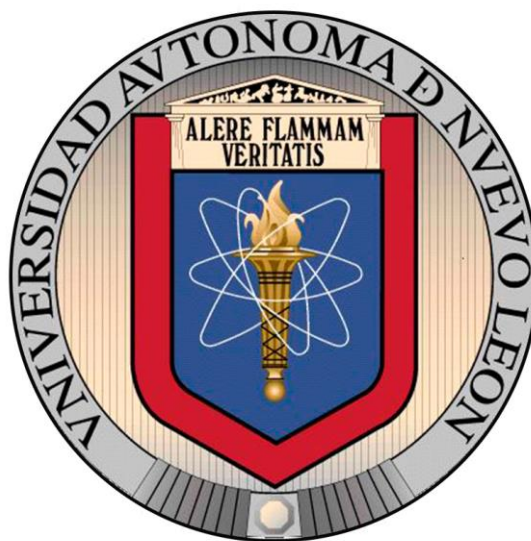


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**ASOCIACIÓN NODRIZA-PROTEGIDA Y BANCO DE SEMILLAS
DE *Aztekium hintonii*, GLASS & W.A. FITZ. MAUR (CACTACEAE)
EN GALEANA, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

POR:

ESMERALDA GUADALUPE MARTÍNEZ RAMÍREZ

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

JUNIO 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**ASOCIACIÓN NODRIZA-PROTEGIDA Y BANCO DE SEMILLAS
DE *Aztekium hintonii*, GLASS & W.A. FITZ. MAUR (CACTACEAE)
EN GALEANA, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

POR:

ESMERALDA GUADALUPE MARTÍNEZ RAMÍREZ

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

JUNIO 2020

ASOCIACIÓN NODRIZA-PROTEGIDA Y BANCO DE SEMILLAS
DE *Aztekium hintonii*, GLASS & W.A. FITZ. MAUR (CACTACEAE)
EN GALEANA, NUEVO LEÓN, MÉXICO

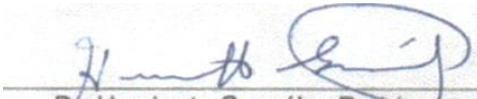
Aprobación de Tesis

Eduardo Estrada C.

Dr. Andrés Eduardo Estrada Castellón



Dr. César Martín Cantú Ayala



Dr. Humberto González Rodríguez



Dra. Wibke Himmelsbach

JUNIO, 2020

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Nuevo León, Mi Alma Mater por abrirme sus puertas nuevamente.

Al CONACYT, por el apoyo brindado al otorgarme una beca, la cual me ayudo a culminar esta especialidad.

Al Dr. Andrés Eduardo Estrada Castellón, por todo su apoyo incondicional, por ser una persona muy atenta, de gran confianza, y por darme la oportunidad de participar en uno de sus proyectos al realizar esta investigación, llenarme de sus conocimientos, consejos y su buena disposición para realizar este trabajo.

A la Dra. Wibke por todo su apoyo brindado durante esta especialidad y por su asesoría, por todas las sugerencias brindadas y sobre todo por los conocimientos transmitidos que llevare siempre conmigo.

Al Dr. Cesar Cantú Ayala por ser una gran persona, amable y sencilla que siempre generó en mi una gran confianza y por su buena disposición y tiempo en la participación de este trabajo y por las sugerencias brindadas gracias.

Al Dr. Humberto por ser una persona amable y atenta, así como también por brindar siempre de manera respetuosa su conocimiento, sugerencias y aportes en este trabajo de investigación.

DEDICATORIAS

Mi tesis la dedico con mucho cariño y amor.

A mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén conmigo a mi lado. Los quiero mucho y este trabajo que me llevó un año hacerlo es para ustedes, por ser la mayor de sus hijas aquí está lo que ustedes me brindaron, solamente les estoy devolviendo lo que ustedes me dieron en un principio.

A mi hermana Karla, por estar conmigo y apoyarme siempre, alentándome y ayudándome en este pasaje de mi vida profesional, disculpa las desveladas que también pasaste por ayudarme a pesar de que es una carrera opuesta a la tuya, siempre mostraste las intenciones de ayudarme si necesitaba algo te quiero mucho.

A Luis Fernando por estos años de conocernos y en los cuales hemos compartido tantas cosas, hemos pasado tanto que ahora estás conmigo en este día tan importante para mí. Solo quiero darte las gracias por todo el apoyo que me has dado para continuar y seguir con mi camino, gracias por estar conmigo y recuerda que eres muy importante para mí.

A todos mis amigos Armando, Deisy, Elisama, Fátima, Fernando, Flor, Pedro, Rodolfo, Samuel, Thalía, Víctor; por estar conmigo en todo este tiempo donde hemos vivido momentos felices y tristes, gracias por ser mis amigos y recuerden que siempre los llevaré en mi corazón.

Índice

Resumen	VII
Abstract	VIII
1. Introducción	1
1.1. Justificación	3
2. Antecedentes	4
2.1. La familia Cactaceae	4
2.1.1. Asociaciones bióticas nodriza-protegida	5
2.1.2. Obstáculos para su conservación	6
2.1.3. Propagación	7
Semilla	7
Banco de semillas	7
2.2. Género <i>Aztekium</i> Boed	8
2.2.1. Descripción morfológica de <i>Aztekium</i>	10
2.2.2. <i>Aztekium hintonii</i>	11
2.2.3. Características del hábitat y distribución	12
3. Hipótesis y objetivos	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
Hipótesis	13
4. Materiales y métodos	14
4.1. Área de estudio	14
4.2. Diseño del experimento y medición de individuos	15
4.3. Colecta de suelo y determinación de semillas	16
4.4. Análisis estadísticos	17
Prueba de <i>t</i> de Student	17
ANOVA	18
5. Resultados	18
5.1. Análisis Estadísticos	18
5.2. Especies asociadas a <i>Aztekium hintonii</i> exposición Este	18
5.3 Especies asociadas a <i>Aztekium hintonii</i> exposición Sureste	20
5.4 Determinación de semillas	22
6. Discusión	24

7. Conclusión.....	26
8. Literatura citada Esmeralda. Dejo a su criterio la revisión de esta sección. No obstante se detectan inconsistencias en el formato, estilo y algunas omisiones (puntuación, espaciado, uso de mayúsculas y minúsculas, título de la revista, volúmenes, páginas, etc., entre las diferentes citas.	28

Índice de Figuras

Figura 1. Especies del género <i>Aztekium</i> a) <i>Aztekium hintonii</i> b) <i>Aztekium valdezii</i> c) <i>Aztekium ritteri</i>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2. A la derecha <i>Aztekium hintonii</i> , a la izquierda <i>Geohintonia mexicana</i> , distinguidas por el color y número de costillas.	11
Figura 3. Ladera de yeso en Galeana, Nuevo León.....	12
Figura 4. Galeana Nuevo León en Sierra Madre Oriental.	14
Figura 5. Parte del Sitio donde se llevó a cabo el muestreo.	15
Figura 6. Diseño experimental del muestreo.	16
Figura 7. <i>Aztekium hintonii</i> presente en cuadrante exposición Este.	16
Figura 8. Semilla de <i>Aztekium hintonii</i> de 6mm vista a través del estereoscopio.	17
Figura 9. Número de <i>A. hintonii</i> presentes en cada una de las especies nodrizas encontradas en las 5 líneas exposición Este.....	20
Figura 10. Número de <i>A. hintonii</i> presentes en cada una de las especies nodrizas encontradas en las 5 líneas exposición Sureste	21
Figura 11. Grupo de <i>Aztekium Hintonii</i> bajo <i>Agave striata</i>	22
Figura 12. Número de semillas presentes en el área de estudio por líneas con exposición Este.....	23
Figura 13. Número de semillas presentes en el área de estudio por líneas con exposición Sureste.....	24

Índice de Tabla

Tabla 1. Especies nodrizas y número de <i>Aztekium hintonii</i> presentes en el sitio con exposición Este.	19
Tabla 2. Especies nodrizas y número de <i>Aztekium hintonii</i> presentes en el sitio con exposición Sureste.....	21

