



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Germinación y morfometría de
Mammillaria bocasana.

TESIS

Que para obtener el título de

BIOLOGO

P R E S E N T A:

Ericka Torres Díaz

DIRECTOR DE TESIS:

Biól. Marcial García Pineda



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México., 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria.

Primero que nada, quiero agradecer a mis padres Eduardo y Ana por apoyarme en todo momento tanto económicamente como emocionalmente, sin ellos no sería quien soy. Gracias por su comprensión y cariño, les estoy infinitamente agradecida, los quiero.

Quiero también agradecer a mis hermanos Eduardo y Maribel que siempre estuvieron conmigo haciendo alguna broma o comentario para hacer más amena nuestra convivencia, también gracias porque de alguna u otra forma siempre estuvieron ahí cuando los necesitaba.

Quiero también agradecer a mis amigas de toda la vida Monse y Gaby que estuvieron conmigo en cada momento desde que nos conocimos, llegamos juntas a Iztacala y aunque cada una tomo su camino seguimos ahí la una con la otra para brindar una amistad incondicional.

Christopher gracias por todo el apoyo que me brindaste por tu cariño y mucha paciencia. En todo momento estuviste a mi lado, compartimos muchas cosas, siempre me alentabas a ser mejor y nunca dudaste de mí.

A mis amigos de la carrera Sergio, Alan, Jesica, Uriel, Tao, Pedro, Elena y Alma solo me resta decirles que fue un gusto haberlos conocido, sin ellos la carrera no hubiera sido igual, gracias por compartir conmigo las risas en clase, los nervios antes de un examen, la experiencia de una práctica de campo, la alegría de pasar un examen o la tristeza de no pasarlo, pero sobre todo gracias por brindarme su amistad.

Por último, pero no menos importantes agradezco a todos mis profesores que a lo largo de mi vida me enseñaron tantas cosas, algunos enseñándome lo que quiero ser. Pero todos con una enseñanza que no voy a olvidar, gracias a cada uno de ellos porque me ayudaron a formarme académica y personalmente.

Agradecimientos.

Gracias a la UNAM que me dio una segunda casa, en especial a la FES Iztacala que día con día me ayudo a formarme. Ahora con orgullo puedo decir que fui y seré parte de la UNAM.

Al Biól. Marcial García Pineda por aceptar ser mi asesor de tesis, ayudándome en todas las dudas y dirigiendo este proyecto. Gracias por enseñarme tanto acerca de las plantas y en especial de las cactáceas, por enseñarme a cuidarlas y sobre todo a valorarlas, gracias por aceptarme como parte de su equipo de trabajo que con mucho esfuerzo y cariño hacen del jardín botánico lo que es.

A mis sinodales Dr. Gumercindo H. de la Cruz, Biól. Antonio Edmundo Cisneros, M. en C. Luis Antonio Hernández y M. en C. Alin Nadyely Torres, por apoyarme en mi tesis siempre resolviendo mis dudas y orientándome de la mejor manera posible, gracias por el tiempo dedicado.

Gracias al laboratorio de microscopía de la FES Iztacala por el apoyo para realizar este trabajo a la M. en C. Daleth y al Biól. Osvaldo por su ayuda en la toma de medidas y fotografías y sobre todo por la paciencia para explicarme el uso del programa.

Índice.

Dedicatoria.....	2
Agradecimientos.....	3
1. Resumen.....	8
2. Introducción.....	9
3. Revisión de literatura.....	10
3.1 Familia Cactaceae.....	10
3.2 Diversidad de Cactáceas en México.....	11
3.3 Uso de las Cactáceas en México.....	11
3.4 Problemática de las cactáceas.....	12
3.5 Propagación de las cactáceas.....	13
3.6 Características de las semillas.....	13
3.7 Germinación.....	14
3.8 Sustrato.....	15
3.9 <i>Mammillaria bocasana</i>	17
3.9.1 Taxonomía.....	17
3.9.2 Características y distribución de <i>Mammillaria bocasana</i>	17
4. Germinación y morfometría de <i>Mammillaria</i> y otras Cactáceas.....	18
5. Objetivos.....	21
6. Materiales y métodos.....	22
6.1 Morfometría de la semilla.....	22
6.2 Tratamientos de escarificación.....	22
6.3 Siembra.....	23
6.4 Análisis estadístico.....	24

7. Resultados.....	25
8. Discusión.....	31
9. Conclusiones.....	34
10. Aportaciones finales.....	35
11. Literatura citada.....	36

Índice de Tablas.

Tabla 1. Morfometría de semillas de <i>M. bocasana</i> registrada en diez frutos diferentes.....	25
Tabla 2. Medidas morfométricas de <i>M. bocasana</i> a lo largo de 80 días en mm....	29

Índice de figuras.

Figura 1. Fases de la germinación, tomado de aspectos sobre el manejo y la conservación de agaves mezcaleros en Michoacán.....	15
Figura 2. <i>Mammillaria bocasana</i> , ejemplares del jardín botánico JABIZ, FES Iztacala.....	17
Figura 3. Distribución de <i>Mammillaria bocasana</i> en México. (San Luis potosí y Zacatecas)	18
Figura 4. Semillas de <i>Mammillaria bocasana</i>	22
Figura 5. Semillas de <i>M. bocasana</i> en proceso de escarificación.....	23
Figura 6. Proceso de siembra de las semillas de <i>M. bocasana</i> , A) tezontle esterilizado, B) cajas llenas de tezontle, C) y D) siembra de las semillas.....	23
Figura 7. A) bloque de semillas con exposición a la luz. B) bloque de semillas en oscuridad.....	24
Figura 8. Porcentaje de germinación de <i>Mammillaria bocasana</i> en exposición a la luz y en oscuridad. Cada dato es el promedio de las repeticiones \pm error estándar. Letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).....	26
Figura 9. Comparación de plántulas con exposición de luz (A) y sin exposición de luz(B).....	26
Figura 10. Porcentajes de germinación en los diferentes tiempos de escarificación. Cada dato es el promedio de las repeticiones \pm error estándar. Letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).....	27

Figura 11. Germinación de *M. bocasana* con diferentes tiempos de escarificación con Hipoclorito de sodio al 30%. Cada dato es el promedio de las repeticiones \pm error estándar..... 28

Figura 12. Cambios en la plántula de *M. bocasana* a lo largo de 75 días..... 30

1. Resumen.

La familia Cactaceae agrupa a una gran diversidad de plantas, se reconocen 4 subfamilias: Cactoideae, Maihuenioideae, Opuntioideae y Pereskioideae, la familia es originaria del continente americano. Un gran número de Cactáceas se encuentran en México, debido a las condiciones climáticas y topográficas, los catálogos reconocen la existencia de 913 taxones, conformando 63 géneros, 669 especies y 244 subespecies.

Numerosas especies de esta familia se encuentran dentro de la norma NOM-059-SEMARNAT-2010; entre ellas *Mammillaria bocasana*, la cual se encuentra dentro de la categoría de protección especial. por tal motivo se realizó un estudio para determinar algunas características de las semillas, el tiempo y porcentaje de germinación, evaluar diferentes tiempos de escarificación, así como identificar si las semillas son fotoblásticas positivas o negativas y características morfométricas de la plántula. Se utilizó una escarificación con hipoclorito de sodio al 30%, los tratamientos fueron 5, 10, 15, 20 minutos y el grupo control.

Los resultados mostraron que el promedio de semillas por fruto es de 24.7, la semilla mide en promedio 1.501 mm y 1.209 mm de largo y ancho respectivamente, el peso fue de 0.3 mg. Las semillas de *Mammillaria bocasana* con exposición al sol presentaron un mayor porcentaje de germinación que aquellas que estuvieron en oscuridad lo que nos indica que son fotoblásticas positivas. Las semillas comenzaron su germinación en el día 5 después de su siembra y terminaron de germinar en el día 45. Los tratamientos que tienden a tener un mayor número de semillas germinadas fueron 15 y 20 minutos con exposición a la luz, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. En cuanto a la morfometría se encontró un mayor crecimiento de la plántula y la raíz dentro de los 46 días después de la siembra y la aparición de las primeras areolas y espinas en el día 45.

Palabras clave: Escarificación, Semillas, Fotoblastismo, Endémica, Propagación.

