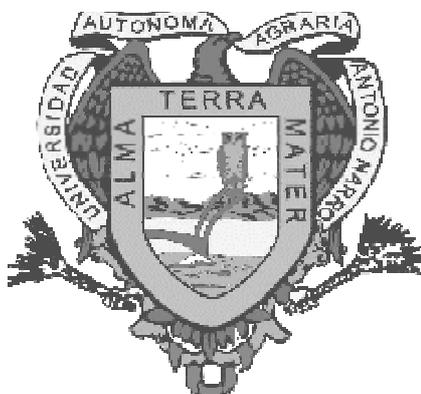


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMIA**



**Germinación de las especies *Mammillaria glassii* (Foster),  
*Mammillaria grusonii* (Ruenge) y *Mammillaria pottsii* (Scheer ex  
Salm-Dyck) del estado de Coahuila, mediante la técnica de  
escarificado y siembra en medio MS y cajas petri.**

**Por:**

**CORINTIA OLVERA CARMONA**

**T E S I S**

**Presentada como requisito parcial para  
obtener el título de:**

**INGENIERO EN AGROBIOLOGIA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Diciembre del 2005**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMIA

Germinación de las especies *Mammillaria glassii* (Foster), *Mammillaria grusonii* (Ruenge) y *Mammillaria pottsii* (Scheer ex Salm-Dyck) del estado de Coahuila, mediante la técnica de escarificado y siembra en medio MS y en cajas petri.

por:

CORINTIA OLVERA CARMONA

**TESIS**

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

**APROBADO POR:**

---

Biol. Sofía Comparan Sánchez  
**Asesor Principal**

---

Biol. Joel Luna Martínez  
**1er. Sinodal**

---

Biol. Sergio Pérez Mata  
**2do. Sinodal**

---

Dr. Sergio R. Sánchez Peña  
**3er. Sinodal**

**Coordinador de la División de Agronomía**

---

M.C. Arnoldo Oyervides García

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Diciembre del 2005.  
DEDICATORIA**

El esfuerzo y tiempo que me llevo a realizar este trabajo lo dedico con mucho amor y respeto a esa persona que a pesar de darme la vida me ha dado esta formación profesional con tanto esfuerzo y sacrificio, y que a

pesar de sus problemas siempre esta hay para ayudarme con los míos; y a esa hermosa persona que llego en el mejor momento de mi vida para iluminarme con su sonrisa y que se ha convertido en una de mis razones para siempre seguir adelante.

A mi madre: **VICTORIA CARMONA GONZÁLEZ**

A mi hija: **ISIS ALEJANDRA VILLATORO OLVERA**

A mi esposo **SANDINO**, por compartir su vida con migo, por estar con migo en los buenos y malos momentos; gracias por ser como eres y por ser uno de mis mejores amigos.

A mi padre **SEBASTIÁN**, por darme con mucho esfuerzo y sacrificio esta mi única herencia “la Educación”.

A **NIDIA, PERLA Y JENNY** por ser mas que mis hermanas mis mejores amigas, por darme ánimos y consejos para siempre seguir adelante, y sobre todo por apoyarme cuando mas las he necesitado.

A mis tíos y primos, ya que en esta mi estancia siempre he contado con su apoyo y compañía.

Y

A todos mis **COMPAÑERO** de la carrera, por todos y cada uno de los momentos vividos y disfrutados en cada rincón de esta universidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, “**Mi Alma Terra Mater**” por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de formarme en una de las mejores áreas de estudio que es la Agronomía, por permitirme realizar mi mayor meta, mi formación Profesional.

A la **Bióloga Sofía Comparan Sánchez**, por todo el apoyo y confianza brindada durante la realización de este trabajo, por darme la oportunidad de participar en uno de sus proyectos y realizar esta investigación.

A la T.A. **Graciela González Ramírez** por el apoyo y paciencia que me brindo para realizar este trabajo, y por la amistad que me brindo.

Y

A todas aquellas persona que de una o cualquier forma ayudaron a la elaboración de este trabajo.

## ÍNDICE

	P ág.
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	v
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
1.3 Hipótesis	3
1.2 Objetivos	3

<b>ANTECEDENTES</b>	4
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	8
3.1 Características Morfológicas De Las Cactáceas	8
3.1.1 Morfología de las cactáceas	8
3.1.2 La raíz	8
3.1.3 El vástago	9
3.1.4 Hojas	9
3.1.5 Tubérculos (podarios)	10
3.1.6 Costillas	10
3.1.7 Aréolas	10
3.1.8 Espinas	11
3.1.9 Tallo	12
3.1.10 Estructura histológica del tallo	12
3.1.11 Inflorescencias y Cefalios	13
3.1.12 La Flor	13
3.1.13 El Fruto	14
3.1.14 Las Semillas	15
3.2 Importancia De Las Cactáceas	16
3.2.1 Alimento	16
3.2.2 Ganado	16
3.2.3 Protección del Suelo	16
3.2.4 Medicinas y Toxinas	16
3.2.5 Jardinería	16

3.3 Características Del Estado De Coahuila	17
3.3.1 Clima	17
3.3.2 Fauna	18
3.3.3 Flora	18
3.4 Características Del Género <i>Mammillaria</i>	19
3.5 Clasificación Taxonómica Del Género <i>Mammillaria</i>	21
3.6 <i>Mammillarias</i> Distribuidas en el Estado De Coahuila	21
3.7 Identificación De Las Características Morfológicas mas representativas de las <i>Mammillaria</i>	22
3.7.1 Tallo	22
3.7.2 Tubérculos	23
3.7.3 Jugo Del Tubérculo	24
3.7.4 Axilas	24
3.7.5 Espinas	25
3.7.6 Flores	26
3.7.7 Fruto	27
3.7.8 Semillas	28
3.8 Descripción De Las Especies De <i>Mammillarias</i> a Evaluar	29
3.8.1 <i>Mammillaria glassii</i> (Foster)	29
3.8.2 <i>Mammillaria grusonii</i> (Ruenge)	30
3.8.3 <i>Mammillaria pottsii</i> (Scheer ex Salm- Dyck)	31

3.9 Propagación De Cactáceas Por Semilla	32
3.10 Semilla; Concepto Y Estructura	32
3.11 Germinación	33
3.11.1 Concepto de germinación	33
3.11.2 Condiciones generales para la Germinación	33
3.11.3 Eventos Durante la Germinación	35
3.11.3.1 Imbibición	35
3.11.3.2 Activación de enzimas	35
3.11.3.3 Digestión y traslocación de reservas	35
3.11.3.4 Crecimiento del embrión	36
3.11.3.5 Emergencia de la radícula	36
3.11.3.6 Establecimiento de la plántula	36
3.12 Dormición	36
3.12.1 Causas y clasificación de los tipos de dormancia	37
3.12.1.1 Física	37
3.12.1.2 Química	38
3.12.1.3 Mecánica	38
3.12.1.4 Fisiológica	38
3.12.1.5 Morfológica	39
3.11.1.6 Combinada	39
3.11.2 Tratamiento para romper la dormancia	39

3.11.2.1 Congelamiento	
39	
3.11.2.2 Pre-enfriamiento	
40	
3.11.2.3 Presecado	
40	
3.11.2.4 Luz	
40	
3.11.2.5 Tratamientos térmicos	
40	
3.11.2.6 Prelavado de semillas	
41	
3.11.2.7 Remojo	
41	
3.11.2.8 Remojo y secado	
41	
3.11.2.9 Remoción de estructuras circundantes	
41	
3.11.2.10 Ácido giberelico	
41	
3.11.2.11 Escarificación	
42	
3.11.2.11.1 Escarificación mecánica	
42	
3.11.2.11.2 Escarificación química	
42	
3.12 La Micropropagación	
43	
3.12.1 Medio de cultivo	
44	
3.12.1.1 Sales minerales	
44	
3.12.1.2 Sustancias orgánicas	
44	
3.12.1.3 Agar	
44	
3.12.2 Condiciones ambientales	
44	
3.12.2.1 Luz	
44	
3.12.2.2 Temperatura	
45	

3.12.2.3 Humedad	45
3.12.3 Ventajas del sistema de Micropropagación	45
3.12.4 Desventajas del sistema de Micropropagación	46

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

47	
4.1 Ubicación del experimento	47
4.2 Material vegetativo utilizado	47
4.3 Preparación de cajas petri	47
4.4 Preparación de frascos gerber con medios MS	47
4.5 Desinfección de las semillas	48
4.6 Condiciones ambientales	48
4.7 Tratamientos	48
4.8 Siembra en cajas petri	49
4.9 Siembra en medio de cultivo	49
4.10 Diseño experimental	49
4.11 Parámetros evaluados	50

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

51	
5.1 Germinación en Cajas petri	51
5.2 Germinación en medio de cultivo MS	56
5.3 Porcentaje de la germinación de las especies de Mammillarias en los dos sistemas de siembra	60

## CONCLUSIONES

63

## BIBLIOGRAFÍA

64

## ANEXOS

67

## ÍNDICE DE CUADROS

- 1A. Concentración de datos; germinación diaria de *M. glassii*, sembradas en cajas petri  
67
- 2A. Concentración de datos; germinación diaria de *M. grusonii*, sembradas en cajas petri  
67
- 3A. Concentración de datos; germinación diaria de *M. pottsii*, sembradas en cajas petri  
68
- 4A. Análisis de Varianza para *M. glassii* para los días 6, 7 y 15 DDS (en caja petri  
68
- 5A. Análisis de Varianza para *M. grusonii* para los días 6, 7 y 13 DDS (en caja petri  
6  
9
- 6A. Análisis de Varianza para *M. pottsii* para los días 20, 22, 24 y 30 DDS (en caja petri)  
70
- 7A. Concentración de datos de la germinación diaria para *M. glassii* al 100% de macronutrientes  
71

- 8A. Concentración de datos de la germinación diaria para *M. glassii* al 50% de macronutrientes  
72
- 9A. Concentración de datos de germinación diaria para *M. glassii* al 25% de macronutrientes  
72
- 10A. Concentración de datos de la germinación diaria para *M. grusonii* al 100% de macronutrientes  
73
- 11A. Concentración de datos de la germinación diaria para *M. grusonii* al 50% de macronutrientes  
73
- 12A. Concentración de datos de la germinación diaria para *M. grusonii* al 25% de macronutrientes  
74
- 13A. Concentración de la germinación diaria para *M. pottsii* al las diferentes concentraciones de macronutrientes  
74
- 14A. Análisis de varianza, con arreglo factorial A x B completamente al azar para *M. glassii*  
75
- 15A. Análisis de varianza, con arreglo factorial A x B completamente al azar para *M. grusonii*  
76
- 16A. Análisis de varianza, con arreglo factorial A x B completamente al azar para *M. pottsii*  
76