Resumen

La condición de nodriza es una estrategia de plantas de zonas áridas; radica en que los propágulos se establecen bajo plantas o rocas (consideradas nodrizas), obteniendo los beneficios de disminución de la temperatura, aumento de la cantidad de nutrientes, protección contra depredadores, daños mecánicos, radiación solar, heladas, etc. Se fijaron tres objetivos: 1) determinar las relaciones ecológicas de cactáceas en la producción de semillas y sus relaciones ambientales, 2) evaluar el efecto nodriza de *Aztekium hintonii* y explorar su relación con la exposición, así como las nodrizas preferidas en dos sitios en Galeana, Nuevo León, y 3) Detectar la formación de un banco de semillas en diferentes pendientes. El estudio se realizó en Galeana Nuevo León, México, donde se establecieron transectos (líneas) de 50 metros, con cuadrantes de 1 m² alternos en ambos lados de la línea, donde se determinó el porcentaje de nodrizas preferidas por *Aztekium hintonii*, así como también se colectó muestras de suelo para determinar y cuantificar el número de semillas encontradas. Como resultados, se obtuvo que *Aztekium hintonii* si presenta preferencia por plantas nodrizas; las especies con mayor presencia fueron *Aztekium hintonii*, *Notholaena*, *Selaginella pilifera*, *Cevallia sinuata*, Poaceae y roca caliza sedimentaria, así como también se encontró un gran número de semillas presentes en el suelo. Como conclusiones se tiene que *Aztekium hintonii* aprovecha la presencia de la mayoría de las especies vegetales, así como rocas como nodrizas en el área, así como también la formación de banco de semillas.

Abstract

The condition of nurse is a strategy of plants in arid zones, is that the propagules are established under plants or rocks (considered nurses), obtaining the benefits of decreasing temperature, increasing the amount of nutrients, protection against predators, damage mechanical, solar radiation, frost, etc. Three objectives were set: 1) to determine the ecological relationships of cacti in seed production and their environmental relationships, 2) to assess the nurse effect of *Aztekium hintonii* and to explore its relationship with exposure, as well as the preferred wet nurses at two sites in Galeana, Nuevo Leon and 3) to detect the formation of a seed bank on different slopes. The study was carried out in Galeana, Nuevo León, Mexico, where transects (lines) of 50 meters were established, with alternate quadrants of 1 m² on both sides of the line, where the percentage of preferred nurses by *Aztekium hintonii* was determined, as well as soil samples were collected to determine and quantify the number of seeds found. As results, it was observed that *Aztekium hintonii* shows a preference for suckling plants; the species with the highest presence were *Aztekium hintonii*, *Notholaena*, *Selaginella pilifera*, *Cevallia sinuata*, *Poaceae* and sedimentary limestone, as well as finding a large number of seeds present in soil. As conclusions, *Aztekium hintonii* takes advantage of the presence of most plant species, as well as rocks like wet nurses in the area, as well as the formation of a seed bank.

1. Introducción

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.

Muchas cactáceas de sistemas áridos y semiáridos se desarrollan bajo el dosel de los arbustos ya que éstos atenúan la radiación solar y consecuentemente la temperatura del suelo. Además, los arbustos ofrecen refugio contra herbívoros y suelen mejorar el contenido de nutrientes en el suelo (Turner, 1966; Valiente Banuet, 1991). Por otro lado, se han detectado efectos negativos (alelopatía, competencia por recursos) entre los arbustos y las cactáceas (McAuliffe, 1984; Franco y Nobel, 1989). El balance dinámico entre estas interacciones y los mecanismos de dispersión determinan la distribución de las cactáceas en estos ambientes.

Por lo general, las poblaciones de especies de cactáceas son poco abundantes, se encuentran aisladas entre sí y su crecimiento es lento. Si se considera además la problemática a la que están sujetas, se hace imprescindible conocer los diversos aspectos de su biología reproductiva, entre ellos cuál es el mecanismo por el que se preservan sus semillas. Una de estas formas es mantenerse en bancos de semillas por un tiempo determinado antes de su germinación de modo que se regeneren las poblaciones.

Un banco de semillas es una agregación de semillas que aún no germinan; potencialmente, son capaces de establecerse y formar parte de la vegetación en pie. Las semillas que lo constituyen forman una población con "memoria" de las condiciones selectivas que predominaron en el pasado, así como las condiciones más recientes (Baker, 1989). Asimismo, este banco preserva la variabilidad genética y permite que las poblaciones de plantas resistan periodos adversos y

persistan en el tiempo y en el espacio dependiendo del tamaño y duración de su banco de semillas (Harper, 1997; Templeton y Levin, 1979; Thompson y Grime, 1979). Ya que la estructura del banco de semillas se verá favorecida por la presencia y producción de las especies de la comunidad vegetal anterior y presente, así como de la longevidad de las semillas en las condiciones locales (López-Mariño *et al.*, 2000).

A nivel nacional, Nuevo León ha sido señalado como un estado con alta riqueza en especies y géneros, siendo colocado en segundo lugar (Guzmán *et al.* 2003; González Botello, 2004). Sin embargo, es en las inmediaciones de la Sierra Madre Oriental y la Planicie Costera del Golfo, en donde se localizan géneros endémicos como *Geohintonia*, *Aztekium* y *Digitostigma* (Anderson, 2001; Velazco Macías y Nevarez de los Reyes, 2002; Del Conde Juárez *et al.*, 2009).

Aztekium es un género pequeño y morfológicamente homogéneo de plantas globoso-deprimidas a cortamente cilíndricas. Este género se identifica por una combinación de características morfológicas: tallos cortos, menores de 10-15 cm de diámetro, verde-grisáceos, costillas bien definidas, angostas, aréolas muy próximas entre sí, espinas restringidas a las areolas apicales; flores emergen en el ápice de tallo, pericarpelo y tubo receptacular desnudos, tépalos y estambres escasos. Las semillas son menores de 0.8 mm de largo y con estrofiolo (Hunt, 2006). Las plantas de este género crecen en el matorral xerófilo típico del norte de México (Rzedowski, 2006) pero en ambientes particulares definidos por paredes o colinas con yeso o calizas.

Los trabajos al respecto sugieren que la selección de nodrizas puede deberse a una o a varias de las siguientes causas; mayores depósitos de semillas bajo la copa de los arbustos, sitios de mayor humedad, sitios seguros contra herbívoros, sitios con alta disponibilidad de nutrientes y soporte físico (Muro, 2011). Con base a lo anterior, en el presente trabajo se determinaron las especies nodriza de *Aztekium hintonii* y la formación de un banco de semillas en una población natural en el Municipio de Galeana, Nuevo León, México.

1.1. Justificación

El estudio se realizó con la finalidad de conocer la relación ecológica de la especie *Aztekium hintonii*, cactácea endémica del municipio de Galeana, Nuevo León con otras especies vegetales (nodricismo). Esta especie se encuentra legalmente protegida en México de acuerdo con la lista nacional de especies en riesgo de extinción, NOM-059-SEMARNAT-2010, donde se categoriza como amenazada (SEMARNAT, 2010).

Debido a las dificultades de reproducir plántulas de *A. hintonii* y el alto riesgo de extinción que corren las poblaciones silvestres, se realizó un estudio para determinar si forma banco de semillas en el suelo para contribuir con conocimiento básico a las posibilidades de reproducir y conservar esta cactácea endémica.

2. Antecedentes

Con más de 20,000 especies probables de plantas vasculares, México se considera de las zonas florísticas más ricas. Este aspecto reside en sus condiciones fisiográficas, representadas por una gran diversidad de climas y alto porcentaje de endemismo. Por otra parte, el pasado geológico, donde las intensas migraciones de plantas de procedencia diversa y la evolución de floras, contribuyeron para la riqueza florística que contemplamos hoy (Rzedowski, 2006). Entre las plantas más notables que caracterizan el paisaje de las zonas áridas de México se distinguen, junto con los magueyes, los mezquites y las yucas, un fascinante grupo vegetal, la familia Cactaceae (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978).

2.1. La familia Cactaceae

Las cactáceas se localizan principalmente en las zonas áridas y semiáridas. Este tipo de zonas ecológicas ocupan la mitad del territorio mexicano (Challenger, 1998) y alcanzan su máxima diversidad y abundancia en los matorrales xerófilos. No obstante, es posible encontrarlas también en los bosques tropicales caducifolios y espinosos, así como en las regiones cálido-húmedas.