2. Introducción.

Mammillaria bocasana es una cactácea que se distribuye únicamente en la sierra de Bocas (San Luis Potosí y Zacatecas), la cual se encuentra al noreste de cerro la Mojonera y al este el cerro el Coro en las coordenadas longitud $112^{\circ} 7' 57.79''$ y latitud $26^{\circ} 40' 44.62''$ y una altitud de 2695 metros sobre el nivel del mar. Esta cactácea se ubica en pastizales con suelos derivados de roca volcánica (Salas, *et al.*, 1999). Dentro de los usos que se le dan a esta cactácea podemos encontrar el de recreación y el ornamental como decoración de casas y jardines ya que es un organismo de tamaño pequeño con flores amarillas o rosas, es utilizada por la comunidad mestiza. *M. bocasana* se encuentra sujeta a protección especial dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, ya que se encuentra expuesta a factores de riesgo como saqueo selectivo, así como sobrepastoreo, deforestación y extracción de su sustrato para venta (Meza, 2011).

El proceso de germinación de *Mammillaria bocasana* no es tan sencillo ya que requiere un ambiente con características especiales como son; temperatura, iluminación, ventilación, un riego y sustrato adecuado (Rivas, 1996).

El desarrollo de *M. bocasana* es lento al igual que la mayoría de las cactáceas, ya que poseen el metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM) una de las razones de este lento crecimiento, además de estar sujetas a limitaciones de su entorno, competencia y depredación (Mayen, 2001) por lo que no es fácil analizar su crecimiento; sin embargo, para evaluarlo se pueden tomar en cuenta ciertos factores como tamaño de la raíz, largo de la plántula, número de mamilas y espinas.

3. Revisión de literatura.

3.1 Familia Cactaceae.

La familia Cactaceae agrupa a una gran diversidad de plantas, entre las que destacan los cactus columnares (viejitos y tetechos); los cactus candelabroiformes (cardones, órganos y pitayas); las biznagas y biznaguitas (mammillarias); algunas trepadoras como los nopalillos (*Heliocereus* spp.); las pitahayas (*Hylocereus* spp.), una gran variedad de nopales, entre otras. En Cactaceae, se reconocen 4 subfamilias: Cactoideae, Maihuenioideae, Opuntioideae y Pereskioideae. La familia es originaria del continente americano y apareció alrededor de hace 80 millones de años. El grupo está constituido por cerca de 2,000 especies, las cuales se encuentran distribuidas en el continente americano, desde el norte de Canadá hasta la Patagonia, y desde el nivel del mar, en dunas costeras, hasta los 5,100 msnm, en Perú (Bravo-Hollis y Scheinvar, 1999). Sin embargo, varias especies del género *Opuntia* han sido naturalizadas en el Viejo Mundo y Australia, mientras que el género *Rhipsalis* procedente de América tropical actualmente se extiende en África, Madagascar y Sri Lanka (Bravo-Hollis, 1978). La mayor parte de la diversidad de los cactus se encuentra en dos linajes mayores, Opuntioideae y Cactoidaeae, el resto de cactus consisten en dos pequeños géneros, *Pereskia* y *Maihuenia* (Ortiz et al., 2009).

Un gran número de Cactáceas se encuentran en México, debido a las condiciones climáticas y topográficas (Sánchez y Cantú, 1999), aun cuando las cactáceas viven en diversos ecosistemas, incluyendo las selvas tropicales, donde se encuentran como epífitas (*Rhipsalis baccifera*), la mayoría de ellas se desarrollan en ambientes áridos y semiáridos, los cuales coinciden con latitudes cercanas al paralelo 25°, donde se dominan zonas de alta presión atmosférica con corrientes descendientes de aire seco. En México las zonas secas abarcan cerca del 60% de la superficie del país, la abundancia de estos ambientes obedece tanto a la ubicación geográfica del país, como a los efectos de continentalidad y relieve, debido a la presencia de cordilleras paralelas a los litorales, donde se pierde la humedad del aire al penetrar sobre la masa continental.

3.2 Diversidad de Cactáceas en México.

México es el centro más importante del mundo en concentración de cactáceas. Los catálogos reconocen la existencia de 913 taxones, conformando 63 géneros, 669 especies y 244 subespecies. El estado de San Luis Potosí es el que posee una mayor diversidad, con un registro de 151 especies. Le siguen los estados de Coahuila con 126 especies y Nuevo León y Oaxaca con 118 especies cada uno. San Luis Potosí también es el estado con mayor riqueza de géneros (33), seguido por Oaxaca con (32) y Tamaulipas (31). Por regiones geográficas, encontramos más alta diversidad en el valle de Tehuacán-Cuicatlán (Puebla y Oaxaca), seguida por la barranca de Metztitlán y la depresión del balsas (Jiménez, 2011).

Además, este grupo tiene un elevado endemismo y riqueza de especies (Toledo *et al.*, 2006). En México se han diversificado varios géneros como *Heliocereus*, *Myrtillocactus*, *Peniocereus*, *Pereskia* y *Stenocereus*. La tasa de endemismo de géneros de cactáceas si se calcula tomando como marco de referencia el territorio que corresponde a las zonas áridas de México y la Zona de Transición Mexicana que se extiende desde el sur y suroeste de Estados Unidos (MegaMéxico 1) (Halffter *et al.*, 2008), da resultado que el 72.9% de los géneros de cactáceas que se distribuyen en este país son esencialmente endémicos (Hernández *et al.*, 1994).

3.3 Uso de las cactáceas en México.

En México las especies de la familia Cactaceae además de tener una importancia económica considerable, tiene un alto valor simbólico en la cultura mexicana (Scheinvar,2004). Dentro de estas existen alrededor de 35 especies que tienen potencial como cultivo para la obtención de frutos, o como forraje (Esquivel, 2004).

Las cactáceas pueden tener diversos usos y un aprovechamiento de sus diferentes componentes como son sus flores y frutos. Algunas flores comestibles se utilizan como botana o ensalada, para acompañar carnes o pescado o incluso solo se consumen cocidas como es el caso de *Ferocactus pilosus*. Diversos frutos al madurar son suaves y sin espinas, por lo que se consumen como fruta de temporada o bien para elaborar bebidas refrescantes, por ejemplo, los chilitos de

biznaga (*Mammillaria*), tunas (*Opuntia*), pitaya (*Stenocereus*), entre otras. El uso más relevante para este grupo de cactáceas es el ornamental en el que existe comercio legal (viveros UMAS) pero también ilegal sobre todo en el ámbito internacional (Arias, 2002). Otro uso relevante para algunas cactáceas es el uso medicinal e incluso como alucinógeno tal es el caso del peyote (*Lophophora*) (Meza, 2011).

3.4 Problemática de las cactáceas.

El alto endemismo presente en las especies de cactáceas y la alta especificidad ambiental de sus poblaciones, es sin duda una causa de que muchas poblaciones y especies se encuentren en alguna categoría de riesgo de extinción. Además, el lento crecimiento de estos organismos, hace que sus poblaciones se recuperen muy lentamente de los disturbios poblacionales, ocasionados de manera natural o como consecuencia de la actividad humana, sin embargo, es el costo que deben pagar por su metabolismo CAM, el cual les permite vivir exitosamente en ambientes con escasez de agua. El uso del suelo provoca que los ambientes naturales sean modificados, ya sea en áreas agrícolas, ganaderas o utilizados con fines urbanos, lo cual favorece la destrucción del hábitat de estos organismos.

Otro factor que influye en el riesgo de extinción de las cactáceas es la recolecta directa de estos organismos, ya que como se mencionó algunas de ellas representan un beneficio para el hombre ya sea como fuente de alimentación o simplemente para un uso ornamental. Sin embargo, se han elaborado diversos catálogos que enlistan las especies que se encuentran en riesgo. Para el caso de México, la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010, ofrece el marco legal para la protección, el aprovechamiento y el comercio de la flora silvestre nativa. (Jiménez, 2011). La familia con mayor número de especies en riesgo son las cactáceas con 244 especies, que equivalen al 23.6% del total de especies de esta familia descritas para el país (SEMARNAT, 2012).

3.5 Propagación de cactáceas.

La propagación de cactáceas se puede realizar por diferentes técnicas, como son: por brotes o vástagos, esquejes, injerto, cultivo de tejidos vegetales y por semilla. La propagación por semilla, es considerada el método tradicional o convencional de propagación. Las semillas se pueden obtener de los frutos mediante colecta directa de plantas en campo por intercambio o compra en lugares especializados (SAGARPA, 2002).