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Ubicación geográfica del estado de Coahuila en la Republica Mexicana  
17

2. La Foto A; muestra diferentes *Mammillarias*, en donde se observan las flores dispuestas en corona cerca del ápice; La foto B, muestra los frutos característicos de este género

19

3. Distribución geográfica del género *Mammillaria* en el continente americano

19

4. Mapa de la distribución de *Mammillaria glassii* (estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas)

29

5. A y B muestra la disposición de las flores de *M. glassii* y la C el tipo de semilla.

2

9

6. Mapa de distribución de *Mammillaria grusonii* (estados de Coahuila y Durango)

3

0

7. A muestra la vista aérea, B muestra la serie espiralada y C el tipo de semilla.

30

8. Mapa de distribución de *Mammillaria pottsii* (estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas)

31

9. A y B, muestra la flor y forma del tallo de *M. pottsii* y la C el tipo de semilla

31

10. Sección de una semilla casi madura

32

11. Comportamiento de *M. glassii* en la germinación acumulada; Testigo , T1 y T2 en función del tiempo, en caja petri

52

12. Comportamiento de *M. grusonii* en la germinación acumulada; Testigo , T1 y T2 en función del tiempo, en caja petri

52

13. Comportamiento de *M. pottsii* en la germinación acumulada; Testigo , T1 y T2 en función del tiempo, en caja petri  
53
14. Comportamiento de las tres especies de *Mammillarias* en la germinación acumulada; Testigo en función del tiempo (Cajas petri)  
54
15. Comportamiento de las tres especies de *Mammillarias* en la germinación acumulada; T1 en función del tiempo (Cajas petri)  
55
16. Comportamiento de las tres especies de *Mammillarias* en la germinación acumulada; T2 en función del tiempo (Cajas petri)  
55
17. Comportamiento de la germinación acumulada de *M. glassii* en las diferentes concentraciones de macronutrientes  
56
18. Comportamiento de la germinación acumulada de *M. grusonii* en las diferentes concentraciones de macronutrientes  
58
19. Comportamiento de la germinación acumulada de *M. grusonii* en las diferentes concentraciones de macronutrientes  
59
20. Porcentaje de germinación de *M. glassii* tanto en medio MS (a los 30 DDS) y caja petri (a los 15 DDS)  
60
21. Porcentaje de germinación de *M. grusonii* tanto en medio MS (a los 30 DDS) y caja petri (a los 13 DDS)  
61
22. Porcentaje de germinación de *M. pottsii* tanto en medio MS (a los 30 DDS) y caja petri (a los 30DS)  
62

## **INTRODUCCIÓN**

México es uno de los países mas ricos del mundo en especies de plantas y animales, por lo cual pertenece a las naciones mega-diversa; esto como resultado de su variedad de altitudes y ubicación geográfica, de su accidentada topografía y la influencia oceánica; comprendiendo una gran diversidad de climas en los cuales se distribuyen 32 tipo de vegetación que pueden agruparse en 5 regiones ecológicas como son: la tropical cálida-húmeda, la tropical cálida-subhúmeda, la templada-húmeda, la templada-subhúmeda y por ultimo, la árida y semiárida (SEMARNAT, 2005); por lo que México es reconocido como uno de los lugares de mayor diversidad biológica en el planeta; y algunas estimaciones recientes indican que entre un 8 y 10% de las especies de plantas y animales vertebrados terrestres del

mundo concurren dentro del país (CONABIO, 2005).

Las cactáceas son originarias del continente Americano y estas se encuentran en las zonas áridas y semiáridas; por lo que México es el lugar más importante de su diversificación. En la actualidad no se conoce el número exacto de especies que constituyen el grupo de las cactáceas, no obstante, se estima que la familia Cactaceae cuenta con 2000 especies aproximadamente; por lo que representa una de las 15 familias de plantas superiores con mayor diversidad de especies y la de mayor riqueza específica de las llamadas suculentas (Martínez, 1994).

Coahuila es el tercer estado más grande de la república mexicana, comprendiendo así una superficie de 152, 000 km<sup>2</sup>, formando parte del desierto Chihuahuense; y se caracteriza por incluir regiones áridas y semiáridas, en donde el endemismo de especies vegetales se ve dominado por las familias Asteraceae, Agavaceae, Gramineae y Cactaceae. Dentro de la familia de las Cactáceas encontramos al género *Mammillaria*, el cual es considerado como uno de los géneros más evolucionados, debido a que sus flores se han simplificado, por lo que dicha reducción ha afectado el tamaño, número y la estructura de sus órganos reproductores llegando hasta suprimir algunos, como sucede con las escamas y las areolas.

Este Estado de la república acoge en su amplio territorio aproximadamente 24 especies de *Mammillarias*, de las cuales tenemos a *M. bombycina*, *M. carretii*, *M. moelleriana*, *M. pennispinosa*, *M. stella-de-tacubaya* como especies raras y a *M. candida*, *M. coahuilensis*, *M. lenta* y a *M. plumosa* como especies amenazadas y *M. grusonii* como especie endémica esto de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-1994.

Sin lugar a duda, la familia Cactáceae es una de las que ha llamado más la atención desde tiempos remotos. Numerosos códigos y costumbres que aún perduran en nuestro país, dan el testimonio de este hecho (Bravo, 1978). Así mismo, las extrañas formas de las cactáceas y el colorido

de sus flores han sido las características más representativas en la actualidad, por lo que estas plantas son objeto del saqueo y comercialización, el cual ha puesto en peligro de extinción a un gran número de especies de esta familia (León y Valiente, 1994). Si unimos a estas problemáticas anteriores el mecanismo de latencia que esta familia, que ha desarrollado como medio de adaptación y supervivencia, el cual le impide a las semillas germinar, al no contar con las condiciones ambientales que les sean favorables; recurriendo a técnicas que rompan dicho estado fisiológico, como el caso de la escarificación química, entre otras.

Este trabajo, pretende evaluar el tiempo y el porcentaje de germinación de *Mammillaria glasii*, *Mammillaria grusonii* y *Mammillaria pottsii*, al aplicar un tratamiento de escarificación con ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) al 50%, así como la repuesta germinativa tanto en el medio de cultivo Murashige y skoog (MS) (1962) y en cajas petri.

## 1.2 HIPÓTESIS

El tiempo y porcentaje de germinación de las especies *Mammillaria glassii*, *Mammillaria grusonii* y *Mammillaria pottsii*, utilizando escarificación y siembra en caja petri, es más efectiva que empleando medios MS.

## 1.3 OBJETIVOS

- Determinar el efecto de la escarificación química a base de Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) al 50% en dos diferentes tiempos (10 y 30 seg.) de tres especies de *Mammillarias* del estado de Coahuila (*M. glassii*, *M. grusonii* y *M. pottsii*).
- Comparar el porcentaje y tiempo de germinación de las especies antes mencionadas tanto en el medio MS como en las cajas petri.
- Evaluar el efecto de tres concentraciones de macronutrientes (100%, 50% y 25%) del medio Murashige y Skoog (MS) (1962) durante la germinación de las mismas.

## ANTECEDENTES

Según a la bibliografía consultada tenemos que desde los años de Desde 1997 se han efectuado trabajos de investigación o evaluaciones de algunas variables relacionados con el genero *Mammillaria*; de los cuales solo mencionaremos los siguientes:

Germinación de Cuatro Especies del Género *Mammillaria* (Cactáceas) de la serie *Longiflorae* (Hunt) por Gutiérrez de la Rosa, Araceli y Jerónimo Reyes Santiago. (1997). El presente trabajo tiene como objetivo, establecer métodos de escarificación para semillas de *Mammillaria longiflora*, *M. hernandezii*, *M. napia* y *M. theresae*. Las variables utilizadas fueron escarificación con temperaturas (50 y 60 °C), tiempo de imbibición en agua (24 y 36 horas), exposición en ácido sulfúrico (100%) durante 1, 3, 6 y 9 minutos, así como la edad de las semillas. Los resultados obtenidos hasta el momento indican que las semillas presentan latencia durante el primer año de edad, excepto en *M. hernandezii*, que parece indicar lo contrario. En el tratamiento con ácido sulfúrico se observaron daños en el embrión en las semillas expuestas a 6 y 9 minutos y el porcentaje mas alto de germinación se obtuvo con 3 minutos de exposición (75%).

Propagación de Semillas de Diversas Especies de Cactáceas por Guzmán Cruz, U. y Dávila Aranda, P. (1997). En este estudio se proporciona información sobre % de germinación, viabilidad, intervalos de temperatura para germinar, detención de latencia y tratamientos para combatirla, en diferentes especies pertenecientes al los géneros *Mammillaria* (25 spp), *Neobuxbamia* (1 sp), *Turbinicarpus* (23 taxa) *Ferocactus* (2 spp), *Obregonia* (1 sp), *Echinocereus* (2 spp) y *Peniocereus* (1 sp). Usando lotes de 25 semillas, se evaluó la germinación en condiciones de invernadero que fluctúa desde los 5° C a los 43° C y en una germinadora a una temperatura constante de 30° C. Los resultados muestran una tasa de germinación que va desde el 0% hasta el 96%, siendo la latencia y longevidad de las semillas las que tienen mayor incidencia en los resultados, lo que indica por un lado posibles estrategias que presentan las

semillas en la depositación de un banco permanente o temporal en el suelo, es decir, las posibles relaciones que guardan los frutos hundidos y/o la ontogenia de las semillas con el rompimiento de la latencia.

Germinación de *Mammillaria magnimamma* bajo diferentes condiciones ambientales por Ruedas Medina, M. y Valverde Valdés, T. (1997). Con el objeto de entender algunos aspectos de la ecología de esta especie, este trabajo busca determinar el efecto de algunos factores bióticos y abióticos sobre la velocidad de germinación y la viabilidad de sus semillas, como parte de un proceso fisiológico que influye en la dinámica de la población. Se colectaron frutos de esta especie, se separaron las semillas y se pusieron a germinar (recién colectadas y después de un año) en cajas petri con sustrato de agar al 2% bajo condiciones de temperatura fluctuantes (15 a 30° C), temperaturas constantes (15 y 25° C) y ausencia-presencia de luz, al igual que con pre-tratamientos de exposición a altas temperaturas (90° C) y ácido clorhídrico a diferentes concentraciones. Los resultados muestran que las semillas son fotoblásticas, alcanzando un porcentaje de germinación superior al 80% en presencia de luz. La velocidad de germinación se vio afectada por la temperatura: con los tratamientos de temperatura constante a 15° C y pre-tratamientos de 90° C durante 12 horas, el tiempo en el que alcanzo el 50% de germinación se vio retrasado. Las semillas de *M. magnimamma* muestra una viabilidad alta, un patrón de germinación casi-simultaneo y no presentan un mecanismo de latencia sofisticado, siendo capaces de germinar en condiciones muy diversas.