Hernández y Godínez (1994) reportan que México concentra dentro de su territorio 48 géneros y 563 especies de cactáceas, presentando un elevado endemismo a nivel genérico y específico (73% y 78%, respectivamente). Recientemente, Villaseñor (2003) reportó que esta familia mundialmente registra alrededor de 100 géneros, de los cuales 74 se presentan en México, por lo que del total de especies, del 50 al 70% se localizan en nuestro país (946 de 1,500 especies a nivel mundial), además de tener 239 variedades o subespecies. La familia Cactaceae es la quinta familia con el mayor número de especies nativas en la flora de México, con un endemismo del 82.6%. Las principales regiones desérticas donde este grupo se distribuye en México son: Desierto Chihuahuense

(subregión principal, meridional y este), Desierto Sonorense y Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Fitz y Anderson, 1997; Hernández, 2006).

2.1.1. Asociaciones bióticas nodriza-protegida

Las cactáceas poseen una serie de adaptaciones morfo-fisiológicas adquiridas en respuesta a las presiones del medio árido. La adaptación fisiológica más evidente es su capacidad de almacenar y conservar agua en sus tejidos (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978; Sánchez-Mejorada, 1986), debido al gran desarrollo del tejido parenquimatoso (suculencia) y el engrosamiento de la cutícula que evita la transpiración. Además, el metabolismo CAM (Metabolismo Ácido de las Crasuláceas) permite que la pérdida de agua por transpiración sea menor (disminuye el riesgo de deshidratación), ya que mejora la “eficiencia de uso del agua” de la planta, es decir, la cantidad de dióxido de carbono fijado por cada unidad de agua que se transpira (Challenger, 1998; Mauseth, 1998;).

Las cactáceas presentan asociaciones bióticas con otras plantas que se conocen como nodriza-protegida 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-protegida permiten a las especies protegidas crecer en ambientes que de otra forma no serían favorables para su establecimiento (Valiente Banuet y Ezcurra, 1991, Turner *et al.*, 1996; 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 estas, pues la mayoría de las veces crean condiciones necesarias para el establecimiento de otras especies (McAuliffe, 1984).

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 depósito 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.

2.1.2. Obstáculos para su conservación

La destrucción y/o modificación de su hábitat y sobre-colecta o colecta ilegal constituyen las principales causas de la reducción de las poblaciones silvestres de cactáceas (Benson, 1977; Vovides y Gómez-Pompa, 1977; Sánchez-Martínez *et al.*, 1995; Challenger, 1998; Castro-Gallo *et al.*, 2002). El cambio de uso de suelo en las zonas áridas y semiáridas es ocasionado principalmente por la conversión a tierras de uso agrícola (agricultura de riego) y pecuario (sobrepastoreo de ganado introducido). Además, la extracción ilegal de ejemplares de sus hábitats naturales ocasiona la drástica reducción de las poblaciones silvestres de cactáceas (Glass, 1998). Estos factores, aunados al lento crecimiento y baja capacidad de recuperación de las poblaciones naturales, hacen de las cactáceas un grupo taxonómico con un alto índice de especies amenazadas o en peligro de extinción (Arias *et al.*, 2005).

Respecto a su situación dentro del comercio internacional, el CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) incluye a toda la familia Cactaceae en su Apéndice II y cerca de 41 especies mexicanas en el Apéndice I, que es el más restrictivo (Benítez y Dávila, 2002; Guzmán *et al.*, 2003). Los ecosistemas de las zonas áridas son particularmente frágiles y de lenta restauración, por lo que el mejor método para la protección de cactáceas es la preservación del hábitat (Benson, 1977; Vovides y Gómez-Pompa, 1977).

2.1.3. Propagación

Semilla

La semilla es el medio de reproducción sexual de las espermatofitas, gimnospermas y angiospermas. Es definida como ovulo fecundado, independientemente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo vegetal (Camacho-Morfin, 1994). En el interior de las semillas se encuentran algunos elementos que posibilitan su germinación, como también reservas nutritivas para los primeros días del establecimiento y crecimiento de la planta nueva (Rodríguez y Apezteguía, 1985). El cultivo a través de la semilla es más lento y difícil en su forma convencional, pero proporciona la oportunidad de obtener variantes seleccionadas de las especies y cultivar híbridos nuevos por polinización manual (León, 2006).

Banco de semillas

Por lo general, las poblaciones de especies de cactáceas son poco abundantes, se encuentran aisladas entre sí y su crecimiento es lento. Si se considera además la problemática a la que están sujetas, se hace imprescindible conocer los diversos aspectos de su biología reproductiva, entre ellos cuál es el mecanismo por el que se preservan sus semillas. Una de estas formas es mantenerse en bancos de semillas por un tiempo determinado antes de su germinación de modo que se regeneren las poblaciones.

Un banco de semillas es una agregación de semillas que aún no germinan; potencialmente, son capaces de establecerse y formar parte de la vegetación en pie. Las semillas que lo constituyen forman una población con "memoria" de las condiciones selectivas que predominaron en el pasado, así como las condiciones más recientes (Baker, 1989). Los bancos de semillas de diferentes especies varían en duración, de temporales a persistentes. En los primeros, su duración corresponde al periodo de diseminación de una cosecha de semillas, en los

segundos las semillas latentes de una especie siempre se encuentran en el suelo (Simpson *et al.*, 1989).

Otro aspecto importante para considerar es la presencia de una reserva de semillas en la planta madre, denominada por Baskin y Baskin (1998) como banco de semillas aéreo y establecen que se forman debido a que los frutos que producen las plantas madre no liberan las semillas al medio de manera inmediata, sino que las retienen por un periodo de tiempo muy variable dependiendo de la especie. Rodríguez-Ortega y Franco (2001), estudiaron este fenómeno, los primeros en el género *Mammillaria* y los segundos en *Mammillaria pectinífera*, llegando a la conclusión de que este tipo de estrategias ayudan a mantener viables las semillas por un periodo más prolongado de tiempo contribuyendo así a alargar la longevidad de las semillas y aumentar sus posibilidades de germinar y establecerse en un futuro.

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

Según Rojas-Aréchiga y Batis (2001) las cactáceas no son capaces de formar bancos de semillas en el suelo a largo plazo, aunque han demostrado la existencia de semillas en bancos a corto plazo; esto se debe, a la intensa depredación de que son objeto las semillas después de su dispersión.

2.2. Género *Aztekium* Boed

El género *Aztekium* consta de tres especies de pequeños cactus globosos. En 1928, Frederich Boedeker describió *Echinocactus ritteri*, con base a una planta facilitada de Frederich Ritter en México. Al año siguiente, Boedeker describió el género *Aztekium*, basando este nombre en la apariencia de la planta y compararla con las pirámides de la cultura azteca de México. Boedeker no designó localidad tipo en su descripción, pero una descripción algo más extensa

apreció en la obra “Kakteen” de Alwin Berger (Berger, 1926), donde se decía que la planta era del estado de Nuevo León, México, aunque a ciencia cierta no se sabe de donde obtuvo Berger esta información. En 1990, George Hinton describió una segunda especie para el género causando un gran revuelo en el mundo de los cactus y sus aficionados. Hinton les pidió a los señores Charles Glass y W. A. Fitz Maurice, que lo describieran y fue bautizado como *A. hintonii* en su honor. Ambas especies florecen durante el día en primavera y verano. Un estudio comparativo entre *Aztekium* y *Strombocactus* fue realizado en 1984 por Anderson y Skillman (Anderson-Skillman, 1984), quienes determinaron que ambos géneros son diferentes. Investigaciones adicionales comparando las dos especies de *Aztekium* fueron realizadas por Charles Glass y Fitz Maurice en 1992. *Aztekium ritterii*, *Aztekium hintonii* y *Aztekium valdezii* se distribuyen únicamente en Nuevo León (CITES, 2001).

Por tanto, el género *Aztekium* se encuentra sólo en México y es nativo del estado de Nuevo León. Si bien para 1981 se creía que su estado de conservación era crítico, actualmente se considera que está fuera de riesgo. Debido a que su comercio se realiza actualmente con plantas y semillas provenientes de viveros, y que su hábitat se encuentra en un lugar mayormente inaccesible y libre de aprovechamiento humano, la población del *Aztekium hintonii* se pudo recuperar ligeramente. Su nombre está dedicado al pueblo azteca, debido a ciertas reminiscencias entre el formato del cacto y algunas esculturas aztecas (CONABIO, 1998). Es un género bastante buscado por los coleccionistas por la rústica belleza de sus tallos en la que contrasta la delicadeza de sus flores. Su lento crecimiento a partir de semillas y la dificultad de hacerlos crecer desde plántulas desanima a la mayoría, por lo que se recurre muchas veces al injerto, primero sobre *Pereskopsis* y más tarde sobre el porta-injerto definitivo. Sin embargo, al ser injertados no logran tonos púrpuras en sus tallos, manteniéndose verdes (CITES, 2001).

