 ± 0.33	0 ± 0
<i>Echinocactus horzonthalonius</i>	0.86 ± 0.24	0.27 ± 0.24	0 ± 0
<i>Neolloydia conoidea</i>	1.04 ± 0.25	0.33 ± 0.25	0 ± 0
<i>Mammillaria formosa</i>	0.9 ± 0.22	0.23 ± 0.22	0 ± 0

En la figura 7 y en la tabla 4, se muestra la regresión lineal negativa observada, nos indica que el mayor número de individuos de especies de cactáceas (*Echinocactus horizionthalonius*, *Mammillaria formosa* y *Neolloydia conoidea*) se encuentra cerca del fuste de los arbustos y a medida que la distancia desde el fuste en dirección al margen de la copa aumenta, el establecimiento de las especies disminuye.

Algo interesante que se puede observar en la gráfica es que la especie *Ariocarpus retusus* no presenta el mismo comportamiento que las especies anteriores, los resultados de la regresión lineal no es negativa ni positiva, la línea se mantiene sin importar si la distancia se modifica, ya sea aumentando o disminuyendo. El comportamiento de la línea nos indica que la especie *A. retusus* no presenta una preferencia en la distancia del fuste al margen de copa de los árboles y arbustos para su establecimiento.

**Tabla 4.-** funciones ajustadas de las distancias y en número de individuos, para las cuatro especies *Ariocarpus retusus*, *Echinocactus horizionthalonius*, *Mammillaria Formosa* y *Neolloydia conoidea*. También se muestran los valores de R<sup>2</sup>.

Especie	Ecuación	R <sup>2</sup>
<i>Ariocarpus retusus</i>	$y = -0.0327x + 7.6$	0.5226
<i>Echinocactus horizionthalonius</i>	$y = -0.0455x + 4.3636$	0.5342
<i>Mammillaria formosa</i>	$y = -0.0982x + 9.1636$	0.6877
<i>Neolloydia conoidea</i>	$y = -0.2409x + 26.818$	0.8137



**Figura 7.-** Relación entre las distancias y en número de individuos para los cuatro grupos de especies analizadas *Ariocarpus retusus*, *Echinocactus horizonthalonius*, *Mammillaria Formosa* y *Neolloydia conoidea*. Para valores de los parámetros de las funciones ajustadas ver Tabla 3.

### Fotoblastismo

*Ariocarpus retusus*, presentó el mayor porcentaje de germinación en luz (85%), esta especie presenta fotoblastismo positivo, para *Leuchtenbergia principis* se presentó un porcentaje igual para luz y sombra (4%), sin embargo, el porcentaje de germinación fue muy bajo para todos los tratamientos, por lo que, no se pueden inferir conclusiones. Para *Ferocactus pilosus* y *Turbinicarpus* sp. el porcentaje de germinación más alto se presentó en sombra, con 96% y 68% respectivamente. Se considera que estas dos últimas especies son fotoblásticas negativas (Tabla 5).

**Tabla 5.-** Porcentajes con letras diferentes en una fila, son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

Especies	%		
	Luz	Sombra	Obscuridad
<i>Ariocarpus retusus</i>	85 ± 0.7a	58 ± 1.8b	1 ± 1.2c
<i>Leuchtenbergia principis</i>	4 ± 1.2a	4a ± 2.2a	5 ± 0.7b
<i>Ferocactus pilosus</i>	91 ± 0.7a	96 ± 0.7a	36 ± 2.6b
<i>Turbinicarpus</i> sp.	53 ± 2.7ab	68 ± 1.3a	4 ± 2.1b



## 9.- DISCUSIÓN

Las cuatro especies estudiadas pueden ser consideradas como no protegidas por nodricismo, debido a que la mayor cantidad de Individuos se encontró en suelo fuera de copa de arbustos. Sin embargo, no se descarta que en las primeras etapas de vida exista una asociación biótica y que las plantas nodriza ya no se encuentren como sugieren Reyes-Olivia *et al.* (2002). Sobre la función de la facilitación en las primeras etapas en cactáceas, en algunos casos por un aumento en la cantidad de nutrientes obtenidos bajo la copa (Flores y Jurado 2003). Sería importante desarrollar estudios de las fases de establecimiento de plántulas de las cactáceas estudiadas.