Métodos de Escarificación en Semillas de ocho Cactáceas por Zanábrica Parra, F. y Hernández Livera, A. (1997); con la finalidad de evaluar diferentes métodos de escarificación en semillas de ocho especies de cactáceas se estableció un experimento. Se estudiaron *Coryphanta retusa*, *Echinocactus platyacanthus*, *Ferocactus latispinus*, *Hylocereus undatus*, *Mammillaria rhodantha*, *Stenocactus pentacanthus* y *Stenocereus sp.* Para ello se utilizaron 25 semillas de cada especie, las cuales se sembraron en papel absorbente dentro de cajas petri, manteniéndose en una cámara de germinación con ambiente controlado a 25° C y HR 100%. Aplicando a

cada una remojo en ácido sulfúrico 30% (5 min.), ácido giberelico 1 mg/l (AG) (20 h) y agua hirviendo (5 min.). Se estudiaron 32 tratamientos con 4 repeticiones bajo el diseño experimental completamente al azar. Se analizó el porcentaje de germinación obtenido hasta los 17 días. De acuerdo a los resultados se concluye que hubo diferencias significativas en el porcentaje de germinación para las diferentes especies sobresaliendo *C. Retusa* (100%) y *M. rhodantha* (94%); el menor fue para *H. Undatus* (0%) y *E. Platyacanthus* (75%), encontrándose interacción marcadas entre especies y métodos de escarificación.

La Germinación de *Mammillaria solisoides* por Reyes Santiago, J., Peters Edward y Arizaga, Santiago. (1997). En este trabajo se realizó la caracterización de algunos aspectos descriptivos de la morfología de frutos y semillas, así como los requerimientos en su germinación. Se realizaron colectas de frutos . se determinaron los requerimientos de su germinación bajo condiciones controladas de humedad y temperatura. Las semillas mostraron dormancia que no pudo ser rota por escarificación mecánica ni con ácido clorhídrico. La germinación solo fue posible mediante escarificación química con ácido sulfúrico. El porcentaje mas alto fue de 62.2% y corresponde al tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, con un tiempo de seis minutos de exposición.

Germinación Comparativa de Especies del género *Mammillaria* endémicas de Oaxaca, México por Flores Martínez, A. y Manzanero Medina, G. (2003). Comparamos la germinación entre especies del genero *Mammillaria* , endémicas de Oaxaca y del Valle de Tehuacan-Cuicatlán. Las semillas de las especies *M. huitzilopochtli*, *M. hernandezii*, *M. kraehenbuehlii*, *M. oteroi*, tanto recientes como más de un año de edad, fueron sometidas a varios tratamientos pregerminativos. *M. kraehenbuehlii* y *M. oteroi*, presentaron diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos pregerminativos. Los que incluyen un ácido a elevada concentración que incrementa los porcentajes finales de germinación ; cuando la concentración es de 10% o menor no se presentaron diferencias con el testigo. En *M. huitzilopochtli* y *M.*

*hernandezii*, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos pregerminativos. Un aspecto importante es la influencia de la edad de las semillas. En el primer caso las semillas de uno y dos años no mostraron disminuciones importantes en sus porcentajes finales de germinación. En el segundo, las semillas mayores, de un año de edad pierden cerca del 80% de su potencial germinativo, y a los dos años pierden 90% del mismo, donde estos porcentajes no se elevan significativamente incluso con la aplicación de tratamientos pregerminativos. Considerando que *M. huitzilopochtli* y *M. hernandezii* no se propagan asexualmente en forma natural, y que podrían tener limitaciones para crear banco de semillas en el suelo, es factible que sean mas vulnerables a la extinción después de una época de años desfavorables para la germinación, acompañada de la desaparición de individuos adultos como resultado de actividades humanas.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 3.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LAS CACTÁCEAS

#### 3.1.1 Morfología de las cactáceas

Según Bravo (1978) la morfología de las plantas proporciona indicadores de las condiciones del medio en que viven. Sus características más importantes las han adquirido por herencia de los caracteres de antiguas líneas evolutivas y otras parecen haber derivado de tendencias evolutivas más recientes. Estas dos clases de caracteres morfológicos han sido distinguidos a veces, como caracteres de organización y de adaptación.

#### 3.1.2 La raíz

La raíz de las cactáceas es semejante a la de otras dicotiledóneas, procede de la radícula del embrión; esta se encarga de fijar la planta en el suelo, absorber el agua con las sustancias nutritivas y puede en algunos géneros almacenarla en sus tejidos.

Desde el punto de vista fisiológico la raíz principal constituye el sistema de fijación, pues se introduce verticalmente en el suelo y su desarrollo es proporcional al tamaño y a la fuerza de tracción del vegetal, y que las raíces secundarias intervienen particularmente en la absorción, pues la longitud que alcanzan, la profundidad a que llegan y el grado de ramificación que adquieren, esta en relación con el factor humedad y con las demás características del suelo.

El sistema de absorción tiene entonces que adaptarse para captar el agua con rapidez, caracterizándose tanto por su extraordinaria ramificación como por la gran longitud que alcanza (a veces más de 15 metros), extendiéndose horizontalmente a la profundidad mínima de 1.5 a

5 cm bajo la superficie del suelo. En la época de lluvias se forma la extremidad de estas raíces secundarias, el verdadero sistema de absorción, el cual consiste en numerosas raicillas blancas provistas de pelos absorbentes, que son caducas, pues su vida se limita a la temporada lluviosa, marchitándose después.

### **3.1.3 El vástago**

El vástago de las cactáceas consta, como el de las demás dicotiledóneas, de tallo, hojas tectrices y yemas en algunos géneros como *Pereskia*, *Pereskioopsis* y *Quiabentia*, en tanto que en los demás experimentan grandes modificaciones: el tallo adquiere en numerosas especies, una gran reducción tanto en la longitud de los entrenudos como en la ramificación. El limbo, pecíolo y la base en las cactáceas sufren cambios anatómicos, pues la base se engruesa y crece transformándose en un podario o tubérculo, el pecíolo se atrofia y el limbo se reduce considerablemente. Con lo que respecta a las yemas axilares, en las cactáceas están representadas por las aréolas, pues además de producir nuevos brotes y flores como en las otras dicotiledóneas, dan origen a espinas, cerdas, glóquidas y lana.

### **3.1.4 Hojas**

La mayoría de los cactus carecen de hojas o son de reducido tamaño y caedizas ya que en caso contrario presentarían una gran superficie por la que se perdería agua. Sólo algunos géneros, los menos evolucionados, presentan hojas bien diferenciadas las cuales existen solamente en los géneros primitivos: *Pereskia*, *Pereskioopsis* y *Quiabentia*; en los que el limbo es grueso, carnoso y de forma orbicular o elíptica, pudiendo distinguirse en él algunas nervaduras pennadas o más o menos palmeadas; el pecíolo es muy corto y a veces falta.

### **3.1.5 Tubérculos (podarios)**

Durante el desarrollo de la plántula, el meristemo de la yema cotiledonar apical, forma los podarios o tubérculos (base hipertrofiada de la base), que se ordenan en series espiraladas, cuyo número filotáxico es de 5, 8, 13, 21 o 34, por lo que en las plantas ya desarrolladas, los tubérculos mas viejos se encuentran en la base del tallo, en tanto que los de reciente formación están en el ápice. En la parte superior de estos órganos se encuentran las aréolas. La forma, el tamaño y la consistencia de los tubérculos son variables: los hay casi esféricos, digitiformes, foliares, cónicos o prismáticos como en diversas especies de, triangulares; muy pequeños o muy grandes, suaves o muy duros.

### **3.1.6 Costillas**

Las costillas provienen de los podarios de la yema apical de la plántula que se ordenan en series ortósticas verticales. El número de costillas es muy variable, desde 2 hasta unas 100; por lo general en las plantas de pocas costillas, el numero de ellas va aumentando con la edad.

La forma también varía; hay costillas muy angostas y de arista aguda o anchas y de arista redondeada, altas y muy prominentes o plegadas y onduladas. Cuando las costillas son de 2 a 5, altas, planas y delgadas, se denominan alas.

### **3.1.7 Aréolas**

A las aréolas aunque actualmente se les considera como yemas. Las cuales forman también hojas reducidas, flores, nuevos tallos y además espinas, glóquidas, cerdas y pelos, y a veces raíces adventicias. En casi todas las especies existe, al centro de las areolas, un meristema de crecimiento integrado por dos porciones, la adaxial o extrema, que forma las espinas , y la adaxial que origina las flores.

### 3.1.8 Espinas

Las espinas son hojas modificadas, conformando los órganos más característicos de las cactáceas. Sin embargo, hay veces que faltan, como sucede en *Lophophora*, *Aztekium* y en algunas especies de *Epiphyllum*, *Opuntia*, entre otros.

Las espinas son consideradas hojas modificadas, según las investigaciones anatómicas que se han hecho acerca de su proceso de modificación.

Las espinas se forman a expensas de los tejidos meristemáticos de las aréolas de la misma manera que las hojas; su crecimiento se debe a un meristema que existe en su base, y el endurecimiento a un proceso de lignificación. En las cactáceas hay distintos tipos de espinas que Ganong (1894); agrupó en tres clases: las gruesas o defensivas, las suaves y las glandulares. Las primeras varían por su situación en las areolas, así como por su forma, tamaño, consistencia, color y número: las formas más comunes son: setosa, acicular, cónica, cilíndrica, aplanada, recta, curva, retorcida, ganchuda y plumosa; con superficie lisa o con estrías longitudinales o transversales; pueden ser opacas o translúcidas; desnudas o cubiertas con vainas papiráceas; pequeñas, como de 1 mm o muy largas hasta de 30 cm; de consistencia flexible o muy rígidas.

Existen dos tipos de espinas con respecto a su situación en las areolas, unas llamadas **radiales** que son más cortas y delgadas, y dispuestas en la periferia y las **centrales** que son más largas y gruesas. Comúnmente la espinación de las areolas, es decir, el número, forma, tipo, tamaño, color y arreglo en la aréola, es constante en todos los individuos de una misma especie. Esta característica, representan una función primordial para su supervivencia: defender a la planta de la acción destructora de los animales; protegerla de los rayos del sol por medio de la sombra que proyectan sobre el tallo; impedir, juntamente con la masa de pelos lanosos, la excesiva transpiración y condensar el agua atmosférica que a veces puede penetrar a los parénquimas.