2.2.1. Descripción morfológica de *Aztekium*

Plantas pequeñas, más o menos cespitosas; tallos globosos-aplanados, color verde grisáceo, con ápice lanoso, provisto de costillas y falsas costillas; costillas en número variable, integradas por tubérculos triangulares muy numerosos y apretados longitudinalmente; la comprensión lateral de la base de los tubérculos ejercida entre una y otra costilla da origen a las falsas costillas que son más angostas e interpuestas entre las primarias; aréolas muy próximas entre sí, algo lanosas; espinas solo en las aréolas apicales, pequeñas y algo aplanadas; flores en el ápice del tallo, en la región florífera de las aréolas jóvenes; pericarpelo cortamente cilíndrico; receptáculo infundibuliforme, con el tubo largo y angosto; segmentos del perianto de color rosa claro; estambres escasos, los primarios, insertos en la parte superior del tubo receptacular; estilo largo, lóbulos del estigma 4 ó 5; fruto pequeño, claviforme, blanquecino con tinte rosado, membranoso cuando madura, quedando incluido en la lana del ápice, donde revienta. Semillas globosas hasta piriformes, de 0.5 mm de longitud, con testa negra y gruesamente tuberculada; hilo basal amplio; arilo muy grande (Bravo y Sánchez, 1991).

El género *Aztekium* comprende tres especies (Figura 1.)



Figura 1. Especies del género *Aztekium* a) *Aztekium hintonii* b) *Aztekium valdezii* c) *Aztekium ritteri*

2.2.2. *Aztekium hintonii*

Llamada comúnmente Biznaga de yeso, tiene tallo solitario, globular, 9 cm de altura, 10 cm de diámetro, en ocasiones presenta un crecimiento tipo columnar, color gris-verdoso opaco, ápice hundido y con abundantes y muy compactados pelos lanosos blancos; costillas de 10-15, 8 cuando son jóvenes, 6-12 mm de profundidad, sub-cerosas; superficie estriada y densa; aréolas cuadradas, muy juntas, donde aparecen espinas lanosas; espinas de 3-13 mm de largo, ganchudas, 0.6-0.7 mm espesor, suaves, quebradizas, que mudan a menudo; flores en el ápice, de 1-3 cm de diámetro, rosa oscuro a magenta; fruto parecido a una baya, incluido en la lana del ápice, conserva adheridos los retos secos del perianto; semillas de 0.8 mm de largo, incluyendo estrofiolo suberoso de 2 mm, testa negro-rojiza, anchamente tuberculada (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 2).



Figura 2. A la derecha *Aztekium hintonii*, a la izquierda *Geohintonia mexicana*, distinguidas por el color y número de costillas.

2.2.3. Características del hábitat y distribución

Crece en las escarpadas laderas de yeso del cañón de Rayones y Galeana, a 760 msnm, asociado con *Selaginella pilifera*, coexistiendo en la profundidad de los cañones con *Geohintonia mexicana*, *Yucca filifera* y *Agave striata* (Figura 3). Con temperatura media mínima 10°C, poca agua y en un sustrato poroso con un alto porcentaje de yeso (sulfato de calcio).



Figura 3. Ladera de yeso en Galeana, Nuevo León.

3. Hipótesis y objetivos

Objetivo general

- Determinar la relación ecológica de nodricismo y la producción de semillas de *Aztekium hintonii*.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto nodriza de *Aztekium hintonii* y analizar r su relación con la exposición y las nodrizas preferidas.
- Detectar la formación de un banco de semillas en diferentes pendientes.

Hipótesis

- *Aztekium hintonii* se desarrolla debajo de la cobertura de otra planta y su banco de semilla difiere en relación con la pendiente y exposición del área.

4. Materiales y métodos

4.1. Área de estudio

Se trabajó en un área de matorral desértico xerófilo del noreste de México, en el municipio de Galeana, Nuevo León (Figura 4); cuenta con vegetación asociada con *Selaginella pilifera*, coexistiendo en la profundidad de los cañones *Geohintonia mexicana*, *Yucca filifera* y *Agave striata*. Se seleccionaron dos sitios de muestreo: el primero con pendiente con exposición al Este y el segundo con pendiente con exposición al Sureste (Figura 5). Los suelos dominantes son del tipo Xerosol háplico y cálcicos que sustentan una vegetación resistente a altas concentraciones de yeso (Estrada-Castillón *et al.*, 2010).

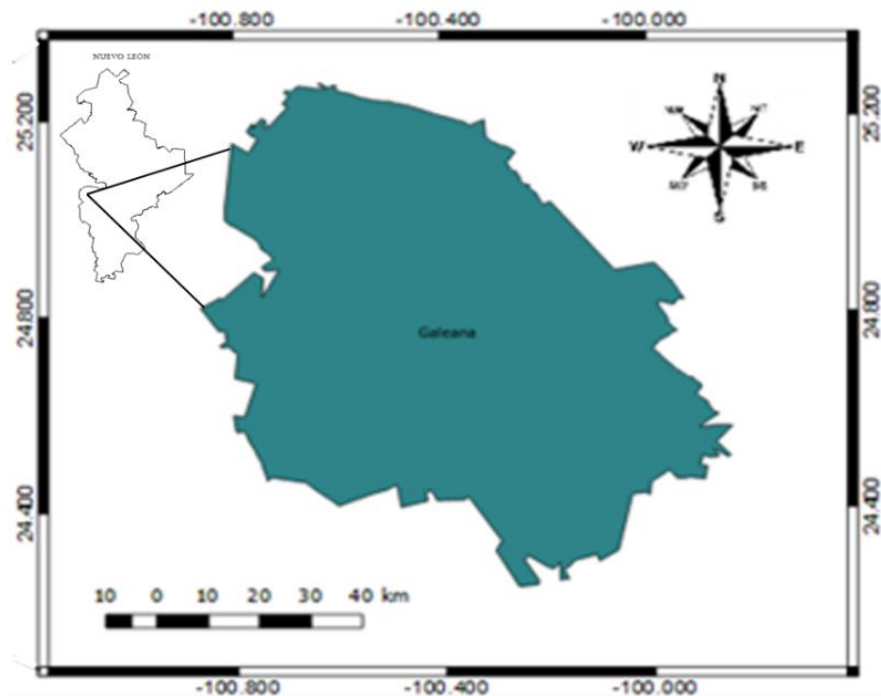


Figura 4. Municipio de Galeana, Nuevo León



Figura 5. Parte del sitio donde se llevó a cabo el muestreo.

4.2. Diseño del experimento y medición de individuos

El estudio se llevó a cabo de marzo a diciembre de 2019. Se establecieron un total de 10 transectos (líneas) de muestreo, de 50 m cada una, y fueron distribuidas en un diseño al azar (Huisa,2015), 5 transectos por cada sitio de muestreo, exposición Este y exposición Sureste, en los cuales se diseñaron cuadrantes de 1 m² alternos por ambos lados del transecto; estos estaban separados entre sí por una distancia de 5 m (Figura 6). Dentro de cada cuadrante, se tomó la presencia (si se encuentra bajo el dosel) o ausencia (fuera del dosel) de asociación para cada individuo, registrando el número de individuos de *Aztekium hintonii* presentes, así como también en el caso de existir dicha asociación, se identificó la especie nodriza para obtener preferencias de asociación (Figura 7). Los muestreos se realizaron tres veces durante el intervalo de marzo a diciembre.

1m ²	5m	1m ²	5m	1m ²	5m	1m ²	5m	1m ²
5m	1m ²	5m	1m ²	5m	1m ²	5m	1m ²	5m

Figura 6. Croquis de las parcelas de muestreo



Figura 7. *Aztekium hintonii* presente en cuadrante exposición Este.