Entre las especies de la familia Cactaceae es frecuente que los individuos produzcan frutos con gran cantidad de semillas que, a su vez pueden alcanzar porcentajes de germinación relativamente altos, arriba del 70%, bajo ciertas condiciones. Sin embargo, las plántulas tienen un crecimiento extremadamente lento (Ruedas *et al.*, 2000).

3.6 Características de las semillas.

Se considera que cada semilla es el origen de un nuevo individuo y que contiene parte de la viabilidad genética presente en toda la población. La semilla es la unidad funcional que produce la planta y es el insumo básico e irremplazable de un cultivo (Méreola y Díaz, 2012). En la actualidad se consideran tres tipos diferentes de semillas en cuanto a su comportamiento a condiciones de almacenamiento.

Ortodoxas: Pueden sobrevivir décadas, son semillas capaces de tolerar la desecación a bajos contenidos de humedad y sobrevivir al almacenamiento a temperaturas inferiores a 0° C durante largos periodos.

Intermedias: son semillas que pueden tolerar cierto límite de deshidratación, pero pierden su viabilidad sobre todo a bajas temperaturas afectando así el periodo de su almacenamiento viable.

Recalcitrantes: semillas que no pueden sobrevivir si pierden humedad no toleran el almacenamiento durante largos periodos.

Otra característica importante se refiere al tamaño de la semilla. Existen diversos estudios donde se muestra que existe una relación entre el tamaño de la semilla y el fotoblastismo. Este proceso regula la latencia de las semillas cuando las condiciones lumínicas son desfavorables para el establecimiento de las plantas, mediante un pigmento fotorreceptor llamado fitocromo que absorbe principalmente en la longitud de onda de 600 a 800 nm. y detecta el balance rojo/rojo lejano de la radiación natural. (Rojas y Batis, 2001).

Las semillas de las cactáceas varían no solo en tamaño, si no en forma y color, se reportan seis categorías de tamaño para las semillas de las cactáceas: extremadamente grandes (4.0 a 4.8mm), muy grandes (3.0 a 3.9 mm), grandes (2.0 a 2.9 mm), medias (1.2 a 1.9 mm), pequeñas (0.9 a 1.1 mm) y muy pequeñas (0.0 a 0.8 mm), la mayoría de las semillas se encuentra en categoría media. Así mismo, señalan que la forma de las semillas se puede dividir en cuatro categorías de acuerdo a su relación largo-ancho: circular (<1.09), ovoide (1.10 a 1.49), oval (1.50 a 1.99) y ligeramente oval (2.00 a 3.00) (Barthlott; Hunt, 2000)

3.7 Germinación.

La germinación incorpora los acontecimientos que inician con la absorción de agua por la semilla y termina con la elongación del eje embrionario. El proceso concluye cuando la radícula penetra y atraviesa las estructuras que rodean al embrión, lo que frecuentemente se conoce como "germinación visible".

Evenari (1957) dividió el proceso de germinación en tres fases. En la fase I ocurre la imbibición, que consiste en la absorción del agua necesaria para la rehidratación de proteínas y organelos celulares, así como para transporte y para que ocurran las reacciones hidrolíticas. En la fase II se produce la activación del metabolismo, donde ocurre la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, también se incrementan las actividades enzimáticas, así como la degradación inicial de las reservas. Finalmente, en la fase III tiene lugar la emergencia de la radícula, concluyendo el proceso germinativo (Figura 1).

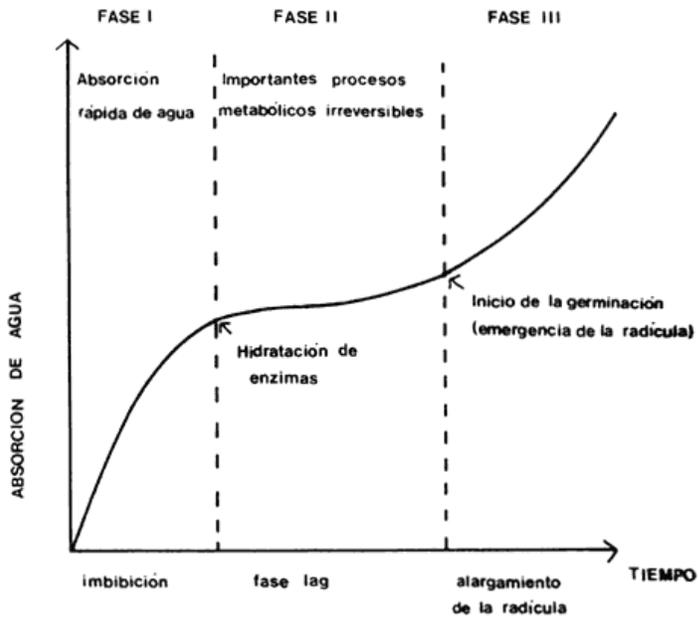


Figura 1. Fases de la germinación, tomado de aspectos sobre el manejo y la conservación de agaves mezcaleros en Michoacán (2016).

Dentro de los requerimientos ambientales necesarios para la germinación se consideran esenciales el agua, oxígeno y la temperatura. En ausencia de alguno de estos factores, la mayoría de las semillas se mantendrían en un estado quiescente, en el caso de las semillas recalcitrantes se producirá una rápida disminución de la longevidad de la semilla (Herrera y Guevara, 2006).

3.8 Sustrato.

Un sustrato o compuesto es la mezcla de materiales que sirven como medio de soporte donde se desarrollan las semillas o crecen las plantas. Se pueden usar diferentes tipos de sustratos o compuestos para la siembra. Dependiendo de la especie a cultivar se utilizan sustratos o mezclas en particular (SAGARPA, 2002). Algunos de los sustratos más utilizados son:

- A) Grava: suele emplearse en mezclas, exigen una alta frecuencia de riego por su baja capacidad de retención de agua (Castilla,2007).
- B) Vermiculita: Tiene una estructura apta para para acumular y liberar grandes cantidades de agua, el principal inconveniente es su elevado costo (FAO,2002).

- C) Turba: consiste en restos de materia vegetal acústica, parcialmente descompuesta comúnmente suelen ser hojas, ramas, fibras etc. Se forma en lugares pantanosos. (Bosques,2010).
- D) Tepojal: Arcilla de origen mexicano de tipo volcánico, tiene la propiedad de oxigenar, se extrae del subsuelo (Castilla,2007).
- E) Arena de río: Algunas pueden contener limo y arcilla, es preferible utilizar arena limpia con tamaños de partícula de 0.5 a 2 mm de diámetro. Es uno de los sustratos más gruesos, pesados y a la vez económico (Alvarado *et al.*, 2002).
- F) Tezontle: es un material considerado como inerte, con valores de PH cercanos a la neutralidad, baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), buena aireación, y con capacidad de retención de humedad, la cual es dependiente del tamaño de la partícula; adicionalmente no contiene sustancias toxicas y tiene estabilidad física (Trejo *et al.*,2013).

La mayoría de las cactáceas se desarrollan en suelos someros, pedregosos y pobres en materia orgánica, sobre un sustrato de rocas metamórficas o calizas (García *et al.*, 2004).

3.9 *Mammillaria bocasana*.

3.9.1 Taxonomía.

Reino: Plantae (Haeckel, 1866)

División: Magnoliophyta (Cronquist, Takhtajan y Zimmerman, 1996)

Clase: Magnoliopsida (Cronquist, Takhtajan y Zimmerman, 1996)

Orden: Cayophyllales (Perleb, 1826)

Familia: Cactaceae (Jussieu, 1798)

Subfamilia: Cactoide (Eaton, 1836)

Tribu: Cacteeae (Rchb)

Género: *Mammillaria* (Haw, 1753)

Especie: *Mammillaria bocasana* (Poselger, 1853)



Figura 2. *Mammillaria bocasana*, ejemplares del jardín botánico JABIZ, FES Iztacala.