### **3.1.9 Tallo**

Dada a la amplitud de la familia de las cactáceas, el cuerpo va a variar mucho en tamaño y forma según la especie, así mientras algunas cactáceas apenas sobresalen del suelo, otras alcanzan varios metros de altura. Los tallos tienen formas muy diversas pero constantes para cada entidad taxonómica, esos hábitos son el resultado de muchos años de evolución; dentro de los cuales han ido adoptando diversas formas desde los antecesores arbóreos semejantes a las pereskias actuales, hasta las formas más reducidas a un artículo globoso como el de las especies del género *Mammillaria*; esto con la finalidad de adaptarse al medio ambiente, sobrevivir y perpetuarse como especie.

### **3.1.10 Estructura histológica del tallo**

La estructura histológica del tallo en las cactáceas es semejante, en lo general, a la de las demás dicotiledóneas, pero tiene algunas modalidades propias de las plantas suculentas, el sistema tegumentario esta constituido por los tejidos epidérmicos y peridérmicos. Las membranas de las células epidérmicas que se encuentran en contacto con el medio externo, se hallan revestidas de una gruesa película de cutina que impide la evaporación del agua y proporciona resistencia a las células, sobre ella, por excreción, se deposita algunas veces un revestimiento ceroso en forma de escamas diminutas o de gránulos muy finos; a esta excreción se debe el color glauco o el aspecto farinoso del ápice de algunas especies.

En algunos géneros de *Mammillaria* hay un sistema de vasos lactíferos de origen lisígeno que se ramifican en la corteza y en la médula, anastomosándose a veces; el látex que contiene es una emulsión que se endurece cuando queda expuesta al aire.

### 3.1.11 Inflorescencias y Cefalios

En las cactáceas las inflorescencias han sufrido gran reducción como resultado, posiblemente, de la adaptación al medio seco. En algunos géneros mexicanos como *Pereskia*, *Stenocereus*, *Myrtillocactus* y *Lophocereus*, existen más o menos modificadas; en los demás el proceso de reducción les ha hecho desaparecer, de manera que cada aréola florífera origina solamente una flor que aparece generalmente en la aréolas jóvenes de la zona terminal de los tallos, sólo en algunas especies como en *Neobuxbaumia mezcalaensis* pueden presentarse a lo largo de las aréolas de todo el tallo, o como en determinadas *Mammillarias*, en las partes viejas del mismo. En algunos géneros, cuando las especies entran en floración, aparecen en el ápice de las ramas, o lateralmente, formaciones pilosas más o menos largas, lanosas y espinosas, estructuralmente diversas, que han sido llamadas pseudocefalios y cefalios. Estas formaciones pilosas se deben no solo a la actividad de la parte vegetativa de las aréolas floríferas, sino principalmente, según a las observaciones de Buxbau (Pach., Bot. Stud. 12:51. 1961), a las de la región caulina de la flor.

La mayoría de los autores llaman pseudocefalios a las regiones floríferas cuyas aréolas, después de la floración, pierden los órganos pilosos aludidos persistiendo sus funciones vegetativas. Los cefalios propiamente son aquellas regiones floríferas pilosas cuyas aréolas se modifican de tal manera que no continúan sus funciones vegetativas. Tanto los pseudocefalios como los cefalios pueden ser apicales o laterales.

### 3.1.12 La Flor

La estructura de la flor de las cactáceas, presenta caracteres típicos anatómicos determinados, posiblemente por adaptación al medio seco y por las diversas modalidades de la polinización zoófila.

En la flor de estas plantas se puede apreciar dos tipos de órganos: los de origen axial, como son la zona pedicelar, el hipanto o pericarpelo y el tubo receptacular, y los verticilos florales, que constituyen el androceo y gineceo.

El desarrollo de la flor se indica por una yemita axial que esta protegida por escamas dispuestas en espiral y que se produce en el ápice de los tallos o lateralmente. En esta yemita, según Buxbaum (Morfology, 100. 1950), pronto se diferencian tres zonas meristemáticas: 1, la externa, que producirá órganos foliares; 2, hacia el centro y rodeando a la primera, la que producirá los estambres y 3, la central que origina los primordios de los carpelos y que se hunde formando el hipanto. En los géneros considerados filogenéticamente recientes, tanto el número de podarios, como los elementos a que dan origen, sufren gran reducción, como se advierte en el género *Mammillaria*.

Las flores pueden ser diurnas, vespertinas o nocturnas; las primeras ostentan colores vivos y brillantes, en tanto que las nocturnas son generalmente blancas, de gran tamaño, aromáticas y provistas de nectario; la forma de los nectarios, los colores, el aroma, las horas del día en que se abren, etc., son condiciones de gran importancia para la polinización zoófila; así, las especies diurnas de corola rotada o tubo corto (*Pereskia*, *Opuntia* y *Mammillaria*, etc.), son polinizadas, generalmente por insectos Lepidopteros, Dipteros, Himenopteros, Hemipteros y Coleopteros; las diurnas de perianto que no se abre (*Nopalea*) o las del tubo receptacular tubular (*Rathabunia*) por los chupamirtos y las nocturnas de tubo receptacular largo, mas o menos ancho y odoríferas de la subtribu *Pachycereae* (*Carnegiea*, *Cephalocerus*, etc.) por insectos nocturnos y murciélagos.

### **3.1.13 El Fruto**

El fruto de las cactáceas es un fruto complejo, pues en su estructura intervienen el ovario y los órganos en que esta incluido: el tejido medular

del eje y el cortical o pericarpelo. Son muy variados en forma tamaño y color. Su anatomía depende del grado de desarrollo o reducción de los órganos del pericarpelo, como son: los podarios, las escamas y las areolas con su producción o no de lana, cerdas o espinas y en ciertos géneros hojas mas o menos desarrolladas. La reducción de estos órganos parece estar ligada, al grado de evolución de los géneros considerados primitivos, como *Etenocereus*, que tienen frutos con areolas numerosas, provistas de abundante lana y espinas, en tanto que los géneros mas recientemente evolucionados, como *Mammillaria* producen bayas (claviformes) en donde las areolas han desaparecido.

### **3.1.14 Las Semillas**

Las semillas de las cactáceas presentan variaciones en la forma, tamaño, estructura, color de la testa, en las características del embrión y de los tejidos almacenadores de sustancias nutritivas.

En una semilla madura hay que considerar varias partes: el embrión, el perisperma, la testa, el micrópilo, el hilo, así como la carúncula, el estrofiolo y la cobertura funicular que existen en las semillas de algunos géneros. El embrión es el primordio de la planta y en él están esbozados los órganos fundamentales. En las cactáceas es grande y ocupa toda la cavidad de la semillas; consta del tallito o eje primordial, la radícula y los cotiledones.

El endosperma es un tejido de almacenamiento que se forma en el saco embrionario al efectuarse la fecundación, y que es dirigido por el embrión durante su desarrollo. El perisperma es también un tejido de almacenamiento formado a expensas de la nucela y que igualmente es dirigido durante el desarrollo del embrión.

## **3.2 IMPORTANCIA DE LAS CACTÁCEAS**

Las cactáceas son importantes ya que actualmente son utilizadas para:

### **3.2.1 Alimento**

La mayoría de los géneros o especies son ampliamente utilizadas por el hombre como alimento (fruto y tallo), a excepción del género *Pereskia*.

### **3.2.2 Ganado**

Muchas son cultivadas o aprovechadas en estado salvaje para alimentar el ganado (*Cephalocereus*, *Ferocactus*, *Mammillaria*, entre otras), constituyendo un recurso fundamental al encontrarse en zonas muy áridas donde la presencia de plantas es prácticamente nula.

### **3.2.3 Protección del Suelo**

En algunos lugares se utilizan para fijar el suelo y prevenir la erosión; al igual son empleadas como abono.

### **3.2.4 Medicinas y Toxinas**

Algunas son utilizadas por sus propiedades medicinales o tóxicas, siendo el peyote (*Lophophora willamsii*) mundialmente reconocido por sus propiedades alucinógenas.

### **3.2.5 Jardinería**

Debido a que la mayoría de las cactáceas son admiradas por sus atractivas flores, sus extravagantes formas o sus erizadas púas, han sido ampliamente explotadas en la jardinería, lo que ha llevado a muchas de ellas a encontrarse al borde de la extinción.

### 3.3 CARACTERÍSTICAS DEL ESTADO DE COAHUILA

Coahuila es el tercer estado mas grande de México constituyendo el 7.7% del área total del país y esta ubicado al norte del mismo. Comprende 38 municipios, siendo su capital Saltillo. Este se limita en el norte por Texas (EE UU) en el este por Nuevo León, en el sur por San Luis Potosí y Zacatecas, en el oeste por Durango y Chihuahua. Las coordenadas geográficas están en el norte por 29° 53´ latitud norte y 24° 32´ en el sur, en el este por 99° 51´ longitud oriental y 103° 58´ en el oeste ([www.es.wikipedia.org/wiki/Coahuila\\_de\\_Zaragoza](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Coahuila_de_Zaragoza)).



Figura 1. Ubicación geográfica del estado de Coahuila en la republica Mexicana.

#### 3.3.1 Clima

Debido a que el estado se localiza en un área de desierto el clima es generalmente seco y caliente en las tierras bajas, y templado en los niveles más altos; por lo que a continuación describimos el clima en cada una de la regiones del estado: En la **región del sureste** el clima es caluroso en primavera y verano, la estación lluviosa es en julio y agosto, en invierno la temperatura es fría y brumosa; en la **región de la laguna** el tiempo es caliente en primavera y verano, caluroso y seco por el otoño y con los inviernos apacibles; en el **centro y la región carbonífera**, el tiempo es caliente en primavera y la temperatura en verano es muy alta, en verano hay lluvias que pueden ser intensas, los inviernos son fríos; en **la región norte**, el clima es caliente en primavera y verano, y frío en

invierno, con la lluvias en julio y agosto ([www.es.wikipedia.org/wiki/Coahuila\\_de\\_Zaragoza](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Coahuila_de_Zaragoza)).

### **3.3.2 Fauna**

Entre la diversidad de fauna encontramos en la sierra a el guajolote silvestre, águila real, puma, oso negro, gato montés y venado; en tanto que en las llanura encontramos a Jabalís, venado de cola blanca, codorniz y paloma de alas blancas; en el altiplano se encuentran al zorro del desierto, tejón y perrito de las praderas ([www.mexico-tenoch.com/gobernadores/coah/coah.html](http://www.mexico-tenoch.com/gobernadores/coah/coah.html)).