4.3. Colecta de suelo y determinación de semillas

La estimación del banco de semillas se realizó dentro de los cuadrantes de 1 m² en donde se recolectó muestras de suelo (yesoso) en los cuadrantes donde se encontraba la presencia de *Aztekium hintonii* con ayuda de un cilindro con una profundidad de 10 cm las muestras se colocaron en bolsas de papel para después ser llevadas a la Facultad de Ciencias Forestales en donde se cribó el suelo para separar los materiales de acuerdo a su tamaño de partícula individual y con esto facilitar la toma de muestras en cajas Petri, posteriormente colocarlas en un estereoscopio para buscar y separar las semillas presentes así como también cuantificarlas (Figura 8). Las semillas encontradas fueron medidas con

ayuda de una regla; esto para asegurarse de que se trataba de las mismas semillas de *Aztekium hintonii* y no de otras.

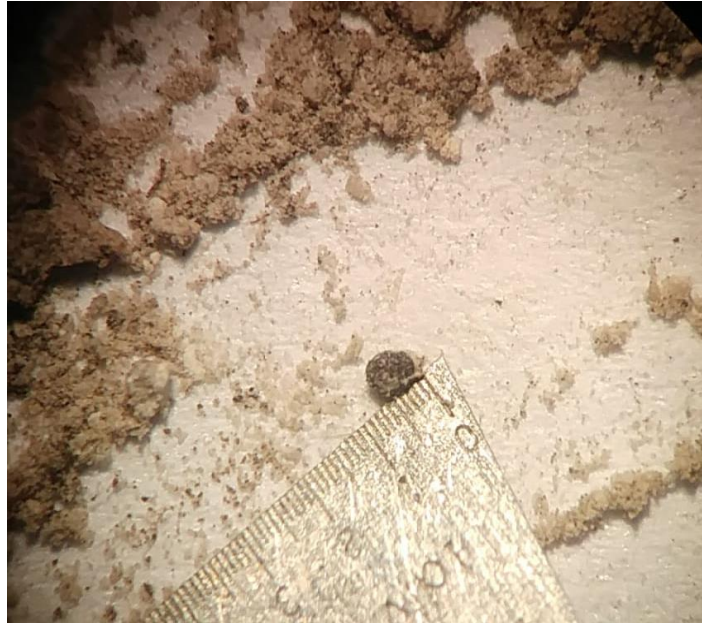


Figura 8. Semilla de *Aztekium hintonii* de 6 mm vista a través del estereoscopio.

Las semillas colectadas se mantienen secas en bolsas de papel a temperatura ambiente como lo señala Moreno *et al.* (1992).

4.4. Análisis estadísticos

Prueba de *t* de Student

Los datos se sometieron a pruebas de normalidad con Kolmogorov-Smirnov y Jarque-Bera JB en el programa Past. Después de comprobar la distribución normal, se utilizaron pruebas de *t* de Student para probar si hay diferencias estadísticas entre la presencia de individuos de *Aztekium hintonii* de bajo o fuera de la cobertura de una planta nodriza.

ANOVA

Se realizó un ANOVA de un factor para comparar las medias del número de individuos con respecto a presencia o ausencia de especie nodriza con las exposiciones. Esto con la finalidad de comprobar si existe una diferencia significativa entre el número de individuos de *Aztekium hintonii* con respecto a la exposición de los sitios. La distribución normal de los datos se comprobó anteriormente con las pruebas de normalidad con Kolmogorov-Smirnov.

5. Resultados

5.1. Análisis Estadísticos

Los datos se sometieron a pruebas de normalidad con Kolmogorov-Smirnov presentaron un comportamiento normal a ($p > 0.05$). La prueba *t* de Student arrojaron un valor $p < 0.05$, lo que muestra que si hay diferencias estadísticas entre la presencia de individuos (*Aztekium hintonii*) debajo o fuera de la cobertura de las nodrizas.

Se realizaron ANOVA para comparar las medias del número de individuos con respecto a presencia o ausencia de especie nodriza con las exposiciones. Se detectaron diferencias estadísticas significativas ya que el valor obtenido fue de ($p < 0.05$), entre la media de número de *Aztekium hintonii* con respecto a las especies nodrizas y con las exposiciones.

5.2. Especies asociadas a *Aztekium hintonii* exposición Este

Se registró un total de 330 individuos de *Aztekium hintonii* en la pendiente con exposición Este, de los cuales el 81.8% de las plantas de *Aztekium hintonii* se encuentran asociados con alguna nodriza. Las más importantes fueron *Aztekium*

hintonii (19.1%), roca caliza (19.4%), *Selaginella pilifera* (13%) e individuos de la familia *Poaceae* (11.8%).

En la Tabla 1 se muestran las especies presentes durante el muestreo con las cuales *Aztekium hintonii* presenta una asociación, así como también el número de individuos presente en dichas especies.

Tabla 1. Especies nodrizas y numero de *Aztekium hintonii* presentes en el sitio con exposición Este.

Espece Nodriza	Numero de <i>Aztekium hintonii</i>	Porcentaje %
<i>Agave lechuguilla</i>	9	2.7
<i>Agave striata</i>	16	4.8
<i>Aztekium hintonii</i>	63	19.1
<i>Dasyllirion berlandieri</i>	25	7.6
<i>Geohintonia mexicana</i>	6	1.8
<i>Poaceae</i>	39	11.8
<i>Roca caliza</i>	64	19.4
<i>Selaginella pilifera</i>	43	13
<i>Yucca Carnerosana</i>	5	1.5
Sin nodriza	60	18.2

La presencia de individuos bajo el dosel de nodrizas fue mayor únicamente en 3 (líneas 1, 2 y 3) (Figura 9).

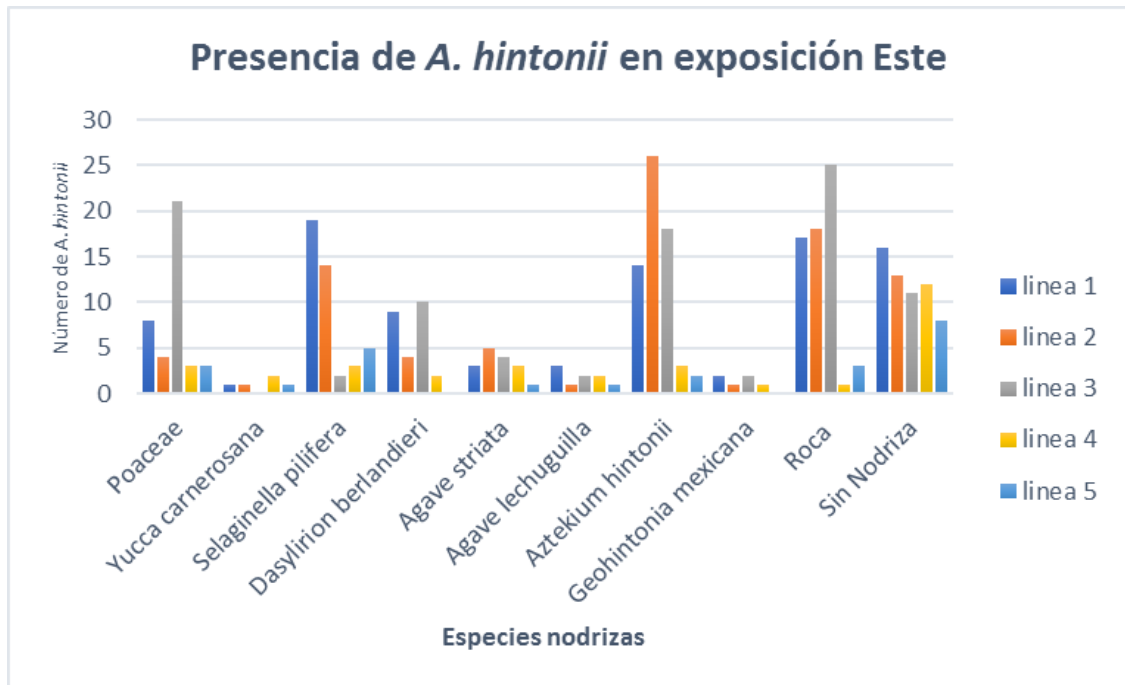


Figura 9. Número de individuos de *A. hintonii* presentes en cada una de las especies nodrizas encontradas en las 5 líneas exposición Este.

5.3 Especies asociadas a *Aztekium hintonii* exposición Sureste

Se registró un total de 402 individuos de *Aztekium hintonii* en la pendiente con exposición Sureste, de los cuales, el 83.8% de los individuos de *Aztekium hintonii* se encuentran asociados con alguna nodriza. Las más importantes fueron *Aztekium hintonii* (22.4%), *Notholaena sinuata* (10%), *Selaginella pilifera* (9.5%), *Hechtia glomerata* (8.5%) y *Cevallia sinuata* (9.2 %).