3.9.2 Características y distribución de *Mammillaria bocasana*.

Mammillaria bocasana es una cactácea pequeña (diámetro: 5 cm), de color verde azulado, tiene forma globosa u oblonga, con tubérculos bastante delgados y manojos de espinas sedosas blancas que tienen en el centro una espina uncinada roja o amarilla, con flores amarillas o rosas (Figura 2). Soporta bien el frío, siempre que se mantenga seca. Se le conoce comúnmente como biznaga de la sierra de bocas, cuenta con una distribución que se restringe a San Luis Potosí y Zacatecas

(Figura 3), lugares en donde es endémica. *M. bocasana*, es susceptible a la extinción pues el substrato de tezontle sobre el cual crece es removido para cubrir los taludes de carreteras, además de ser ofrecido en venta en los viveros de la capital de San Luis Potosí con fines ornamentales. Dos son los factores de riesgo que afectan a las poblaciones de la especie: el saqueo selectivo y la destrucción del hábitat, por lo que se encuentra bajo protección especial dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, (Meza, 2011).



Figura 3. Distribución de *Mammillaria bocasana* en México. (San Luis Potosí y Zacatecas).

4. Germinación y morfometría de *Mammillaria* y otras cactáceas.

En la actualidad se han realizado diversos trabajos sobre la escarificación de *Mammillaria*, con la utilización de diferentes sustancias y métodos. Por ejemplo, Martínez *et al.* (2004) determinaron las técnicas más apropiadas de germinación para semillas de *Mammillaria oteroi* de diferentes edades, aplicando tratamientos de escarificación con ácido sulfúrico, con lija, ácido giberélico a diferentes concentraciones, agua destilada a 50° C, nitrato de potasio, oscuridad y un testigo. La escarificación de ácido sulfúrico favoreció la tasa y el porcentaje de germinación un 95% en semillas de 4 meses, mientras que en semillas de más edad en el grupo testigo fueron el mejor tratamiento con 97%.

Navarro y Deméneghi (2007) llevaron a cabo pruebas de germinación con diferentes tratamientos de escarificación y tiempo de almacenamiento en semillas de

Mammillaria pectinifera, registrando que el 95% de las semillas testigo germinó, solo germinaron semillas con no más de 12 meses de almacenamiento.

Manzo, (2010) elaboró un trabajo de germinación de *Mammillaria coahuilensis* donde utilizó un medio de cultivo Murashie and skoog suplementado con glicina, mio-inositol, tiamina, piridoxina y ácido nicotínico. Las semillas fueron escarificadas con hipoclorito de sodio al 1.2% por 10 minutos, los resultados muestran que el promedio de porcentaje de germinación fue de 26% y el índice de velocidad de crecimiento de 2.6 semillas/día.

Los estudios sobre morfometría son variados, en algunos de ellos nos describen semillas, en otros nos hablan sobre algunas cactáceas y las características que presentan a lo largo de su desarrollo. Por ejemplo, Trejo *et al.* (2003) realizaron un estudio donde evaluaron las características morfométricas de semillas y frutos de tres especies de cactáceas. Las muestras fueron colectadas y se determinaron características de color, forma, peso fresco y seco y humedad. Los resultados indicaron que los frutos de *Cereus repandus*, presentaron las mayores dimensiones en tamaño con 6,01 cm de largo, seguido por *Stenocereus griseus* con 4,08 cm y *Pilosocereus tillianus* con 2,82 cm.

Díaz *et al.* (2008) revisaron los aspectos de morfometría y fenología reproductiva de *Echinocactus platyacanthus* en la barranca de Huexotitlanapa, Puebla, el trabajo se realizó en campo marcando tres transectos de 300 m cada uno, separados entre sí por 50 m. En cada planta se registró el número de costillas, la altura y diámetro. La fenología reproductiva se realizó de abril a octubre por medio del registro semanal del número de botones, de flores y de frutos presentes por planta. Los resultados indicaron que el valor promedio de altura en los individuos es de 70.03 cm con un diámetro de 68.63 cm y 33 costillas. El desarrollo de los botones se puede observar a inicios de junio, y la producción de flores y frutos se puede encontrar desde abril hasta octubre, se mostró que existe una relación positiva entre las variables morfométricas de las plantas con respecto a la producción de estructuras reproductivas.

Cenizo *et al.* (2013) elaboraron una caracterización morfológica y anatómica de plántulas de *Trichocereus candicans*, donde dichos organismos se obtuvieron mediante germinación. Fueron separados en tres grupos de una, cuatro y doce semanas de vida y se realizaron diversos cortes. La semilla es pequeña (0.4128 ± 0.0058 mg) y el tegumento es rugoso, levemente irregular y de color negro brillante. Presenta la escama hilar u opérculo bien definida donde se encuentra el hilo y el orificio micropilar. Durante los primeros 30 días desde la germinación, se registraron en las plántulas los mayores cambios morfológicos. La raíz presenta abundantes pelos radicales y un patrón de crecimiento definido. La epidermis es uniestrata con células de contorno ondulado, estomas de tipo paralelocítico e inclusiones minerales en forma de drusas. El xilema presenta traqueidas de banda ancha con paredes celulares anilladas y helicoidales.

Sánchez *et al.* (2015) realizaron un estudio morfométrico y microestructural de semillas de *Astrophytum myriostigma*, en donde miden longitud, diámetro, espesor y peso de la semilla, así como de sus embriones, también elaboraron una descripción donde incluyen, color, forma del hilo, presencia de funículo y forma, curvatura de la pared periclinal externa y relieve de la pared celular externa. Teniendo como resultado que la semilla de esta especie mide 3 mm de longitud y 2 mm de espesor en promedio, un diámetro de 2 mm y un peso de 0.0016 mg, mientras que los embriones tienen una longitud de 2 mm, 1 mm de espesor, 1 mm de diámetro y 0.0017 de peso.

Hernández (2015) elaboró un trabajo sobre las propiedades morfométricas y químicas de las semillas de cuatro especies de *Opuntia*, las semillas se separaron de los frutos y se determinaron el área, peso, ancho y largo mediante el software ImageJ. Se determinó la humedad, ceniza, proteína, lípidos, capacidad de captación del radical, compuestos fenólicos y ácidos grasos. Obteniendo como resultados que *Opuntia polyacantha* presentó los valores más elevados en peso, área, longitud y ancho, mientras que *Opuntia engelmannii* los valores más altos en lípidos y proteína y *Opuntia phaeacantha* mostró contenidos más altos en captación radical y compuestos fenólicos.

5. Objetivos.

Objetivo general

- Evaluar el desarrollo morfométrico de semillas y plántulas de *Mammillaria bocasana*.

Objetivos particulares

- Identificar si las semillas de *Mammillaria bocasana* son fotoblásticas positivas o negativas.
- Comparar diferentes tiempos de escarificación con Hipoclorito de sodio sobre las semillas, para una mejor germinación.
- Determinar el tiempo y porcentaje de germinación de las semillas de *Mammillaria bocasana*.

6. Materiales y métodos.

El trabajo se desarrolló en el invernadero dentro del Jardín Botánico de la FES Iztacala, utilizando semillas donadas por el Dr. Jorge Meyran García, colectadas de su colección particular, con una edad de dos años.

6.1 Morfometría de la semilla.

Para el análisis morfométrico de la semilla de *Mammillaria bocasana*, se seleccionaron aleatoriamente 20 semillas para obtener las medidas de largo y ancho, las semillas seleccionadas se midieron en microscopio estereoscópico (40x) mediante el programa "Motic" (Figura 4). En el caso del peso se seleccionaron aleatoriamente dos lotes de 100 semillas cada uno para obtener el peso promedio. También se obtuvo el número promedio de semillas por fruto.



Figura 4. Semillas de *Mammillaria bocasana*.

6.2 Tratamientos de escarificación.

Se utilizaron 600 semillas de *Mammillaria bocasana* en lotes de 50 para la determinación de tiempo y porcentajes de germinación, además de identificar si son semillas fotoblásticas positivas o negativas. Se realizaron 4 tratamientos de escarificación por medio de hipoclorito de sodio comercial al 30% con una variación de 5, 10, 15 y 20 minutos y el control fue sometido a una escarificación con agua corriente por 24 horas, posteriormente las semillas se enjuagaron con agua destilada, estos se emplearon en dos bloques con dos repeticiones cada uno (Figura 5). Para el segundo bloque se realizó el mismo procedimiento.



Figura 5. Semillas de *M. bocasana* en proceso de escarificación.