### **3.3.3 Flora**

La flora del estado de Coahuila corresponde a los tres tipos de biomas o regiones naturales en nuestro territorio, los cuales son el templado frío, tropical y de zonas áridas, por lo que es conveniente mencionar la flora para cada uno de ellos: 1. En el ecosistema templado frío los tipos de vegetación presentes son pino, pino-encino, oyamel, otras coníferas, encino y bosque de galería. 2. En el tropical encontramos palmar y selvas bajas. 3. En las zonas áridas es fácil identificar mezquital, huizachal, chaparral, matorral subtropical, matorral submontano, matorral epinoso y matorral Xerófilo.

Con respecto a las regiones la vegetación se encuentra de esta forma: En la región baja oriental la vegetación es de tipo estepario es decir, poblada de plantas arbusivas de poca altura, hasta 3 metros, formando matorrales con manchones de árboles pequeños principalmente encinos. Sobre esta planicie resaltan líneas e árboles de mayor corpulencia, nogales y sabinos creciendo a lo largo de los ríos o arroyos con agua permanente; en el altiplano occidental la vegetación es de tipo desértico y su aspecto natural es su distribución rala de tipo herbáceo, formada por plantas xerófilas de poca altura con tallo leñoso, profusión de espinas y hojas muy pequeñas.

También abundan o pueden predominar en algunos sitios los agaves, principalmente lechuguilla y magueyes así como ocotillos y yuca que son las plantas más altas ; abundan también los mezquites poco desarrollados, la gobernadora, el hojasén, el cenizo y los gatuños ; hay también una gran variedad de cactus predominando los nopales rastreros, cardenchas y tasajillos. En los sitios más favorecidos por la humedad, la vegetación aún no siendo alta, es casi infranqueable por las espinas.

Las zonas montañosas, principalmente la cadena montañosa de la Sierra Madre Oriental forman el espacio donde se desarrolla el tercer bioma, el bosque de montaña, donde están las zonas arboladas que son en realidad poco extensas y pobres si las comparamos con las de otras entidades.

En estos bosques, en su mayoría de tipo mixto, hay lugares donde predominan las coníferas, con manchones de alamillos y encinos donde se encuentran también ejemplares dispersos de taray, tejocote rojo, capulín, nogalillo y algunos otros tipos de árboles.

En otras serranías los encinos son los árboles más abundantes, de ellos hay una gran variedad de familias pero la mayoría son arbustos formando intrincados matorrales (<http://www.banderas.com.mx/coahuila.htm>).

### **3.4 CARACTERÍSTICAS DEL GÉNERO MAMMILLARIA**

Son **Plantas** pequeñas, simples o cespitosas, presentan **Tallos** globosos, globosos-aplanados, cortamente cilíndricos, generalmente erectos, rara vez rastreros o pendulosos, con jugo acuoso, semi-lechoso o lechoso; Los **Tubérculos** se encuentran dispuestos en serie espiraladas, 3 y 5, 5 y 8, 8 y 13, 13 y 21 o 21 o 34, más o menos numerosos, cónicos, cónicos cilíndricos, cónicos piramidal, duros o suaves, sin surco areolar ni glándulas. Las **Areolas** son dimorfas, provistas de lana cuando jóvenes, con o sin cerdas. Las **Espinas** diferenciadas en centrales y radiales, varían en número, forma, color; pueden ser aciculares, subuladas o aplanadas, rectas curvas. Las **Flores** están dispuestas en corona cerca

del ápice pequeñas o algo grandes, infundibuliformes o campanulada, color blanco, amarillo, rosado, rojo o púrpura; el pericarpelo sin escamas y el tubo receptacular corto. Los estambres son escasos, incluidos, insertos en el límite superior del anillo nectarial, los lóbulos del estigma lineares. Con respecto al **Fruto** este es una baya pequeña, claviforme sin escamas, de color rosado, púrpura hasta escarlata. Las **Semilla** con testa reticulada, son de color castaño oscuro o rojizo o casi negro y el embrión es ovoide o algo cilíndrico muy succulento con los cotiledones reducidos o ausentes (Bravo y Sánchez, 1991).



Figura 2. La Foto A; muestra diferentes *Mammillarias*, en donde se observan las flores dispuestas en corona cerca del ápice; La foto B, muestra los frutos característicos de este género.

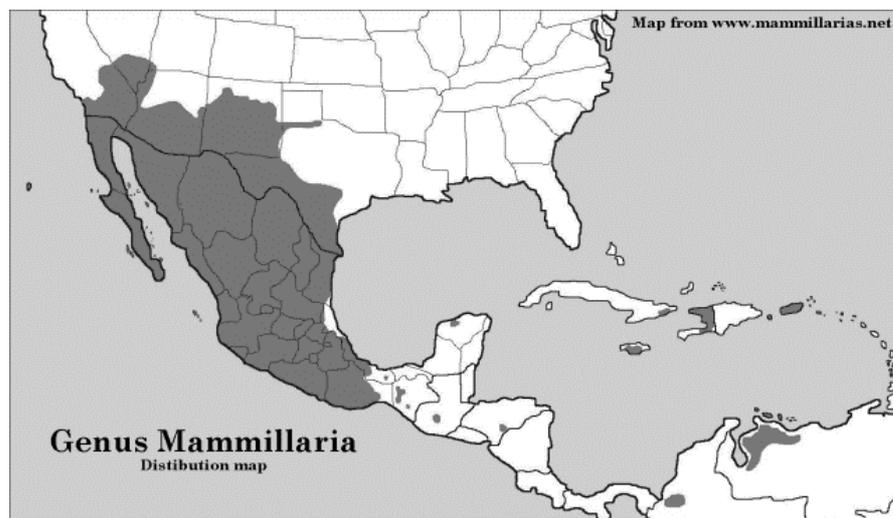


Figura 3. Distribución geográfica del género *Mammillaria* en el continente americano

### 3.5 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL GÉNERO MAMMILLARIA

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida (Dicotiledóneas)

**Orden:** Caryophyllidae

**Familia:** Cactaceae

**Subfamilia:** Cactoideae

**Tribu:** Cacteeae

**Subtribu:** Cactinae

**Género:** *Mammillaria*

**Especie:**

*Mammillaria glassii*

*Mammillaria grusonii*

*Mammillaria pottsii*

### 3.6 MAMMILLARIAS DISTRIBUIDAS EN EL ESTADO DE COAHUILA

- |   |   |
|---|---|
| 1. <i>M. albiarmata</i>                     | 14. <i>Mammillaria melanocentra</i>                 |
| 2. <i>M. bombycina</i>                      | 15. <i>M. moelleriana</i>                           |
| 3. <i>M. candida</i> var. <i>candida</i>    | 16. <i>M. pennispinosa</i> var. <i>pennispinosa</i> |
| 4. <i>M. carretii</i>                       | 17. <i>M. plumosa</i>                               |
| 5. <i>M. coahuilensis</i>                   | 18. <i>M. pottsii</i>                               |
| 6. <i>M. chionocephala</i>                  | 19. <i>M. roseocentra</i>                           |
| 7. <i>M. glassii</i>                        | 20. <i>M. sinistrohamata</i>                        |
| 8. <i>M. grusonii</i>                       | 21. <i>M. stella de tacubaya</i>                    |
| 9. <i>M. heyderi</i> var. <i>meiacantha</i> | 22. <i>M. uncinata</i>                              |
| 10. <i>M. heyderi</i> var. <i>heyderi</i>   | 23. <i>M. waltheri</i>                              |
| 11. <i>M. lasiacantha</i>                   | 24. <i>M. winteriae</i>                             |
| 12. <i>M. lenta</i>                         | 25. <i>M. zeyeriana</i>                             |
| 13. <i>M. magallanii</i>                    |   |

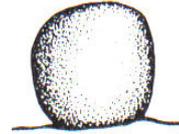
### 3.7 IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS MAS REPRESENTATIVAS DE LAS MAMMILLARIAS

### 3.7.1 TALLO

#### SIMPLE

*M. albiarmata*  
*M. candida* var. *Candida*  
*M. carretii*  
*M. chionocephala*  
*M. coahuilensis*  
*M. grusonii*  
*M. heyderi* var. *heyderi*  
*M. heyderi* var. *Meiacantha*  
*M. lasiacantha*  
*M. magallanii*

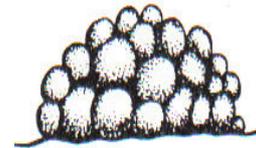
*M. melanocentra*  
*M. moelleriana*  
*M. pennispinosa* var. *pennispinosa*  
*M. sinistrohamata*  
*M. stella-de-tacubaya*  
*M. uncinata*  
*M. waltheri*  
*M. winteriae*  
*M. zeyeriana*



#### CESPITOSO

*M. bombycina*  
*M. glassii*  
*M. lenta*

*M. plumosa*  
*M. pottsii*  
*M. roseocentra*



#### Globoso

*M. bombycina*  
*M. glassii*  
*M. moelleriana*  
*M. plumosa*

*M. roseocentra*  
*M. sinistrohamata*  
*M. stella-de-tacubaya*



#### Globoso aplanado

*M. albiarmata*  
*M. coahuilensis*  
*M. heyderi* var. *Heyderi*  
*M. heyderi* var. *meiacantha*

*M. melanocentra*  
*M. pennispinosa* var. *pennispinosa*  
*M. waltheri*  
*M. winteriae*