Existe evidencia de una distribución homogénea de nutrientes bajo la copa de las plantas nodriza, lo cual plantea que para algunos factores la asociación nodriza-protégida no presenta ventajas de manera continua (Valiente-Banuet *et al.* 1991; Golubov *et al.*, 2010) por esto la ausencia de nodrizas en algunas cactáceas adultas puede deberse a que hubo competencia por alguno de los factores. En algunos casos el ciclo de vida las plantas nodriza puede ser menor que el de las cactáceas, y estar ausentes en la etapa de adultas de las cactáceas (Ferrer *et al.*, 2011). Se requiere realizar más investigación para apoyar estas hipótesis en las áreas estudiadas.

Górski y colaboradores (1977) mencionan que la luz filtrada no afecta a las semillas de algunas especies durante la germinación, esto concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación, al menos para tres de las cuatro especies estudiadas, ya que estas tres especies presentaron porcentajes de germinación muy similares en luz y sombra, mientras que en oscuridad hubo un porcentaje de germinación menor.

## 10.- CONCLUSIONES

Las cactáceas evaluadas no requieren de plantas nodriza, ya que ocurren por igual distribución bajo plantas y en suelo desprovisto de vegetación.

El patrón de establecimiento de las cactáceas bajo la copa de los árboles y arbustos muestra que se encuentran mas cerca del fuste y a medida que la distancia desde el fuste en dirección al margen de la copa aumenta, el número de individuos disminuye, esto es similar en 3 de las 4 especies estudiadas.

Las semillas de *Ariocarpus retusus* son fotoblásticas positivas, las semillas de *Ferocactus pilosus* y *Turbinicarpus* sp. son fotoblásticas neutras.

## 11.- LITERATURA CITADA

- Anderson, E. (1986). A revision of the genus *Neolloydia* B. & R. (Cactaceae). *Bradleya* (4): 1-28.
- Anderson, E.F. (2001). *The Cactus Family*. Timber Press, Inc. U.S.A.
- Anónimo. (1977). Carta Edafológica Galeana G14 C56. Secretaria de programación y presupuesto. Mexico, DF.
- Bárcenas, R. T., Yesson, C., & Hawkins, J. A. (2011). Molecular systematics of the Cactaceae. *Cladistics*, 27, 470-489.
- Benson, L. (1982). *The cacti of the United States and Canada*. Stanford, California: Stanford University Press.
- Bowers, J.E., & Pierson, E.A. (2001). Implications of seed size for seedling survival in *Carnegiea gigantea* and *Ferocactus wislizeni* (Cactaceae). *Southwestern Naturalist* 46(3): 272-281.
- Bravo, H., & Sánchez-Mejorada, H. (1991). *Las Cactáceas de México. Vol. II*. México: Ed. UNAM.
- Bravo-Hollis, H & Sánchez-Mejorada, H. (1991). *Las cactáceas de México*. Tomo II Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Callaway R.M. (1995). Positive Interactions Among Plants. *The Botanical Review*, 61, 306-349.
- Castellanos, J. Z., Guerrero, A. O., Grajeda, O. A., Alarcón, A. V., Villalobos, S., Ramos, J. M., ... & Enríquez, S. A. (2002). Changes in the quality of groundwater for agricultural use in Guanajuato. *Terra Latinoamericana*, 20(2), 161.
- Castro-Cepero, V., Eyzaguirre-Pérez, R., & Ceroni-Stuva, A. (2006). Supervivencia de plántulas de *Melocactus peruvianus* Vaupel y

*Haageocereus pseudomelanostele* subsp. *Aureispinus* (Rauh & Backeber) Ostolaza, en condiciones experimentales. Cerro Umarcata, Valle del Río Chillón, Lima. *Ecología Aplicada* 5(1-2): 61-66.