En la Tabla 2 se muestran las especies presentes durante el muestreo con las cuales *Aztekium hintonii* presenta una asociación, así como también el número de individuos presente en dichas especies.

Tabla 2. Especies nodrizas y número de individuos de *Aztekium hintonii* presentes en el sitio con exposición Sureste.

Especie Nodriza	Numero de <i>Aztekium hintonii</i>	Porcentaje %
<i>Agave lechuguilla</i>	29	7.2
<i>Agave striata</i>	23	5.7
<i>Aztekium hintonii</i>	90	22.4
<i>Cevallia sinuata</i>	37	9.2
<i>Dasyllirion berlandieri</i>	18	4.5
<i>Hechtia glomerata</i>	34	8.5
<i>Notholaena sinuata</i>	40	10
<i>Selaginella pilifera</i>	38	9.5
<i>Verbesina aramberrana</i>	26	6.5
Sin nodriza	67	16.7

La presencia de individuos bajo el dosel de nodrizas fue mayor en 3 transectos (líneas 2, 3 y 4) (Figura 10). En la figura 11 se aprecia ejemplares de *Aztekium hintonii* bajo el dosel de *Agave striata*

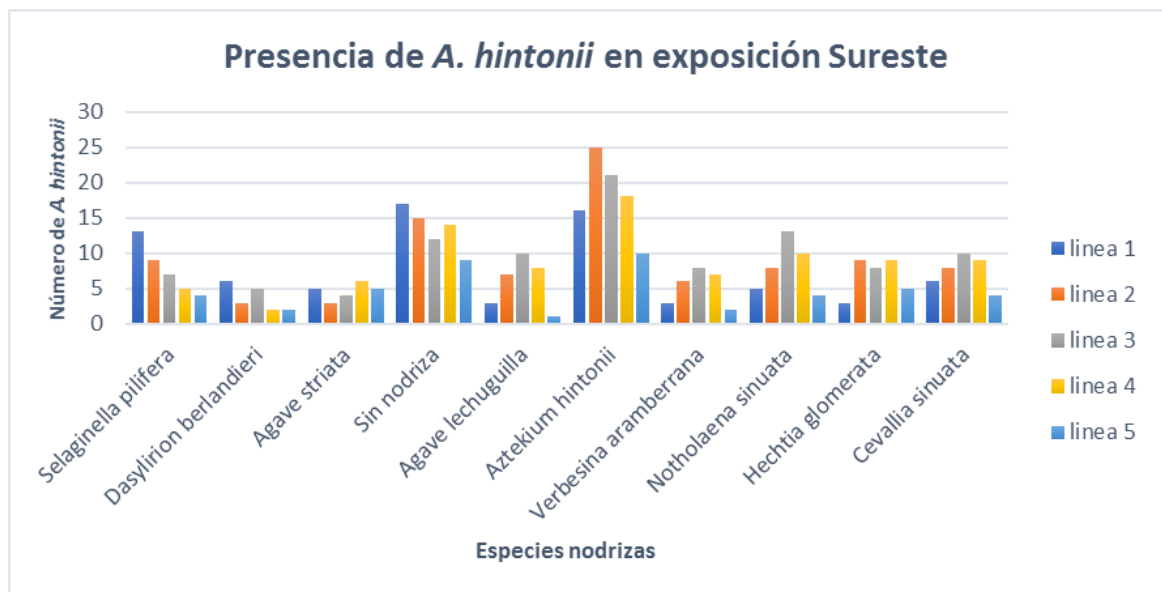


Figura 10. Número de individuos de *A. hintonii* presentes en cada una de las especies nodrizas encontradas en las 5 líneas exposición Sureste.



Figura 11. Grupo de plantas de *Aztekium hintonii* bajo *Agave striata*.

5.4 Determinación de semillas

Se registró un total de 2,673 semillas de *Aztekium hintonii* en la pendiente con exposición Este, de las cuales el mayor número de semillas se encontraron en las líneas 1 y 3 (757-790 semillas), contrario a las líneas 4 y 5 que presentaron el menor número de semillas (315-247 semillas).

Semillas de *Aztekium hintonii* presentes en exposición Este

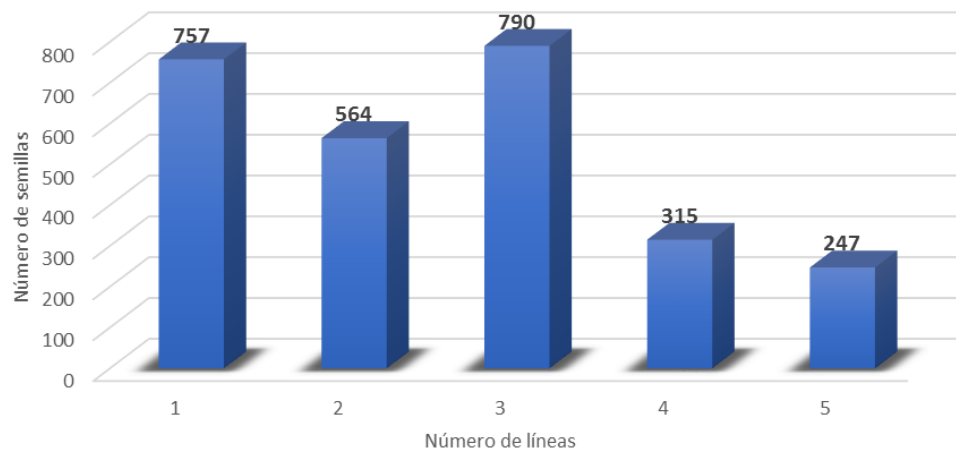


Figura 12. Número de semillas presentes en el área de estudio por líneas con exposición Este.

En la pendiente con exposición Sureste se registró un total de 3,036 semillas de *Aztekium hintonii* ligeramente mayor en comparación al número de semillas registrado en la exposición Este, de las cuales el mayor número de semillas se encontraron en las líneas 2, 3 y 4 (754-815 y 612 semillas).

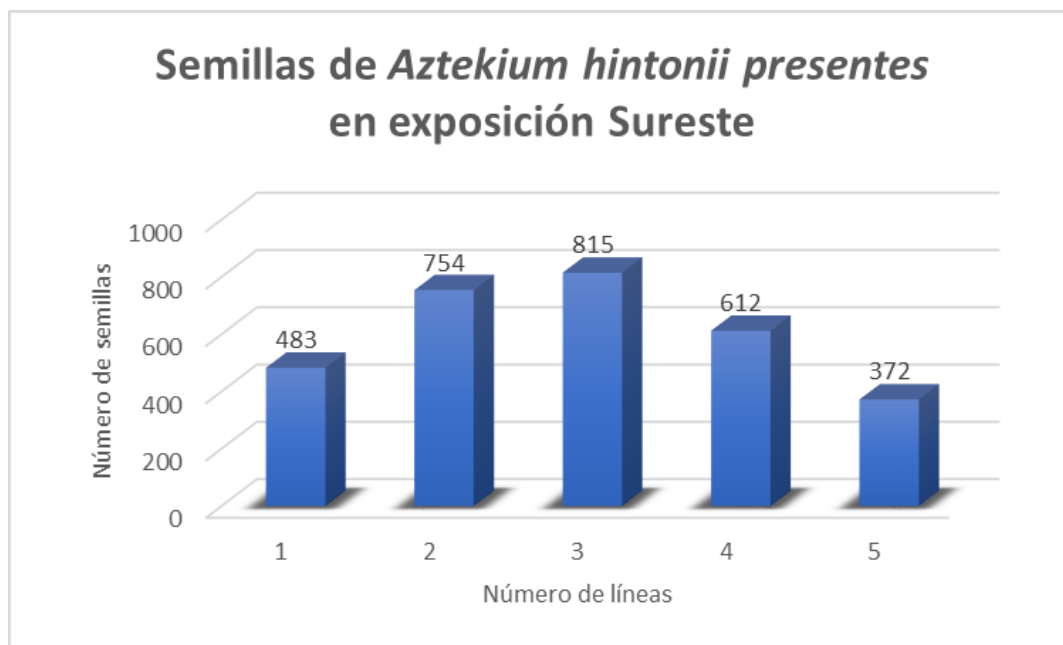


Figura 13. Número de semillas presentes en el área de estudio por líneas con exposición Sureste.