**Cilíndrica**

*M. pottsii*

**Claviforme**

*M. magallanii*

**Globoso a Cilíndrico**

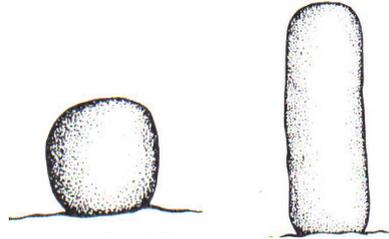
*M. candida* var. *Candida*

*M. carretii*

*M. grusonii*

*M. zeyeriana*

**Globoso ovoide**



*M. lasiacantha*

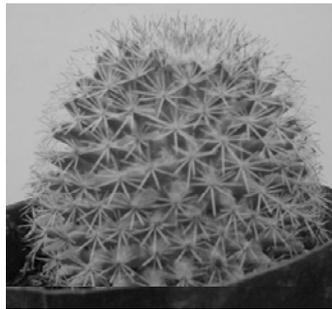
**Subglobosa-aplanada**

*M. uncinata*

**Cónico-globoso a claviforme**

*M. chionocephala*

3.7.2 TUBÉRCULOS



**Dispuestos en 8 y 13 series espiraladas**

*M. carretii*

*M. coahuilensis*

*M. glassii*

*M. heyderi* var. *meiacantha*

*M. lasiacantha*

*M. melanocentra*

*M. plumosa*

*M. pottsii*

*M. uncinata*

*M. winteriae*

**Dispuestos en 11 y 18 series espiraladas**

*M. bombycina*

**Dispuestos en 13 y 21 series espiraladas**

*M. albiarmata*

*M. candida* var. *candida*

*M. chionocephala*

*M. lenta*

*M. magallanii*

*M. sinistrohamata*

*M. zeyeriana*

**Dispuestos en 8 y 13 o en 13 y 21 series espiraladas**

*M. heyderi* var. *heyderi*

*M. moelleriana*

*M. stella-de-tacubaya*

**Dispuestos en 21 y 34 series espiraladas**

*M. waltheri*

### **3.7.3 JUGO DEL TUBERCULO**

#### **Jugo Acuoso**

*M. bombycina*

*M. candida* var. *candida*

*M. carretii*

*M. glassii*

*M. lasiacantha*

*M. lenta*

*M. magallanii*

*M. moelleriana*

*M. pennispinosa* var. *pennispinosa*

*M. plumosa*

*M. pottsii*

*M. roseocentra*

*M. sinistrohamata*

*M. stella-de-tacubaya*

#### **Jugo Lechoso**

*M. albiarmata*

*M. chionocephala*

*M. coahuilensis*

*M. grusonii*

*M. heyderi* var. *Heyderi*

*M. heyderi* var. *Meiacantha*

*M. melanocentra*

*M. uncinata*

*M. waltheri*

*M. winteriae*

*M. zeyeriana*

### **3.7.4 AXILAS**

#### **Con lana**

*M. albiarmata*

*M. coahuilensis*

*M. magallanii*

*M. plumosa*

*M. pottsii*

*M. stella-de-tacubaya*

*M. winteriae*



### **Con lana y cerdas**

*M. bombycina*  
*M. carretii*  
*M. chionocephala*  
*M. lenta*

### **Lanosas y setosas**

*M. glassii*

### **Cerdas blancas**

*M. candida* var. *Candida*

### **Lanosas al principio después desnudas**

*M. heyderi* var. *Heyderi*  
*M. melanocentra*  
*M. moelleriana*  
*M. pennispinosa* var. *Pennispinosa*  
*M. uncinata*

### **Desnudas**

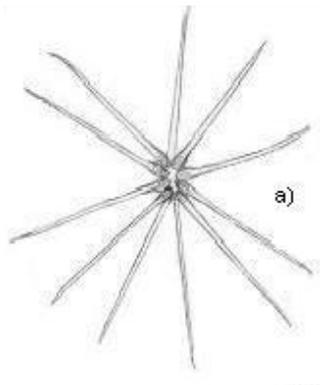
*M. grusonii*  
*M. heyderi* var. *Meiacantha*  
*M. lasiacantha*  
*M. roseocentra*  
*M. sinistrohamata*  
*M. waltheri*  
*M. zeyeriana*

## **3.7.5 ESPINAS**

### **Espinas Radiales**

#### **Menos de 30 espinas radiales**

*M. albiarmata*  
*M. carretii*  
*M. chionocephala*  
*M. coahuilensis*  
*M. grusonii*  
*M. heyderi* var. *Heyderi*  
*M. heyderi* var. *Meiacantha*  
*M. melanocentra*  
*M. pennispinosa* var. *pennispinosa*  
*M. roseocentra*  
*M. sinistrohamata*  
*M. uncinata*  
*M. waltheri*  
*M. winteriae*  
*M. zeyeriana*



**Mas de 30 espinas radiales**

*M. bombycina*  
*M. candida* var. *candida*  
*M. glassii*  
*M. lasiacantha*  
*M. lenta*  
*M. magallanii*  
*M. moelleriana*  
*M. plumosa*  
*M. pottsii*  
*M. stella-de-tacubaya*

**Espinas Centrales**

**Mas de una**

*M. bombycina*  
*M. candida* var. *Candida*  
*M. chionocephala*  
*M. glassii*  
*M. grusonii*  
*M. moelleriana*  
*M. pennispinosa* var. *pennispinosa*  
*M. pottsii*  
*M. sinistrohamata*  
*M. stella-de-tacubaya*  
*M. waltheri*  
*Mammillaria winteriae*  
*Mammillaria zeyeriana*

**Una**

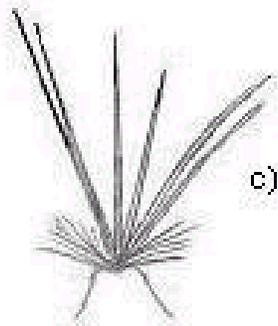
*M. carretii*  
*M. coahuilensis*  
*M. heyderi* var. *Heyderi*  
*M. melanocentra*  
*M. uncinata*

**Ausente**

*M. albiarmata*  
*M. lasiacantha*  
*M. lenta*  
*M. plumosa*  
*M. roseocentra*

**Una o Ausente**

*M. heyderi* var. *Meiacantha*  
*M. magallanii*



### 3.7.6 FLORES

#### Flores infundibuliformes

- M. albiarmata*
- M. bombycina*
- M. candida* var. *Candida*
- M. carretii*
- M. glassii*
- M. heyderi* var. *Heyderi*
- M. lasiacantha*
- M. magallanii*
- M. moelleriana*
- M. pottsii*
- M. sinistramata*
- M. stella-de-tacubaya*
- M. uncinata*
- M. waltheri*
- M. winteriae*
- M. zeyeriana*



#### Flores campanuladas

- M. coahuilensis*
- M. melanocentra*
- M. plumosa*

### 3.7.7 FRUTO

#### Claviforme

- M. lenta*
- M. pottsii*
- M. bombycina*
- M. lasiacantha*
- M. coahuilensis*
- M. chionocephala*
- M. waltheri*
- M. melanocentra*
- M. zeyeriana*
- M. winteriae*
- M. uncinata*
- M. moelleriana*



#### Alargadamente claviforme

- M. heyderi* var. *Meiacantha*
- M. heyderi* var. *Heyderi*
- M. pennispinosa* var. *pennispinosa*

**Alargado**

*M. candida* var. *Candida*

**Cilíndrico claviforme**

*M. stella-de-tacubaya*

**Cilíndricos**

*M. glassii*

**Globoso alargado**

*M. albiarmata*

**Color rojo**

*M. lenta*

*M. candida* var. *Candida*

*M. pottsii*

*M. chionocephala*

*M. waltheri*

*M. uncinata*

*M. sinistrahamata*

*M. stella-de-tacubaya*

*M. heyderi* var. *Heyderi*

*M. melanocentra*

**Escarlata**

*M. heyderi* var. *Meiacantha*

*M. lasiacantha*

*M. grusonii*

**Color blanquecino**

*M. bombycina*

*M. moelleriana*

**Rosado hasta rojizo**

*M. winteriae*

*M. albiarmata*

**Color carmín**

*M. pennispinosa* var. *pennispinosa*

**3.7.8 SEMILLAS****Negras**

*M. lenta*

*M. candida* var. *Candida*

*M. pennispinosa* var. *pennispinosa*

*M. carretii*

*M. stella-de-tacubaya*

*M. bombycina*

*M. lasiacantha*

*M. plumosa*

*M. moelleriana*

*M. glassii*

*M. sinistrahamata*

**Castaño**

*M. grusonii*  
*M. uncinata*  
*M. heyderi* var. *Meiacantha*  
*M. heyderi* var. *Heyderi*  
*M. coahuilensis*  
*M. chionocephala*  
*M. melanocentra*  
*M. winteriae*  
*M. waltheri*  
*M. zeyeriana*



**Café**  
*M. albiarmata*  
*M. pottsii*



### 3.8 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES EVALUADAS

#### 3.8.1 *Mammillaria glassii* (Foster)

**Planta** muy cespitosa, con ramificaciones desde la base de los tallos. **Tallo** globoso, hasta de 3 cm de altura y de 1 a 3 cm de diámetro. **Tubérculos** dispuestos en 8 y 13 series espiraladas, redondeados, de 7 mm de altura y 2 a 3 mm de diámetro, con jugo acuoso. **Axilas** lanosas y setosas. **Aréolas** circulares, con lana escasa o desnudas. **Espinas radiales** 50 a 75 delgadas, de 4 a 15 mm de longitud, lisas o plumosas. **Espinas centrales** 5 a 9, la principal

porrecta. **Flores** infundibuliformes hasta ampliamente campanuladas de 14 a 18 mm de longitud y 3 a 22 mm de diámetro, segmentos exteriores del perianto enteros de color verde pálido; segmentos interiores del perianto lanceolados, de color rosa claro. **Fruto** cilíndrico, atenuado hacia los extremos, hasta 20 mm de longitud, conservando adheridos los restos secos del perianto. **Semilla** Foveoladas, negras. **Distribución:** Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León (Bravo y Sánchez, 1991).



Figura 4. Mapa de la distribución de *Mammillaria glassii* (estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas)



Figura 5. A y B muestra la disposición de las flores de *M. glassii* y la C el tipo de semilla.

### 3.8.2 *Mammillaria grusonii* (Ruenge)

**Tallo** simple, globoso a cilíndrico de 25 cm de diámetro. **Tubérculos** con cuatro lados, de 6 a 8 mm de altura, color verde claro con jugo lechoso. **Axilas** desnudas. **Aréolas** algo lanosas, más tarde desnudas. **Espinas radiales** 12 a 14, de 6 a 8 mm de longitud, las superiores más cortas. **Espinas centrales** 2, a veces 3, más gruesas que las radiales rectas, al principio rojizas mas tarde niveas. **Flores** amarillas. **Fruto** escarlata. **Semillas** de 1 mm de longitud, con testas brillante color castaño. **Distribución:** Coahuila (Sierra de la bola y Viesca) y Durango. (Bravo y Sánchez, 1991)



Figura 6. Mapa de distribución de *Mammillaria grusonii* (estados de Coahuila y Durango)

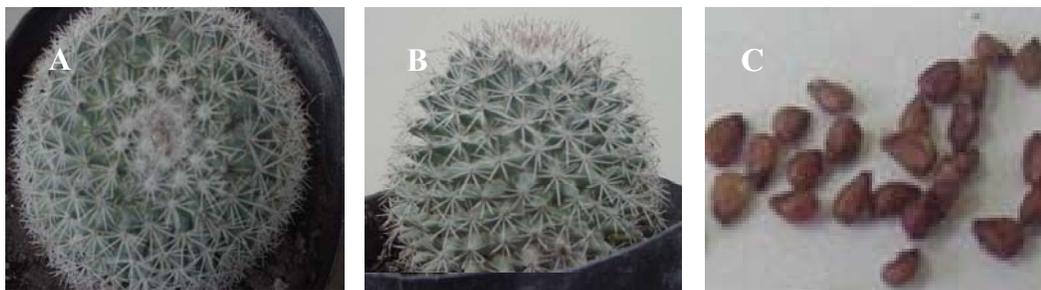


Figura 7. A muestra la vista aérea, B muestra la serie espiralada y C el tipo de semilla.