Cazares, M. J. (1993). Estrategias de plantas y procesos de vegetación. *John-Wiley and Sons, Edit. Chichester*, EUA, 49, 111-113.

Chamberland, M. (1995). Cactaceae, Part 2. Cactus Family *Echinocactus* Link & Otto. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 29(1): 13-14.

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.

Cornejo Romero, A., Vargas Mendoza, C. F., Valverde, P., & Rendón Aguilar, B. (2013). Estructura genética y filogeografía en cactáceas. *Cactáceas y suculentas mexicanas*, 58(1), 4-28.

Dinerstein, E., Olson, D., Atchley, J., Loucks, C., Contreras-Balderas, S., Abell, R., Iñigo, I.E., Enkerlin, E., Williams, C.E. & Castilleja, G. (1999). *Ecoregion-based conservation in the Chihuahuan Desert: a biological assessment and biodiversity visión*. Compilado por WWF, CONABIO, PRONATURA e ITSM, Washington, D.C.

Duponnois, R., Ouahmane, L., Kane, A., Thioulouse, J., Hafidi, M., Boumezzough, A., & Dreyfu, B. (2011). Nurse shrubs increased the early growth of *Cupressus* seedlings by enhancing belowground mutualism and soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 43, 2160–2168.

Evans, D. D., & Thames, J. L. (1981). Water in desert ecosystems. *Water in Desert Ecosystems*, 11, 280.

- Fenner, M. (1989). Seed ecology (Chapman Hall, London, 1985); SM Louda. In Leck, M. A., Parker, V. T. & Simpson, R. L. (Ed.), *Ecology of Soil Seed Banks* (25-51).
- Flores, J. (2001). Dinámica del establecimiento de plantas de diferentes formas de vida del desierto de Tehuacán, México. Tesis doctoral. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz.
- Flores, J., & Jurado, E. (2003). Are nurse-protégé interactions more common among plants from arid environments?. *Journal of Vegetation Science*, 14, 911-916.
- Flores, J., Jurado, E., & Arredondo, A. (2006). Effect of light on germination of seeds of Cactaceae from the Chihuahuan Desert, México. *Seed Science Research*, 16, 149-155.
- Franco, A.C. & Nobel, P.S. (1988). Interactions between seedlings of *Agave deserti* and the nurse plant *Hilaria rigida*. *Ecology* 69: 1731-1740.
- Franco, A.C. & Nobel, P.S. (1989). Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. *J Ecol* 77:870-886.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, N.A. & Mandujano, M.del C. (2010). Patrón de distribución espacial y nodricismo del peyote (*Lophophora williamsii*) en Cuatrociénegas, México. *Cact Suc Mex* 55(2): 36-55.
- García-Arana, M. A. (1996). Análisis de la cubierta vegetal y propuesta para la zonificación ecológica del Cerro El Potosí, Galeana, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León.

- García-Moya, E. & Mckell, C.M. (1970). Contributions of shrubs to the nitrogen economy of a desert wash plant community. *Ecology* 51:81-88.
- Godínez H. & Valiente A. (1998). Germination and early seedling growth of Tehuacan Valley cacti species: the role of soils and seed ingestion by dispersers on seedling growth. *Journal of Arid Environments*. 39: 21-21.
- Golubov, J., Martínez Valenzuela, P. A., Durán Campos, E. J., & Martínez Cervantes, Y. (2010). Distribución espacial y nodricismo en *Mammillaria carnea* en el municipio de Valerio Trujano, Cuicatlán, Oaxaca. *Cactáceas y suculentas mexicanas*, 55, 56-64.
- Górski, T., Górka, K., & Nowicki, J. (1977). Germination of seeds of various herbaceous species under leaf canopy. *Flora*, 166(3), 249-259.
- Guzmán, U., Arias, S., & Dávila, P. (2003). *Catálogos de las cactáceas mexicanas*. D.F.: México: Universidad Nacional Autónoma de México-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN 970-9000-20-9
- Guzmán, U., Arias, S., & Dávila, P. (2007). *Catálogo de Cactáceas Mexicanas*. D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández M., & Godínez, A. (1994). Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26: 33-52.
- Hernández, H.M. & Barcenas, R.T. (1995). Endangered Cacti in the Chihuahuan Desert: I. Distribution Patterns. *Conserv Biol* 9:1176-1188
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2013). *Manual gráfico para la descripción varietal del chaute (Ariocarpus retusus Scheidw.) Cactácea ornamental del Desierto Chihuahuense*. Primera Edición. D.F., México: INIFAP.