6.3 Siembra.

Las semillas de *Mammillaria bocasana* se sembraron en tezontle con granulometría de 0.5 mm (Tamiz de malla número 10), el cual tuvo un proceso de esterilización de 30 minutos en una parrilla de gas. Posteriormente se colocó en domos de plástico en donde el sustrato se humedeció a máxima capacidad de campo, para proceder a la siembra de las semillas en lotes de 50 para cada tratamiento y el control (Figura 6).



Figura 6. Proceso de siembra de las semillas de *M. bocasana*, A) tezontle esterilizado, B) cajas llenas de tezontle, C) y D) siembra de las semillas.

El primer bloque de semillas con sus tratamientos y el control se colocaron dentro de un invernadero y con incidencia de luz natural. Para el segundo bloque se realizó el mismo procedimiento, pero las cajas ya sembradas se colocaron dentro del invernadero en condiciones de oscuridad (Figura 7). Se evaluaron los siguientes aspectos:

- A) Germinación: se evaluó a los 5,10,15,20,25,30,35 y 40 días después de la siembra (dds), para calcular porcentajes de germinación.
- B) Tratamientos de escarificación: durante la germinación se obtuvieron los porcentajes individuales de los tratamientos aplicados en cada lote (5,10,15 y 20 min).
- C) Fotoblastismo: Se calcularon porcentajes finales de germinación de los lotes luz y oscuridad.
- D) Morfometría: durante el proceso de germinación se anotó la aparición de estructuras como espinas y mamilas, además de medir mediante un microscopio estereoscópico (40x) y el programa "Motic" el largo y ancho de la plántula, así como el tamaño de la raíz.

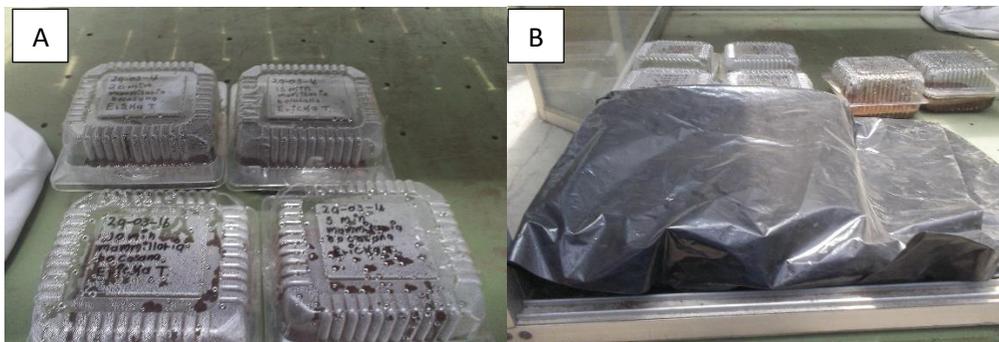


Figura 7. A) bloque de semillas con exposición a la luz. B) bloque de semillas en oscuridad.

6.4 Análisis estadístico.

Para los resultados de germinación y morfométricos se realizó un análisis de varianza de un factor y pruebas de comparación de medias (Tukey, 0.05). Los resultados en porcentaje fueron transformados a arcoseno para su análisis. Se utilizó el paquete estadístico SAS 9.0® para Windows.

7. Resultados.

Se puede observar el número de semillas que contiene el fruto de *M. bocasana*, donde se muestra un rango de 13 como mínimo y máximo 39, teniendo como promedio 24.7 semillas por fruto, además de apreciar los valores del largo y ancho de la semilla donde los promedios fueron de 1.501 mm y 1.209 mm. respectivamente. También se observa que el peso de las semillas fue de 0.3 mg. (Tabla 1).

Tabla 1. Morfometría de semillas de *M. bocasana* registrada en diez frutos diferentes.

Atributos	Número de Frutos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N° de semillas	13	15	20	20	17	39	39	39	21	24
Peso de la semilla (mg)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Largo (mm)	2.01	1.07	1.79	2.20	1.19	1.32	2.15	1.21	1.4	1.11
Ancho (mm)	1.79	0.83	1.53	1.47	0.84	0.91	1.93	1	0.98	0.92

Las semillas sometidas al tratamiento de luz tuvieron un porcentaje de germinación mayor que las semillas en oscuridad con un 23.2% y 6.6% respectivamente (Figura 8).

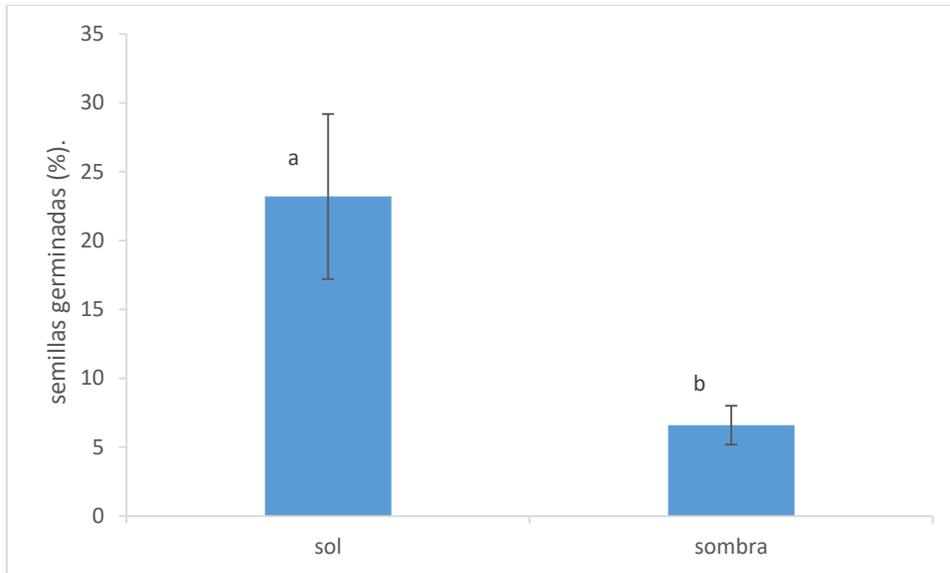


Figura 8. Porcentaje de germinación de *Mammillaria bocasana* en exposición a la luz y en oscuridad. Cada dato es el promedio de las repeticiones \pm error estándar. Letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

Las plántulas que fueron privadas de la luz sufrieron una etiolación, mientras que las semillas con exposición al sol se desarrollaron de manera normal (Figura 9).

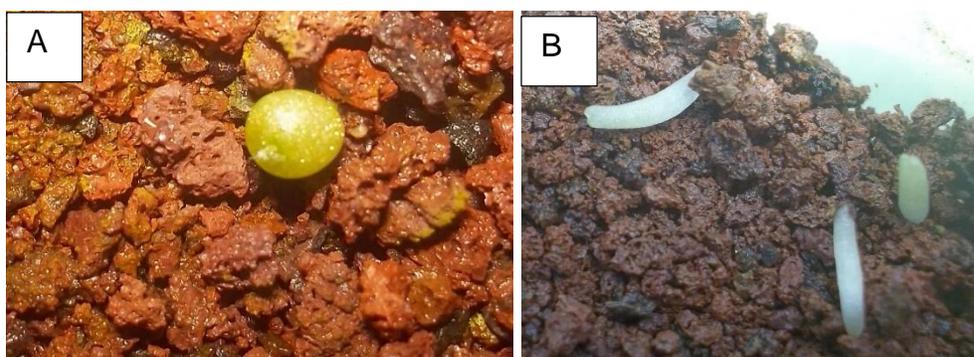


Figura 9. Comparación de plántulas con exposición de luz (A) y sin exposición de luz(B).

Los mejores tratamientos fueron 15 y 20 minutos con exposición al sol con 31% y 30% de semillas germinadas respectivamente, mientras que los porcentajes más bajos se presentaron en los tratamientos de 15 y 10 minutos a la sombra con un porcentaje de 2 y 5% (Figura 10).