6. Discusión

Existe evidencia científica que diversos factores limitan el establecimiento de cactáceas en las zonas áridas, en este caso se contempla la alta radiación solar, la cual tiene importantes consecuencias en la pérdida de agua. Por lo que las plantas que se encuentran en lugares donde la radiación es alta, prefieren establecerse bajo la protección de plantas nodrizas, las cuales les proporcionan un microclima óptimo que el de fuera (Briones, 1992). Esto concuerda con los resultados obtenidos, ya que se encontró el 81.8% en exposición Este y el 83.8% en exposición Sureste de los individuos de la población estudiada bajo alguna de las 14 especies nodrizas establecidas en el área de estudio.

Se observó que los individuos registrados presentaban una distribución agregada, como también lo documenta Ceroni *et al.* (2007) observando que, las plantas nodrizas también influyen en la distribución de los cactus, haciendo que estos presenten una distribución agregada, lo que puede representar una interacción relevante entre el cactus y su nodriza en las comunidades de zonas áridas.

Las familias Poaceas, Pteridaceae y Selaginellaceae fueron las nodrizas más representativas, aportando beneficios para el establecimiento y sobrevivencia de individuos, coincidiendo con Carmona (2008).

De acuerdo con los resultados registrados en el estudio de *Aztekium hintonii*, se encontró una asociación con rocas calizas haciendo función de nodrizas y establecimiento de especies vegetales coincidiendo con los de Larmuth y Harvey (1978). Muro-Pérez *et al.* (2011) 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, cuyo proceso también contribuye al agrupamiento espacial. Flores y Jurado (2011) registraron que las semillas pequeñas absorben agua más rápidamente que las grandes y que penetran a través de pequeñas grietas en la superficie del suelo, lo que les permite acceder a un micrositio en donde se mantiene la humedad y previene la pérdida de agua.

Agave lechuguilla y *Hechtia glomerata* son especies descritas para comunidades vegetales en zonas áridas y cuentan con una asociación significativa como especies nodrizas; resultados similares se encontraron en la investigación de López Betancourt (2002).

Respecto al banco de semillas obtenido, en el estudio son semejantes a los reportados por Rojas-Aréchiga *et al.* (1997) para *Aztekium riterii*. También, se ha demostrado que el tamaño de las semillas influye en su capacidad para formar un banco de semillas (Rojas-Aréchiga y Batis, 2001). Dadas las características morfológicas de las semillas de *Aztekium hintonii*, estas tienen una mayor probabilidad de enterramiento lo que facilita la formación de bancos de semillas. Esto coincide con otros trabajos reportados en donde semillas pequeñas de cactáceas son las que forman bancos de semillas en el suelo, por ejemplo, *Trichocereus pasacana* (De Viana, 1999), *Myrtillocactus geometrizans* Cano-Salgado *et al.* (2012) y *Mammillaria grahamii* (Bowers, 2005).

Sin embargo, existen sus excepciones como las reportadas por Rojas-Aréchiga *et al.* (2013) con la especie *Ferocactus wislizeni*, con semillas de tamaño grande, que también forma banco de semillas en el suelo.

Por otro lado, en el trabajo realizado por De Viana (1999), se menciona que las semillas de *Trichocereus pascana* pueden llegar a formar un banco poco persistente al encontrar semillas en muestras de suelo bajo diversos arbustos y bajo individuos de la misma especie, pero no se hace mención del papel de la depredación de semillas. Lo anterior coincide con los resultados obtenidos para *Aztekium hintonii* ya que el mayor número de semillas fueron resultado de los cuadrantes con mayor presencia y asociación de *Aztekium* con las especies nodrizas.

7. Conclusión

Aztekium hintonii, requiere de plantas nodrizas para establecerse, independientemente de la exposición del sitio; esto debido a que *A. hintonii* se establece en lugares donde la radiación solar es alta y la precipitación baja.

Por otro lado, las especies vegetales que presentaron mayor asociación fueron: *Aztekium hintonii*, *Notholaena*, *Selaginella pilifera*, *Cevallia sinuata*, Poaceae y roca caliza sedimentaria; éstas, 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 para *Aztekium hintonii* que de otra forma no sería favorables para su desarrollo.

La nodriza provee a las semillas un microclima que en conjunto con eventos de precipitación permiten el establecimiento de nuevos individuos, así como también la protección ante depredadores, facilitando el desarrollo de las nuevas plantas.

Los bancos de semillas son una alternativa viable para mantener la diversidad nativa no solo de *Aztekium hintonii* sino también de otras especies vegetales, por lo que es necesaria la recolección de semillas de la vegetación representativa de la región y contar con una reserva, el cual pueda utilizarse para realizar planes de restauración del ecosistema y conservación de germoplasma para futuras investigaciones.

La existencia de bancos de semillas de cactáceas ha sido muy poco estudiada, por lo que sería interesante impulsar más trabajos que exploren el potencial que tienen las diferentes especies de cactáceas para formar algún banco de semillas, así como también observar la dinámica espacial y temporal de los posibles bancos de semillas.

8. Literatura citada

- Anderson, E.F., Skillman, S. M. (1984). A comparison of *Aztekium* and *Strombocactus* (Cactaceae). *Systematic Botany* 9:42-49
- Anderson, E.F. (2001). *The cactus family*. Timber Press. Portland, Oregon E.U.A. 776 p.
- Arias, S., Guzmán, U., Mandujano, MC., Soto-Galván, M & Golubov, J. (2005). Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción I. Una comparación entre los listados NOM-059-ECOL-2001 (México), La lista Roja (iucn) y CITES. *Catáceas y Suculentas mexicanas*. 50:100-110.
- Baker, H. (1989). Some aspects of the natural history of seed banks. In *Ecology of soil seed banks*, M. A. Leck, V. T. Parker y R. L. Simpson (eds). Academic, New York. p. 257-282.
- Baskin, J.M., & Baskin, C.C., (1998). *Seeds. Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press Inc., San Diego, CA, 666 pp.
- Benítez, H., & Dávila, P. (2002). Las cactáceas mexicanas en el contexto de la CITES. *Biodiversitas*. 6 (40): 8-11.
- Benson, L. (1977). Preservation of cacti and management of ecosystem. In: Prance, GT y Elías, TS (eds.). *Extinction is Forever*. New York Botanical Garden, N.Y. 283-300p.
- Berger, A. (1926) *Die Entwicklungslinien der Kakteen*, 105 p.
- Bowers, J. (2005). "New evidence for persistent or transient seed banks in three Sonoran Desert cacti". *The Southwestern Naturalist*, 50: 482-487.
- Bravo-Hollis, H., & Sánchez-Mejorada, H. (1978). *Las cactáceas de México*. Vol. I. UNAM. México. 20-61 p.
- Bravo-Hollis, H., & Sánchez Mejorada H. (1991). *Las Cactáceas de México*. Vols. I, II y III. Universidad Nacional Autónoma de México p.369.
- Briones, O. (1992). *Competencia en plantas desérticas; inferencia del patrón de distribución y evidencias experimentales de los efectos de la competencia entre formas de vida del Desierto Chihuahuense*. Tesis de Doctorado. Centro de Ecología. UNAM. México, D.F. pp. 9-11.
- Camacho-Morfin, F. (1994). *Dormición de semillas causas y tratamientos*, editorial Trillas. P.128
- Cano-Salgado, A., Zavala-Hurtado, J., Orozco-Segovia, A., Valverde-Valdés, M., & Pérez-Rodríguez, P. (2012). *Composición y abundancia del banco de*

semillas en una región semiárida del trópico mexicano: patrones de variación espacial y temporal. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 437-446.