- Jordan, P.W. & Nobel, P.S. (1979). Infrequent establishment of seedlings of *Agave deserti* (Agavaceae) in the Northwestern Sonoran Desert. *Amer J Bot* 66:1079-1084
- Juárez, E. I. L., Treviño-Carreón, J., Drouaillet, B. E., Poot, W. A., Poot, V. V. T., & Ballesteros-Barrera, C. (2016). determinación de las especies nodriza de *ferocactus pilosus* (galeotti) werderm. (cactaceae) en miquihuana, tamaulipas, méxico [determination of nurse species of *ferocactus pilosus* (galeotti) werderm. (Cactaceae) IN MIQUIHUANA, TAMAULIPAS, MEXICO.
- Maestre, F. T., Valladares, F., & 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.
- McAuliffe, J.R. (1984a). Prey refugia and the distributions of two Sonoran Desert cacti. *Oecologia* 65:82-85.
- McAuliffe, J.R. (1984b). Sahuaro-nurse tree associations in the Sonoran Desert: competitive effects of sahuaros. *Oecologia* 64:319-321.
- Méndez, M., Dorantes, A., Dzib, G., Argáez, J., & Durán, R. (2006). Germinación y establecimiento de plántulas de *Pterocereus gaumeri*, una cactácea columnar, rara y endémica de Yucatán, México. *Botanical Sciences*, (79), 33-41.
- Milchunas, D. G., & Noy-Meir, I. (2002). Grazing refuges, external avoidance of herbivory and plant diversity. *Oikos*, 99, 113-130.
- Moles, A. T., Perkins, S. E., Laffan, S. W., Flores-Moreno, H., Awasthy, M., Tindall, M. L., ... & Anand, M. (2014). Which is a better predictor of plant traits: temperature or precipitation?. *Journal of Vegetation Science*, 25(5), 1167-1180.

- Munguía-Rosas, M. A., Jácome-Flores, M. E., Sosa, V. J., & Quiroz-Cerón, L. M. (2009). Removal of *Pilosocereus leucocephalus* (Cactaceae, tribe Cereeae) seeds by ants and their potential role as primary seed dispersers. *Journal of arid environments*, 73(4-5), 578-581.
- Muro-Pérez, G., Jurado, E., Flores, J., Sánchez-Salas, J., García-Pérez, J., & Estrada, E. (2012). Positive effects of native shrubs on three specially protected cacti species in Durango, México. *Plant Species Biology*, 27, 53-58.
- Nobel, P.S. (1980). Morphology, nurse plants, and minimum apical temperatures for young *Carnegiea gigantea*. *Bot Gaz* 141:188-191.
- Nobel, P.S. (1984). Extreme temperatures and thermal tolerances for seedlings of desert succulents. *Oecologia* 62: 310-317.
- Nobel, P.S., Geller, G.N., Kef, S.C. & Zimmerman, A.D. (1986). Temperatures and thermal tolerances for cacti exposed to high temperatures near the soil surface. *Plant Cell Environ* 9:279-287.
- Nuñez, C., Aizen, M.A., & Ezcurra, C. (1999). Species associations and nurse plant effects in patches on high Andean vegetation. *J Veg Sci* 10:357-364
- Pearson, T., Burslem, D., Mullins, C., & Dalling, J. (2003). Functional significance of photoblastic germination in neotropical pioneer trees: a seed's eye view. *Functional Ecology* 17: 394-402.
- Powell, A.M. & Weedin, J.F. (2004). *Cacti of the Trans-Pecos and adjacent areas. Lubbock, Texas*. Texas, USA: Tech University Press.
- Ramírez-Marcial, N., Camacho-Cruz, A., & González-Espinosa, M. (2008). Clasificación de grupos funcionales vegetales para la restauración del bosque mesófilo de montaña. *Ecología, Manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México*, 51-72.