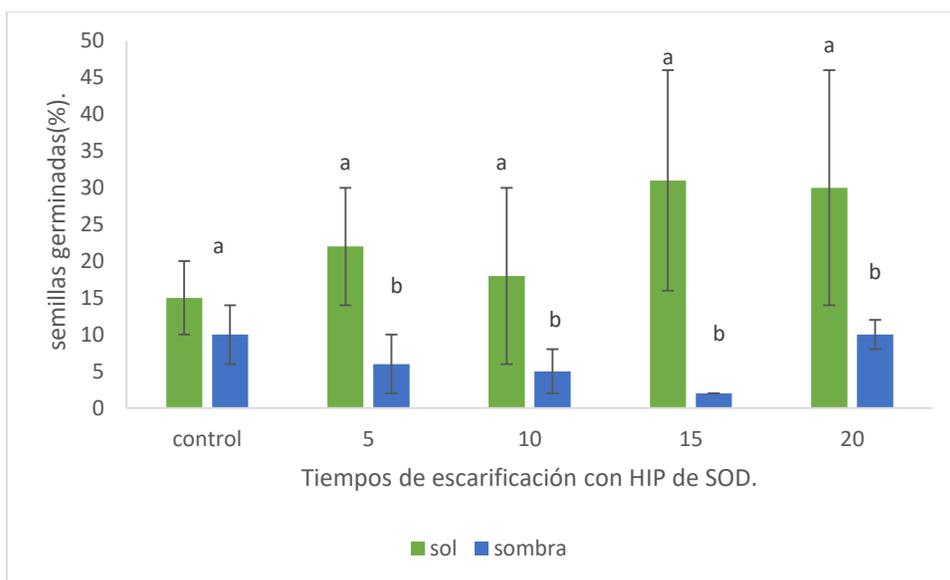


Figura 10. Porcentajes de germinación en los diferentes tiempos de escarificación. Cada dato es el promedio de las repeticiones \pm error estándar. Letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

Se muestra el porcentaje de semillas germinadas por día, en la gráfica A) se aprecia que entre los 15 y 20 días de su siembra es donde se obtiene un mayor número de germinación. Los tratamientos que tienden a tener un mayor número de semillas germinadas fueron 15 y 20 minutos, mientras que el menor fue el grupo control, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre ellos. En la gráfica B) se muestra el porcentaje de semillas germinadas en sombra, donde se observa que los tratamientos con mayor número de germinación fueron el de 20 minutos y el grupo control, mientras en de menor porcentaje fue el de 15 minutos (Figura 11).

Figura A)

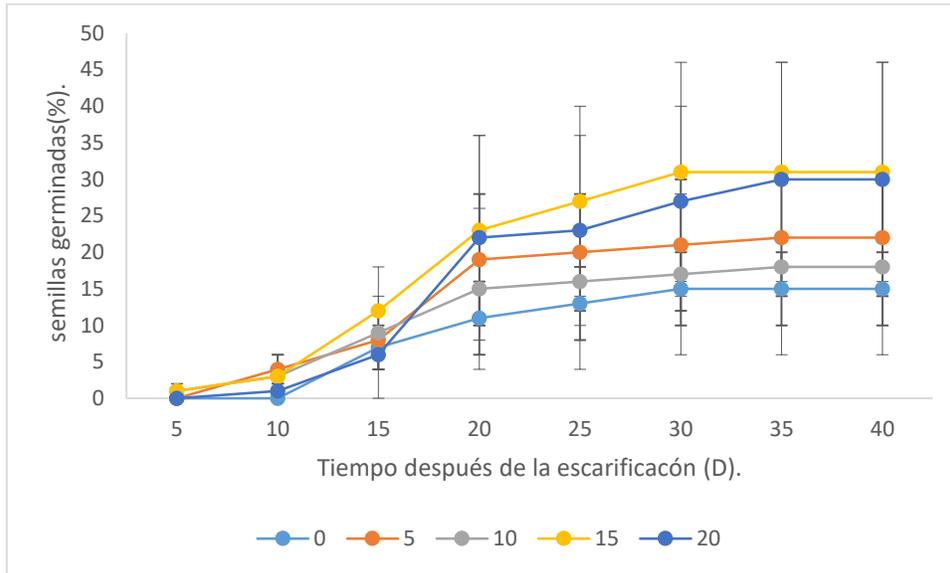


Figura B)

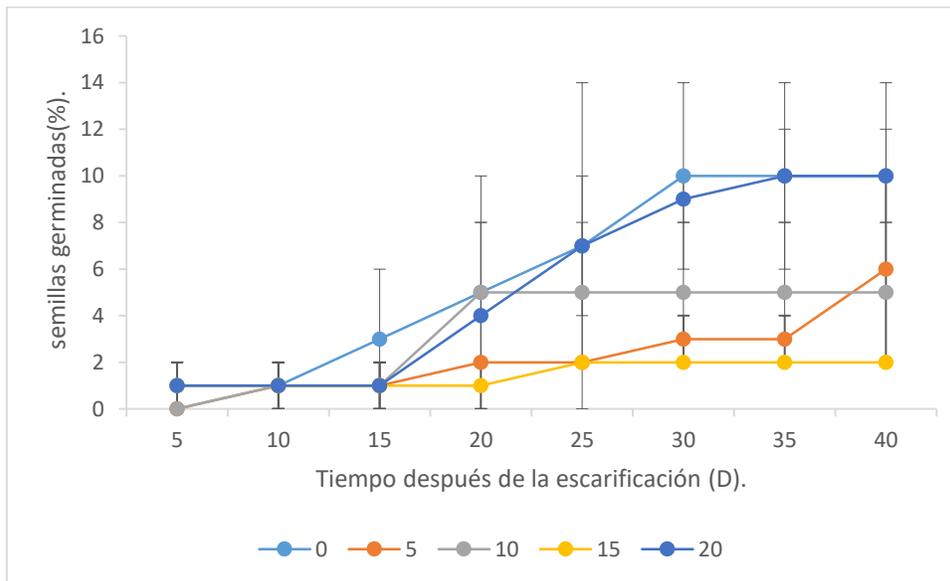


Figura 11. Germinación de *M. bocasana* con diferentes tiempos de escarificación con Hipoclorito de sodio al 30%. Cada dato es el promedio de las repeticiones \pm error estándar.

Tabla 2. Medidas morfométricas de *M. bocasana* a lo largo de 80 días en mm.

		Tiempo después de la germinación (D)															
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Vástago																	
Largo																	
	1	0.29	0.3	0.45	0.6	1.25	2	2.55	2.85	3.22	4.23	4.78	4.9	4.9	5.12	5.36	5.4
	2	0.24	0.31	0.38	0.5	0.48	0.76	1.24	2	2.45	3.12	3.95	5.12	5.67	5.7	5.7	5.8
	3	0.23	0.28	0.34	0.39	0.5	1.22	1.67	2.54	3.65	4.61	5.01	5.5	5.74	5.74	5.8	5.8
	4	0.19	0.2	0.37	0.43	0.61	0.62	1	1.62	2	3.55	4.78	5	5.6	5.67	5.74	5.78
	5	0.2	0.34	0.43	0.51	0.6	0.84	1.53	2.69	3.86	4.18	5	5.8	5.8	5.82	5.85	5.9
Ancho																	
	1	0.16	0.2	0.35	0.4	0.43	0.59	0.75	1.52	1.87	2.54	3.23	3.5	3.6	3.76	4.27	4.65
	2	0.14	0.16	0.4	0.47	0.52	0.67	0.84	1	1.69	2.91	3.3	4.1	4.78	4.84	4.9	5.34
	3	0.12	0.24	0.33	0.34	0.49	0.51	0.52	0.59	2	3.02	3.75	4	4.3	4.54	4.75	4.86
	4	0.1	0.15	0.35	0.44	0.45	0.47	0.81	1.45	2.3	2.81	3.98	3.4	4.73	4.89	4.95	5.14
	5	0.2	0.21	0.41	0.5	0.59	0.76	0.93	1.56	1.98	2.38	4.67	6.99	7.3	7.3	7.3	7.3
N° de Mammillas																	
	1									2	3	5	5	5	6	6	6
	2									2	3	6	6	6	6	6	6
	3										3	6	6	6	6	6	6
	4									1	5	4	5	6	6	6	6
	5										3	6	5	6	6	6	6
N° de espinas por mamilia																	
	1									2	5	6	6	6	6	6	6
	2									4	5	6	6	6	6	6	6
	3										5	5	6	6	6	6	6
	4									3	5	5	6	6	6	6	6
	5										5	5	6	6	6	6	6
Raíz																	
Largo																	
	1	0.083	0.069	0.28	0.41	0.68	0.73	0.77	0.86	0.93	1.69	3.24	4.5	4.86	4.86	4.9	5.15
	2	0.055	0.068	0.21	0.4	0.55	0.59	0.64	0.78	1.18	1.51	2.68	3.2	3.4	3.65	3.86	4.35
	3	0.079	0.1	0.2	0.45	0.5	0.65	0.71	0.93	1.29	1.5	1.67	1.7	4.9	5	5.2	5.2
	4	0.01	0.12	0.4	0.46	0.58	0.64	0.87	1.15	1.46	1.63	3	3.5	3.8	3.98	4.2	4.68
	5	0.094	0.19	0.33	0.33	0.36	0.4	0.51	0.78	1.6	2.76	3.4	3.67	4	4.19	4.39	4.69

Se pueden observar algunos de los cambios más notables de *M. bocasana*, donde se muestran la aparición de las primeras mamilas y espinas (Figura 12).