### 3.8.3 *Mammillaria Pottsii* (Scheer ex Salm- Dyck)

**Tallo** simple o cespitoso, cilíndrico, de 8 a 15 cm de altura y 3 a 4 cm de diámetro, ápice redondeado. **Tubérculos** dispuestos en 8 y 13 series espiraladas, cónicos, de color verde azulado, con jugo acuoso. **Axilas** con lana blanca. **Aréolas** casi circulares hasta ovales, con algo de lana cuando jóvenes. **Espinas radiales** hasta 35, aciculares, rectas, suaves, lisas, blancas, horizontales y entrelazadas. **Espinas centrales** 7 a 10, todas gruesamente aciculares, rectas, las superiores algo curvas, amarillentas hasta grisáceo purpúreas. **Flores** infundibuliformes, laterales, de 10 mm de longitud, color

crema y franja media rojiza. **Fruto** claviforme, rojo, conservando adheridos los restos secos del perianto. **Semillas** punteadas, de color café oscuro, casi negro. **Distribución** Texas, Chihuahua, Durango, Zacatecas y Coahuila (Monclova, Ramos Arizpe, entre Monterrey y Saltillo, en las Higueras y en General Cepeda) (Bravo y Sánchez, 1991).



Figura 8. Mapa de distribución de *Mammillaria pottsii* (estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas)



Figura 9. A y B, muestra la flor y forma del tallo de *M. pottsii* y la C el tipo de semilla.  
**3.9 PROPAGACIÓN DE CACTÁCEAS POR SEMILLA**

La propagación de cactáceas puede llevarse a cabo por división de matas, estacas, injertos, cultivo de tejidos y por semilla. Esta última forma ofrece algunas ventajas y desventajas. Las ventajas son; es la más barata, las plantas estarán sanas, sin marcas y mejor adaptadas a las condiciones ambientales del lugar de cultivo y además con esta forma de propagación se puede permitir el flujo o la reaparición de caracteres no expresados en generaciones pasadas. Las desventajas o los problemas relacionados con la germinación de semillas son; sustancias inhibitorias, el fotoblastismo positivo (necesitando un estímulo de luz para

**germinar), viabilidad reducida y la presencia de algún tipo de dormancia o latencia.**

### 3.10 SEMILLA; CONCEPTO Y ESTRUCTURA

La semilla es el medio de reproducción sexual de las espermatofitas, gimnospermas y angiospermas; y es definida como un óvulo fecundado, independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo vegetal (Camacho, 1994). En una semilla madura se distinguen las siguientes partes: **La testa**, que es la cubierta de la semilla y se forma de los tegumentos; **El endosperma**, que puede existir en gran cantidad o casi faltar; **El embrión**, que no es mas que el joven esporófito parcialmente desarrollado (Fahn,1978).

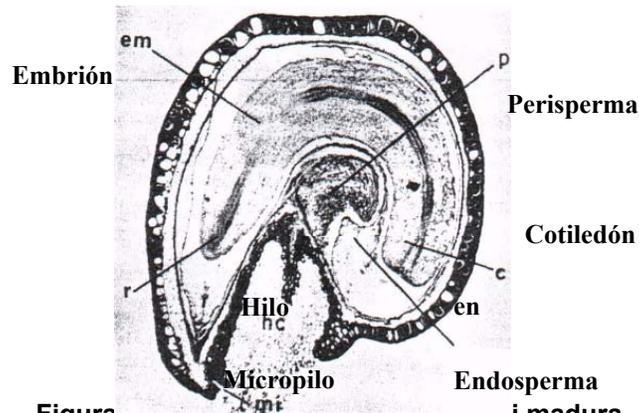


Figura 10. Sección de una semilla casi madura.

### 3.11 GERMINACIÓN

#### 3.11.1 Concepto de germinación.

Camacho (1994) describe que la germinación es el proceso mediante el que un embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirán en una planta adulta; mientras que Reyes (1993) define a la germinación como aquel

procesos que incluye los cambios tanto físicos como fisiológicos que dan como resultado la iniciación del crecimiento y movilización de las sustancias de reserva dentro de la semilla y que son utilizados por el embrión para su crecimiento y desarrollo.

### **3.11. Condiciones Generales para la Germinación**

Según Hartmann y Kester citado por Camacho (1994) para que la germinación se realice, se necesita que: a) La semilla sea viable, o sea, que tenga un embrión vivo capaz de crecer; b) se tenga la temperatura, aeración y humedad adecuada para el proceso y c) se eliminen los bloqueos fisiológicos presentes en las semillas, que impiden la germinación.

Mientras que Pollock y Toole (1962), citados por Reyes (1993), mencionan que las condiciones requeridas para la germinación son: la expresión de la herencia de las semillas, influida por el medio ambiente durante la formación de la misma.

De acuerdo con estos autores la iniciación de la germinación requiere que se cumplan tres condiciones:

1. La semilla debe ser viable, esto es, el embrión debe estar vivo y ser capaz de germinar.
2. La semilla no debe estar en latencia ni el embrión quiescente. No debe existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan latencia ni barreras químicas para la germinación.
3. La semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas: disponibilidad de agua, temperatura adecuada, provisión de oxígeno y en ocasiones luz.

Dentro de los requerimientos de las semillas para que germinen se encuentran ciertas condiciones extrínsecas; por lo que Ruíz et al (1962) considera cuatro factores como son:

#### Húmedad.

Cuando el protoplasma entra en actividad debe contener suficiente proporción de líquido; también es importante en la disolución de sustancias de reserva y transporte de las mismas. De igual manera actúa en el desarrollo de las reacciones químicas que se realizan en el proceso de la germinación, además de reblandecer, hinchar y romper la cubierta de la semillas.

#### Temperatura.

Cada especie tiene una temperatura óptima para su germinación lo que se confirma con el tipo de clima al que pertenecen; siendo generalmente entre 20° y 30° C la temperatura mas conveniente durante la germinación; sin embargo, existen rangos muy altos (40° C) o muy bajos (-5° C) obstaculizan el desarrollo del embrión.

Ballester (1978), considera que la temperatura requerida para la germinación de semilla de cactus y otras plantas suculentas varia con la especie y oscila entre los 21-30° C.

#### Aire.

Las oxidaciones de las sustancias orgánicas se efectúan por medio de oxígeno, estas sustancias orgánicas, estas sustancias orgánicas son la fuente de energía del embrión durante su desarrollo, debido al aumento de la respiraciones durante la germinación.

#### Luz.

Aunque la mayoría de las especies germinen en ausencia de luz, en algunas es indispensable.

### **3.11.3 Eventos durante la Germinación.**

Copeland (1976), afirma que en la mayoría de las semillas se sigue el mismo patrón de germinación, en la que se realizan una serie específica de eventos principales como son:

#### **3.11.3.1 Imbibición**

Los principales factores que influyen en la imbibición son la absorción del agua por la semilla, la composición de la misma, la permeabilidad de la cubierta y la disponibilidad del agua.

#### **3.11.3.2 Activación de enzimas**

La activación de enzimas empieza muy rápidamente al inicio de la germinación a medida que se hidrata la semilla (Bewley y Black, 1978 citados por Rodríguez 1997)

#### **3.11.3.3 Digestión y traslocación de reservas.**

En el endospermo, en los cotiledones, en el perispermo o en el gametofito femenino (en el caso de las coníferas) se almacenan grasa, proteínas y carbohidratos, estos compuestos son digeridos a sustancias más simples, los cuales son trasladados a los lugares de crecimiento del eje embrionario.

#### **3.11.3.4 Crecimiento del embrión**

El desarrollo de la planta resulta de la división celular continuada en puntos de crecimiento separados del eje embrionario, seguido por la expansión de las estructuras de la plántula. La iniciación de la división celular en los puntos de crecimiento es independiente de la iniciación de la elongación celular; por lo que una vez que comienza el crecimiento de en el eje embrionario se incrementa el peso fresco y el peso seco de la plántula, pero disminuye el peso total de los tejidos de almacenamiento.

### **3.11.3.5 Emergencia de la radícula**

La emergencia de la radícula es lo que indica que el proceso de germinación esta completo y puede estar terminando a través de la elongación o división celular.

### **3.11.3.6 Establecimiento de la plántula**

Las plantas se mantienen así mismas cuando pueden abastecerse de agua y fotosintetizar, inicialmente se someten a un estado de innovación durante el cual producen algún alimento propio dependiendo en forma parcial del desdoblamiento de las reservas de los tejidos de almacenamiento; así como la plántula se va implantando firmemente en el suelo, esta absorberá el agua e ira procesando su propio alimento, para lograr se autonomía.

## **3.12 DORMICIÓN**

En México se usan las palabras dormancia, dormición, latencia, letargo, reposo y vida latente, para referirse a la ausencia o inhibición del crecimiento vegetal y en particular, de la germinación; por lo que en este trabajo se utilizara el termino Dormancia de acuerdo con la definición de Salisbury (1994).

Dormancia es el estado en el que se encuentra una semilla viable sin que germine, aunque disponga de suficiente humedad para embeberse, una aeración similar a la de las primeras capas de un suelo bien ventilado, y una temperatura que se encuentre entre los 10° y 30° C.

### 3.12.1 Causas y clasificación de los tipos de dormancia

Los mecanismos causantes de la dormición son: impermeabilidad al agua, baja permeabilidad a los gases, resistencia mecánica al crecimiento del embrión, permeabilidad selectiva a los reguladores de crecimiento, bloqueos metabólicos, presencia de inhibidores, embriones rudimentarios y adquisición de mecanismos inhibidores (Camacho, 1994).