- Carmona, L. M. P. (2008). Estudio botánico cactológico de las áreas naturales protegidas “Sierra el Fraile y San Miguel” y “Sierra Corral de los Bandidos” en Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. Tesis Doctoral. 215 pp.
- Castro-Gallo, IA., Meza-Rangel, E., Pérez-Reyes, M.E., & Perez-Molphe-Balch, E. (2002). Propagación in vitro de 10 especies mexicanas de cactáceas. *Scientiae Naturae*. 4(2):5-24.
- Cazares, M. (1993). Estrategias de plantas y procesos de vegetación. John-Wiley and Sons, Edit. Chichester, U.S.A. pp. 49: 111-113
- Ceroni, A., Castro, V., Teixeira, V., & Redolfi, I. (2007). *Neoraimondia arequipensis* subsp. *Roseiflora* (Wendermann & Backeberg) Ostolaza (Cactaceae): eje de las interacciones en ecosistemas áridos. *Ecología aplicada*, 6(2):155-168.
- Challenger, A. (1998). Utilización y Conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO. México. 847.
- CITES. (2001). Detección de traficantes de cactáceas en México. Undécima reunión del comité de Flora. Langkawi (Malasia). 1-2 p.
- CONABIO, (1998). La diversidad biológica de México: estudio de País. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 341 p.
- Del Conde Juárez, H.S.A., Contreras-Medina, R., & Luna-Vega, I. (2009). Biogeographic analysis of endemic cacti of the Sierra Madre Oriental, Mexico. *Biological Journal of the Linnean Society*. 97; 373-389.
- De Viana, M.L. (1999). Seed production and seed bank of *Trichocereus pasacana* (Cactaceae) in northwestern Argentina. *Tropical Ecology* 40: 79-84.
- De Viana, M., Sühling, 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.
- Estrada-Castillón, E., Scott-Morales, L., Villarreal-Quintanilla, J. A., Jurado Ybarra, E., Cotera-Correa, M., Cantú-Ayala, C., & García-Pérez, J. (2010). Clasificación de los pastizales halófilos del noreste de México asociados con perrito de la pradera (*Cynomis mexicanus*), diversidad y endemismo de especies. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81(2): 401-416.

- Fitz, M. W. A. & Anderson, E. F. (1997). México. En: Oldfield, S. (Ed.). Status Survey and Conservation Action Plan. Cactus and Succulent Plants. UICN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 89-99.
- 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. (2011). Germinación de especies de cactáceas en categoría de riesgo del desierto Chihuahuense. *Revista Mexicana de Ciencias For.*, 2(8), 59–70.
- Franco, A., & Nobel, P. (1989). Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. *Journal of Ecology* 77:870-886.
- Glass, C. (1998). Guía para la identificación de Cactáceas amenazadas de México. Vol.1. Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad y Cante, D.F., México. 210 p.
- Golubov, J., Mandujano, M., & 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.
- González Botello, M.A. (2004). Cactáceas del Estado de Nuevo León: riqueza, patrones de distribución y conservación. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Linares, Nuevo León. 388 p.
- Guzmán U., Arias, S. & Dávila., P. (2003). Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 315 p.
- Harper, J. L. (1997). *Population Biology of plants*. Academic, London
- Hernández, H. M. (2006). *La vida en los desiertos mexicanos*. Fondo de cultura Económica. México, D. F. pp.188.
- Hernández, H.M. & Godínez., H. (1994). Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Bot. Mex.* 26: 33-52.
- Huisa, B., Dennis. (2015). Asociación nodriza-protégida, diámetro y altura de cactáceas en relación a la altitud, en la quebrada huaje de la ciudad de puno, Perú. *Revista Investigaciones Altoandinas-Journal of High Andean Investigation*. 17.387.10.18271/ria.2015.149.
- Hunt, D.R., Taylor N., Charles G., (2006). International Cactaceae Systematics Group. *The New Cactus Lexicon*. DH Books, Milborne Port: 373 pp.
- Larmuth J. & Harvey., H.J. (1978). Aspects of the occurrence of desert plants. *Journal of Arid Environments* 1: 129-133.

- Larrea, A., López, P., & Barrientos, D. (2005). The nurse-plant effect of *Prosopis flexuosa* D.C. (Leg-Min) in adry valley of the Bolivian Andes. *ECOTROPICOS* 18 (2): 89-95.
- León, H. (2006). Manual para el cultivo de tomate en invernaderos. SEP-INDAUTOR. 263p.
- López Betancourt, A. & Gálvez Elorriaga., I. R. (2002). Curso avanzado de SPSS. Seguimiento de egresados. U. J. E. D. pp. 22-27.
- López-Mariño, A., Calabuig, L., Fillat, F., & Bermúdez, F. (2000). Floristic composition of established vegetation and the soil seed bank in pasture communities under different traditional management regimes. *Agriculture Ecosystems and Enviroment* 78.
- Mauseth, J. (1998). Energy metabolism: photosynthesis. In: Mauseth, J. (Ed.). *Botany an introduction to plant biology* 2nd edition. Janes y Bartllett Publishers. 262-294p.
- McAuliffe, J. (1984). Prey refugia on the distributions of two sonoran desert cacti. *Oecologia* 65: 82-85
- Muro-Pérez, G., Jurado, E., Flores, J., Sanches, J., & García, J. (2011). Positive effects of native shrubs on three specially protected cacti species in Durango, Mexico. *Plant Species Biology* In press., 10-17p.
- Moreno, N., López, J.J. & Arce, L. (1992). Aspectos sobre la germinación de *Echinomastus mariposensis* Hester. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 37: 21-27
- Nobel, P. (1998). *Los Incomparables Agaves y Cactus*. México, 1^o ed., Trillas, p.166.
- Rodríguez, G.L., & Apezteguia, R.R. (1985). *Cactus y Otras Suculentas en Cuba*. Ed. Científica Técnica. Habana. Cuba. 84 pp.
- Rodríguez-Ortega, C.; Franco, M., & Mandujano, M. C. (2001). "Serotiny and seed germination in three threatened species of *Mammillaria* (Cactaceae)". *Basic and Applied Ecology*, 7: 533-544.
- Rojas-Aréchiga, M., Mandujano, M.C., & Golubov, J. (2013). "Seed size and photoblastism species belonging to tribe Cacteeae (Cactaceae)". *Journal of Plant Research*, 126: 373-386.
- Rojas Aréchiga, M., & Batis, I. (2001). Las semillas de cactáceas ¿forman bancos en el suelo). *Cactáceas y suculentas mexicanas*. Tomo XLVI. Año 46. No.4.

- Rojas-Arechiga, M., Orozco-Segovia, A., & Vazquez-Yanes, C. (1997). Effect of light on the germination of seven species of cacti from the Zapotitlan Valley in Puebla, México. *Journal of Arid Environments* 36:571-578
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Sánchez-Martínez, E., Galindo, G., & Hernández, J. (1995). Propagación de cactáceas del Estado de Querétaro, México: estrategia para su conservación. In: Linares, E; Dávila, P; Chiang, F; Bye, R y Elias, TS. (eds.). *Conservación de Plantas en peligro de extinción: diferentes enfoques*. UNAM. México. 107-155 p.
- Sánchez-Mejorada, H. (1986). Suculentas. In: Lot, A y Chiang, F. (eds.). *Técnicas especiales de recolección y preparación de ejemplares de grupos selectos de plantas*. Consejo Nacional de la flora de México, A.C. México. 103-111 p.
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 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. *Diario Oficial de la Federación*.
- Shantz, H. L. (1956). History and problems of arid lands development. In G.F. White ed. *The future of arid lands*. Greenwood Press., Westport, CT. 3-25 p.
- Simpson, R., Leck, M., & Parker, V. (1989). Seed banks: General Concepts and methodological issues: 3-8. eds. *Ecology of soil seed banks*. Academic Press INC., San Diego, California.
- Templeton, A., & Levin, D. (1979). Evolutionary consequences of seed pools. *American Naturalist* 114: 232-249.
- Thompson, K., & Grime, J. P. (1979). Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology* 67, 893-921.
- Turner, R., Alcorn, S., Olin, G., & Booth, J. (1996). The influence of shade, soil, and water on Saguaro seedling establishment. *Botanical Gazette* 127(2-3): 95-102.
- Valiente Banuet, A., & 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.

- Velazco Macías, C.G., & Nevarez de los Reyes, M. (2002). Nuevo género de la Familia Cactaceae en el estado de Nuevo León, México: *Digitostigma caput-medusea* Velazco et Nevarez sp. Nov. Cactáceas y suculentas mexicanas. 46(4): 76-86.
- Villaseñor, J. L. (2003). Diversidad y distribución de las Magnoliophytas de México. Interciencia 28: 160- 167.
- Vovides, A.P., & Gómez-Pompa, A. (1977). The problems of threatened and endangered plant species of México. In: Prance, GT y Elías, TS. (eds.). Extinction is forever. New York Botanical Garden, N.Y. 77-88 p.