Figura 12. Cambios en la plántula de *M. bocasana* a lo largo de 75 días.



8. Discusión.

El peso obtenido para las semillas de *Mammillaria bocasana* fue de 0.3 mg por semilla, lo cual coincide con el estudio realizado por Larios *et al.* (2015) en donde reporta un peso entre 0.1 y 0.9 mg por semilla para las especies *M. crinita* y *M. polythele*. De acuerdo a la clasificación por forma de las semillas de Barthlott y Hunt en el 2000, las semillas de *M. bocasana* se encuentran dentro de la categoría de semillas “ovoides” ya que la relación largo/ancho se mantiene en el rango de 1.10 a 1.49. El número promedio de semillas por fruto para *M. bocasana* es de 24.7, lo cual está dentro del rango encontrado por Contreras *et al.* (2002) quien reportó que algunas especies del genero *Mammillaria* producen muchas semillas como *M. magnimamma* con un promedio de 93 semillas por fruto, mientras que otras especies como *Mammillaria crucigera* produce en promedio 20 semillas por fruto.

Las semillas de *Mammillaria bocasana* con exposición al sol presentaron un mayor porcentaje de germinación que aquellas que estuvieron en oscuridad. Con respecto al requerimiento de luz para germinar Côme (1970), clasificó las semillas en fotoblásticas positivas, negativas e indiferentes. Los resultados indican que las semillas de *M. bocasa* son fotoblásticas positivas por lo que el factor lumínico es un requerimiento indispensable para la germinación de esta especie, lo cual concuerda con Milberg *et al.* (2000) que muestran en especies de diferentes familias que la respuesta a la luz disminuye al aumentar la masa de la semilla. Otras especies como *Mammillaria magnimamma* han sido reportadas como fotoblásticas positivas por Orozco *et al.* (2002). A pesar de esto si se dio germinación en semillas privadas de luz, pero estas plántulas presentaron un fenómeno llamado etiolación, en donde presentaron un alargamiento y no un desarrollo en forma globosa como normalmente se lleva a cabo. En un estudio realizado por Romero *et al.* (2013) en *Astrophytum myriostigma* encontraron polimorfismos que van de columnares a globosas según la espesura de la vegetación en la que se encuentren, es decir, que si se encuentran dentro de la vegetación espesa crecen como columnares y si crecen directamente al sol crecen como globosas, tal como las semillas de *Mammillaria bocasana*.

Las semillas de *Mammillaria bocasana* comenzaron su germinación en el día 5 después de su siembra y terminaron de germinar en el día 45 lo cual coincide con los resultados de Manzo (2010) que en su trabajo con *Mammillaria coahuilensis* obtuvo un inicio de germinación en el día 9 y un término en el día 50, de igual manera ocurre en el estudio realizado por Avendaño (2007), donde *Mammillaria supertexta*, comienza su germinación en el día 5 y concluye al día 41, además de obtener un mayor número de germinaciones entre los días 15 a 30 mostrando un crecimiento exponencial, lo cual coincide con los resultados de este trabajo.

Se obtuvieron bajos porcentajes de germinación con un 31% y 30% de los tratamientos de 15 y 20 minutos con exposición a la luz respectivamente, esto difiere con el trabajo de Navarro *et al.* (2007) que obtuvieron un porcentaje de germinación de 80%, en semillas de *Mammillaria pectinifera*, sin embargo, ellos utilizaron una escarificación con hipoclorito de sodio y ácido sulfúrico en donde lavaron las semillas durante 3 minutos con hipoclorito y posteriormente un minuto con ácido sulfúrico. En este mismo trabajo se mostró que las semillas de *M. pectinifera* al parecer pierden viabilidad con el tiempo de almacenamiento, ya que presentaron un mayor porcentaje de germinación las semillas que tenían un menor tiempo de almacenadas, Este podría ser un factor que afecto al porcentaje de germinación de las semillas de *Mammillaria bocasana* ya que estas contaban con un tiempo de dos años de almacenamiento.

Este bajo porcentaje de germinación también pudo deberse a que durante el periodo en el que se realizó este estudio se tuvieron temperaturas entre 20° y 22° C, lo cual influye a la germinación ya que Benítez *et al.* en el 2004 realizaron un trabajo de germinación de cuatro especies de *Mammillaria*, en donde registraron que la temperatura optima de la germinación para las cuatro especies fue de 25 ° C.

Los tratamientos de escarificación aplicados no muestran ninguna diferencia significativa, esto coincide con el trabajo realizado por Navarro *et al.* (2008), en donde no se encontró ninguna diferencia entre los tratamientos empleados a *Mammillaria hamata* y *Mammillaria sphaelata* a pesar de utilizar diferentes

sustancias como ácido sulfúrico, ácido giberélico, agua a 50° c y tween al 5%. En otro estudio realizado por Navarro *et al.* (2007), encontró que los tratamientos de escarificación de ácido sulfúrico, tween y giberelina no favorecen a la germinación de *M. pectinifera*, ya que el mayor porcentaje de germinación se registró en semillas que no fueron escarificadas.

La morfometría nos permite obtener las características dimensionales de los objetos, se utiliza para determinar valores paramétricos que definen los objetos, también se utiliza para investigar los cambios en forma y tamaño a fin de evaluar patrones distribucionales, evolutivos, filogenéticos entre otros. (pertusa,2003).

En cuanto al desarrollo morfométrico se encontró un mayor crecimiento de la plántula y la raíz dentro de los 46 días después de la siembra. En un estudio realizado por Garza *et al.* (2012), describe la aparición de espinas cortas en *Lophocereus schottii* a los 45 días después de su siembra lo cual coincide con este trabajo ya que las primeras areolas y espinas aparecen en el día 45, sin embargo difiere con el trabajo de Cenizo (2013) que describe los principales cambios a los 30 días y la aparición de las primeras espinas y areolas en el día 14 después de su siembra, sin embargo la especie registrada para este trabajo fue *Trichocereus candicans*, una cactácea columnar.

9. Conclusiones.

- Las semillas de *M. bocasana* tienen un peso promedio de 0.3 mg y son clasificadas como “ovoides”, el número promedio de semillas por fruto es de 24.7.
- Las semillas de *M. bocasana* son fotoblásticas positivas, el periodo de germinación comienza en el día 5 después de su siembra y termina en el día 45, con un porcentaje de germinación de 31%.
- No se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tiempos de escarificación con Hipoclorito de sodio al 30%.
- En el desarrollo morfométrico de plántulas de *M. bocasana* las primeras areolas y espinas aparecen en el día 45, además se encontró un mayor crecimiento de la plántula y la raíz dentro de los primeros 46 días después de la siembra.

10. Aportaciones finales.

Este estudio permitió conocer un poco más acerca de la germinación de *M. bocasana*, en aspectos como porcentaje de germinación, siembra, fotoblastismo, así como el desarrollo morfométrico de las plántulas en los primeros 80 días después de su siembra. De igual manera se describió la morfometría de las semillas de *M. bocasana*.

Un aspecto importante a evaluar es la escarificación ya que en este estudio no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos, por ello sería importante realizar otros trabajos en donde se utilizarán diferentes concentraciones y tiempos de escarificación, así como utilizar diferentes compuestos químicos como ácido sulfúrico, ácido giberelico, entre otros. Así mismo, se podrían realizar estudios utilizando diferentes sustratos para comparar en cuál de ellos se obtiene un mayor porcentaje de germinación.