- Reyes-Olivas, A., Garcia-Moya, E., & López-Mata, L. (2002). Cacti–shrub interactions in the coastal desert of northern Sinaloa, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 52(4), 431-445.
- Rojas-Aréchiga, M., Mandujano, M. C., & Golubov, J. K. (2013). Seed size and photoblastism in species belonging to tribe Cacteeae (Cactaceae). *Journal of Plant Research*, 126, 373-386.
- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, DF, México. 1ª edición digital. 504 p.
- Sabo, D. G. (1979). *Germination requirements of 19 species of arid land plants* (Vol. 210). Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Forest Service, US Department of Agriculture.
- Solbrig, O. T. (Ed.). (1980). *Demography and evolution in plant populations* (Vol. 15). USA, California: University of California Press.
- Steenbergh, W.H., & Lowe, C.H. (1997). *Ecology of the Saguaro II: Reproduction, Germination, Establishment, Growth and Survival of the young plant*. National Park Service Scientific Monograph Series 8. U. S. Washington D.C., Government Printing Office.
- Suzán, H., Nabhan, G.P., & Patten, D.T. (1994). Nurse plant and floral biology of a rare night-blooming *Cereus*, *Peniocereus striatus* (Brandege) F. Buxbaum. *Conserv Biol* 13:98-107.
- Treviño-Carreón, J., Gutiérrez-Lozano, J., Vargas-Tristán, V., & de Jesús, M. (2012) La vegetación del altiplano de tamaulipas, méxico vegetation of the highlands in tamaulipas, mexico. *Recursos Naturales*, p 1.
- Turner, R.M., & Bowers, J.E., & Burgess, T.L. (1995). *Sonoran desert plants: an ecological atlas*. Tucson, Arizona: The University of Arizona Press.

- USFWS (U.S. Fish and Wildlife Service). (1986). *Nichol Turk's Head Cactus* (Echinocactus horizonthalonius var. nicholii) *Recovery Plan*. Albuquerque, NM.
- Valiente-Banuet, A., & Ezcurra, E. (1991). Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley, Mexico. *The Journal of Ecology*, 961-971
- Valverde, P. L., Zavala-Hurtado, J. A., Jiménez-Sierra, C., Rendón-Aguilar, B., Cornejo-Romero, A., Rivas-Arancibia, S., & Pérez-Hernández, M. A. (2009). Evaluación del riesgo de extinción de *Mammillaria pectinifera*, cactácea endémica de la región de Tehuacán-Cuicatlán. *Revista mexicana de biodiversidad*, 80(1), 219-230.
- Zamora, R., García-Fayos, P., & Gómez-Aparicio, L. (2004). Las interacciones planta-planta y planta-animal en el contexto de la sucesión ecológica. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Milberg, P., Andersson, L., & Thompson, K. (2000). Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. *Seed science research*, 10(1), 99-104.
- Bewley, J. D., & Black, M. (2013). *Seeds: physiology of development and germination*. Springer Science & Business Media.
- Flores, J., & Jurado, E. (2011). Germinación de especies de cactáceas en categoría de riesgo del desierto chihuahuense. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 2(8), 59-70.
- Rojas-Aréchiga, M., & Batis, A. I. (2001). Las semillas de cactáceas...¿ forman bancos en el suelo. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 46(4), 76-82.

Ferrer, M., Durán, R., Méndez, M., Dorantes, A., & Dzib, G. (2011). Dinámica poblacional de genets y ramets de *Mammillaria gaumeri* cactácea endémica de Yucatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (89), 83-105.