Para la conservación de la especie sería conveniente la creación de una unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), la cual cuente con un plan de manejo apropiado, con el fin de eliminar de la lista de especies bajo protección especial a *M. bocasana*, así como incrementar su uso como planta ornamental para una mayor propagación.

11. Literatura citada.

- Alvarado, M., Solano, J. (2002). Producción de sustratos para viveros. Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional-VIFINEX, 31.
- Arias, S. (2002). Diversidad de cactáceas y su aprovechamiento en México. Instituto de Biología, Jardín botánico. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Avendaño, T. (2007). Dinámica poblacional de *Mammillaria supertexta* Mart.ex Pfeiff. En el valle de Cuicatlán, Oaxaca, México. Tesis maestría. Instituto Politécnico Nacional.
- Barthlott, W. y Hunt, D. (2000). Seed diversity in the Cactaceae subfamily cactoide. D. Hunt, 73.
- Benítez, J., Orozco, A., Rojas, M., Lauver, C. (2004). Light effect on seed germination of four *Mammillaria* species from the Tehuacán Cuicatlán Valley, central. The southwestern Naturalist, 49(1), 11-17.
- Bosques, J. (2010). Curso básico de hidroponía. Editorial RPI, 73-74.
- Bravo-Hollis, H. (1978). Las Cactáceas de México (Vol. 1). Universidad Nacional Autónoma de México. 2a. ed. 743.
- Bravo-Hollis, H. y Scheinvar, L. (1999). El interesante mundo de las cactáceas. Fondo de Cultura Económica, UNAM.
- Castilla, N. (2007). Invernaderos de plástico tecnologías y manejo. Ediciones Mundi-Prensa. 2º edición. 265.
- Cenizo, V., Mazzola, M., Corró, B., Kin, A. (2013). Características morfológicas y anatómicas de las plántulas de *Trichocereus candicans* (Cactaceae). Boletín de la sociedad Argentina de Botánica, 48(3-4), 443-451.
- Côme, D. (1970). Les obstacles à la germination. Monographies de physiologie végétale (Ed. Masson and cie), 6(162).

- Contreras, C., Valverde, T. (2002). Evaluation of the conservation status of a rare cactus (*Mammillaria Crucigera*) through the analysis of its population dynamics. *Journal of Arid environments*, 51(1), 89-102.
- Díaz, H., Navarro, M., Rodríguez, C. (2008). Aspectos de la morfometría y fenología reproductiva de *Echinocactus platyacanthus* en la Barranca Huexotitlanapa en Tecali de Herrera, Puebla. *Cactáceas y suculentas mexicanas*, 53(4), 100-1007.
- Esquivel, P. (2004). Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. *Agronomía mesoamericana*, 15(2), 215-219.
- Food and Agriculture Organization of the united nations (2002). El cultivo protegido en el clima Mediterráneo. *Manual de estudio y protección vegetal*, 154.
- García, A., Ordóñez, M., Briones, M. (2004). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, 112.
- Garza, R., Pedraza, M., Treviño, J., Rodríguez, R., Barrón, M., Morales, M. (2012). Germinación *in vitro* y respuesta morfogénica de *Lophocereus schottii*. Departamento de biología celular y genética, facultad de ciencias biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, (14), 24-34.
- Halffter, G., Llorente, J., Morrone, J. (2008). La perspectiva biogeográfica histórica. *Capital natural de México*, 1, 67-86.
- Hernández, H., Godínez, H. (1994). Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta botánica mexicana*, (26), 33-52.
- Hernández, A. (2015). Propiedades morfométricas y químicas de las semillas de cuatro especies del género *Opuntia*. Tesis de licenciatura, 33.
- Herrera, J., Guevara, E. (2006). Germinación y crecimiento de la planta. *Editorial UCR*, (4), 18.
- Jiménez, C. (2011). Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista digital universitaria*, 12(1).

- Larios, M., Loza, S., Ramos, B., Arreola, H., Espinosa, A., Hernández, L. (2015). Biología reproductiva de tres especies de *Mammillaria Haw.* (Cactácea) endémicas del cerro "la mesa redonda", Jalisco, México. *Gaia Scientia*, 9(2).
- Manzo, S. (2010). Propagación in vitro de *Mammillaria coahuilensis* var. *Coahuilensis* (Boedeker) Moran y *Echinocactus platyacanthus Link & Otto* a partir de semilla para su conservación. Tesis de maestría, 62.
- Martínez, A., Morales, J., Guillén, S. (2016). Tomado de aspectos sobre el manejo y la conservación de agaves mezcaleros en Michoacán. *SAGARPA*, 176.
- Martínez, M., López, F., Flores, A., Manzanero, G. (2004). Evolución de técnicas de propagación de *Mammillaria oteroi Glas & R. Foster*. *Revista naturaleza y desarrollo*, 2(2).
- Mérola, R., Díaz, S. (2013). Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Meza, V. (2011). cactáceas mexicanas: usos y amenazas. INE/ADA-026. Resumen ejecutivo.
- Milberg, P., Anderson, L., Thompson K. (2000). Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. *Seed Science Research*, (10), 99-104.
- Navarro, C., Cervantes, G., Castellanos, J. (2008). Efecto de escarificación de semillas en la germinación de dos especies de *Mammillaria*. *Revista zonas áridas*, 12(1), 97-205.
- Navarro, M., Deméneghi, A. (2007). Germinación de semillas y efecto de las hormonas en el crecimiento de *Mammillaria pectinifera*. *Revista zonas áridas*, 11(1), 233- 239.
- Orozco, A., Gamboa, A., Barradas, V. (2002). La diversidad funcional del ecosistema. *Historia natural y ecología de poblaciones*, 265- 316.

- Ortiz, D., Laguna, E., Rosselló, J. (2009). Flora alóctona valenciana: familia Cactaceae. Monografías de la revista Bouteloua, (5), 148.
- Pertusa, J. (2007). Técnicas de análisis de imagen aplicaciones en biología (Vol. 65). Editorial Maite simon, 31.
- Rivas, M. (1996). Cactáceas y suculentas del jardín botánico Lankester. Editorial Universidad Estatal a distancia, 14-15.
- Rojas, M., Batis, A. (2001). Las semillas de cactáceas... ¿forman bancos en el suelo? Cactáceas y suculentas mexicanas, 46, 26-82.
- Romero, U., López, H., García, C., Estrada, J. (2013). Variación ecomorfológica de *Astrophytum myriostigma* (Caryophyllales: Cactaceae) en una población de la sierra El Sarnoso, Durango, México. Revista Chilena de historia natural, 86(3), 357-364.
- Ruedas, M., Valverde, T., Castillo, S. (2000). Respuesta germinativa y crecimiento de plántulas de *Mammillaria Magnimamma* (Cactaceae) bajo diferentes condiciones ambientales. Boletín de la Sociedad Botánica de México, (66), 25-35.
- SAGARPA. (2002). Propagación y mantenimiento de cactáceas. Folleto técnico No. 21, 28.
- Salas, S., García, A., Reyes, A., Villar, C. (1999). Distribución geográfica y ecológica de la flora amenazada de extinción en la zona árida del estado de San Luis Potosí, México. Polibotánica, (10).
- Sánchez, M., Cantú, J. (1999). La guerra de las cactáceas. Revista este país, (102), 1-6.
- Sánchez, J., Flores, J., Muro, G., Arias, S., Jurado, E. (2015). Morfometría de semillas en la cactácea amenazada de extinción *Astrophytum myriostigma* Lemaire. Polibotánica, (39).

- Scheinvar, L. (2004). Flora cactológica del estado de Querétaro. Fondo de cultura económica (FCE), 390.
- SEMARNAT. (2012). Biodiversidad (especies en riesgo). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 165.
- Toledo, M., Oyama, K., Castillo, A. (2006). Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México: perspectivas desde la investigación científica. Editorial siglo XXI, 73.
- Trejo, L., Ramírez, M., Gómez, F., García, J., Baca, G., Tejeda, O. (2013). Evaluación física y química de tezontle y su uso en la producción de tulipán. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 4(5), 863-876.
- Trejo, M. J. Rondón, R., Pulido. R. (2003). Evaluación morfométrica en frutos y semillas de tres especies de cactaceae en la zona xerófila del estado Mérida, Venezuela. Revista PITTIERIA, (32), 59-66.