**Según Camacho (1994) los tipos de dormancia se clasifican en:**

**3.12.1.1 Física**, esta dormancia se manifiesta cuando, al final de las pruebas de germinación, queda una cantidad de semillas cuyo volumen y dureza no se modifican y que se conocen como semillas duras o impermeables, por lo que dicha dormición se pierde cuando el agua penetra en la semilla, es decir debe desaparecer la impermeabilidad en algún sitio de la testa. Las semillas con dormancia física adquieren la impermeabilidad al final de la maduración, durante la desecación; por lo que si se cosechan antes de alcanzar su completa madurez y se siembran en seguida, o bien se almacenan en un ambiente húmedo, se evita que haya impermeabilidad. Se cree que ésta resulta de que la testa sufre un encogimiento que compacta las células del macroesclerénquima, presionándolas fuertemente unas contra otras, asimismo, se piensa que en este periodo, la dormición física es resultado de la oxidación de fenoles en presencia de quinona (lo que da origen a un pigmento); en el apoyo a esto, se ha observado en algunas especies una relación directa del color de la testa con la impermeabilidad: entre más oscura, más impermeable.

La dormición física se pierde cuando el agua penetra en la semilla; es decir, debe desaparecer la impermeabilidad en algún sitio de la testa; por las altas y bajas temperatura, el efecto de los choques térmicos son algunos de los mecanismos de eliminación de esta dormancia.

**3.12.1.2 Química**, la germinación es bloqueada por aquellos del crecimiento inhibidores que se encuentran en la cubierta mas expuesta al medio, y que pueden ser el pericarpio, la testa o las partes florales adheridas a la semilla. Alguno de los inhibidores presentes en semillas presentan esta dormancia son compuestos fenolicos, cumarina, cafeína, lactonas no saturadas, acidos absicico, sinidrico y algunos terpenos. Para que las semillas con dormición química germinen es necesario que se eliminen los inhibidores presentes en las cubiertas que los contienen.

**3.12.1.3 Mecánica**, en las semillas con testa o endospermo duro y sobre todo en las cubiertas por un endocarpio grueso, duro e indehiscente, la demora de la germinación puede atribuirse a que estos tejidos oponen resistencia mecánica al crecimiento del embrión. A pesar de que lo anterior es teóricamente posible, no existe evidencia contundente, ya que las semillas que se piensa poseen dormición mecanica, también presentan dormición fisiológica, inhibidores en las cubiertas o ambas cosas, lo que afecta enormemente la fuerza que puede desarrollar el embrión.

**3.12.1.4 Fisiológica**, este es el resultado de bloqueos metabólicos en el embrión, sostenidos por la baja permeabilidad de la cubierta a los gases. Dichos bloqueos se manifiestan en la incapacidad del embrión para crecer y atravesar la cubierta. Los embriones de las semillas con este tipo de dormición presentan una actividad enzimática baja, lo mismo que la producción de enzimas, coenzimas y ácidos nucleicos. Para que las semillas con dicha dormición puedan germinar se requiere de la perdida de bloqueos metabólicos para que el embrión sea capaz de vencer la resistencia opuesta por las

cubiertas. Esta pérdida puede efectuarse por la influencia de estímulos ambientales, que funcionan como indicadores de las condiciones del medio y son adecuadas para el desarrollo de la planta.

**3.12.1.5 Morfológica**, en algunas plantas el crecimiento de los embriones se detienen cuando no se han desarrollado completamente, por lo que sus semillas maduras presentan embriones rudimentarios; como se ve la presencia de estos es un característica de la especie que no depende del tiempo transcurrido desde la fecundación hasta la maduración de las semillas; por lo que la diferenciación y el tamaño del embrión rudimentario varia según la especie. Para eliminar el bloqueo a la germinación en semillas con dormancia morfo-fisiológica, primero debe desarrollarse el embrión, por lo que si se invierte la secuencia de calor y frío, la dormición no se elimina, y si esta es simple, el crecimiento del embrión se realiza principalmente en el periodo cálido y continua en el frío.

**3.11.1.6 Combinada**, teóricamente es la combinación de todos los tipos de dormancia. Cuando se presenta la dormición combinada casi siempre es necesario aplicar más de un tratamiento para que las semillas germinen.

### **3.11.2 Tratamiento para romper la dormancia**

Para propósitos de propagación de plantas por medio de la semilla, es requisito indispensable la aplicación de métodos a practicas para romper la dormancia, esto depende al tipo o a la causa que la induzca; pero por lo general no existe una sola causa que la propicie, por tal motivo esto hace que el rompimiento sea más complicado.

Los tratamientos dependerán del tipo de dormancia que presente cada especie.

### **3.11.2.1 Congelamiento**

Consiste en someter a las semillas a temperaturas por debajo de 0° C (generalmente en seco). El congelamiento se consigue con aparatos de refrigeración o con inmersiones en gases licuados que llegan a alcanzar temperaturas por debajo de -180° C (Camacho, 1994).

### **3.11.2.2 Pre-enfriamiento**

Consiste en la aplicación de periodos de frío, para ello se coloca la semilla en el sustrato húmedo que se utiliza durante el ensayo de germinación y bajo estas condiciones se someten al periodo de enfriamiento, en algunos casos se prolonga el periodo o se repite; la temperatura recomendada es de 5-10° C por periodos de 3-7 días, y aun mayores dependiendo de la especie y de la intensidad de la dormancia (Pérez, 1990).

### **3.11.2.3 Presecado**

Las semillas son colocadas a una temperatura que no exceda los 40° C (35-40° C) bajo continua circulación de aire, durante un periodo hasta de 7 días, después de secarlas se somete a la prueba general de germinación (Pérez, 1990).

### **3.11.2.4 Luz.**

Las semillas en ensayo de germinación a temperaturas alternas, deberán ser iluminadas un mínimo de 8 horas en ciclos de cada 24 horas y durante el periodo de altas temperaturas, la intensidad de la luz debe ser aproximadamente 750-1250 lux, de lámpara de luz blanca, respondiendo

muchas a este tratamiento con luz; por lo que se recomienda el uso de lámparas fluorescentes de luz blanca (Reyes, 1993).

#### **3.11.2.5 Tratamientos térmicos.**

El agua caliente y el quemado de los frutos puede estimular la germinación; aunque es frecuente que también reduzca su posibilidad de vida.

#### **3.11.2.6 Prelavado de semillas.**

En forma natural existen sustancias en el pericarpio que actúan como inhibidores para la germinación y los cuales pueden ser removidos de la cubierta mediante el lavado de las semillas en agua que este corriendo a una temperatura de 25° C antes de realizar la prueba de germinación (Pérez, 1990)

#### **3.11.2.7 Remojo.**

Las semillas que presentan cubiertas duras pueden germinar rápidamente si son sometidas a un pretratamiento de remojo durante un tiempo aproximado de 24 a 48 horas en agua, por lo que la lixiviación de los inhibidores puede lograrse mediante un periodo continuo de remojo en agua, la prueba de germinación se realiza después de terminado el remojo (Reyes, 1993)

#### **3.11.2.8 Remojo y secado.**

Los ciclos de remojo y secado pueden debilitar una cubierta dura, pues además de lixiviar los inhibidores y de provocar las tensiones por el humedecimiento y la pérdida de humedad, por lo que pueden llegar a abrir el endocarpio (Camacho, 1994).

### **3.11.2.9 Remoción de estructuras circundantes.**

Para promover la germinación en ciertas especies deberán extirparse algunas estructuras; ya que son aquellas que se involucran de alguna forma en la presencia de la dormancia (Reyes, 1993)

### **3.11.2.10 Ácido giberelico.**

El sustrato se humedece con una solución de ácido giberelico a 550 ppm, que se prepara disolviendo 500 mg de ácido en un litro de agua; cuando la latencia es más débil se puede utilizar concentraciones mas bajas y viceversa (Moreno, 1984)

### **3.11.2.11 Escarificación.**

Según Salisbury (1994) define a la escarificación como la ruptura de la barrera de recubrimiento seminal.

#### **3.11.2.11.1 Escarificación mecánica**

Consiste en raspar, quebrar o perforar las cubiertas de las semillas, ya se manualmente o con aparatos; con métodos como la fragmentación, tallado o lijamiento, los cuales son aplicados a la cubierta de la semilla; esto puede ser suficiente para romper la condición de dormancia por cubiertas duras o impermeables. La semilla que va a ser tratada debe tomarse y hacer la escarificación con mucho cuidado para no provocar daños al embrión; la mejor parte de la semilla para la escarificación mecánica es la parte de la cubierta que esta junto a los cotiledones (Reyes, 1993).

#### **3.11.2.11.2 Escarificación química**

La digestión con ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ) es efectivo en algunas especies; para este caso las semillas se sumergen en el ácido hasta que la cubierta de las semillas comienza a abrirse; la digestión puede ser rápida o tomar mas de una hora, sin embargo las semillas deben ser examinadas cada cierto tiempo (unos minutos), después de la digestión estas deben ser lavadas con agua que este corriendo antes de aplicar la prueba de germinación (Reyes, 1993)

### 3.12 LA MICROPROPAGACIÓN

Pierik en 1990 define al cultivo in vitro como el cultivo sobre un medio nutritivo, en condiciones estériles, de plantas, semillas, embriones, órganos, tejidos, células y protoplastos de plantas superiores. La técnica de cultivo de tejidos se caracteriza porque: 1. Ocurre a micro-escala sobre una superficie relativamente pequeña, 2. Se optimizan las condiciones ambientales, en lo que se refiere a los factores físicos, nutricionales y hormonales, 3. Se excluyen todos los micro-organismos (hongos, bacterias y virus), así como también las plagas de las plantas superiores (insectos y nematodos).

Existen diferentes tipos de cultivo in vitro: **1. Cultivo de plantas intactas:** es cuando se siembra la semilla in vitro, obteniéndose primero una plántula y finalmente una planta; **2. Cultivo de embriones:** se cultiva el embrión aislado después de retirar el resto de los tejidos de la semilla; **3. Se cultiva in vitro un órgano aislado:** se pueden distinguir distintos tipos como son el cultivo de meristemos, cultivo de ápices del vástago, cultivo de raíces, cultivo de anteras, etc. Generalmente una porción (de tejido u órgano), aislada de una planta, se

denomina explante, y a su cultivo, cultivo de explanto; **4. Cultivo de callo:** se llama así, cuando una porción de tejido se desdiferencia in vitro, originando un callo; **5. Cultivo de células aisladas:** es el crecimiento de células individuales, obtenidas de un tejido, callo o cultivo en suspensión, con la ayuda de enzimas o mecánicamente; **6. Cultivo de protoplastos:** se obtienen a partir de células, por digestión enzimática de la pared celular (Pierik, 1990).

### **3.12.1 Medio de cultivo**

Los componentes esenciales del medio de cultivo son sales minerales, sustancias orgánicas y complejos naturales.

#### **3.12.1.1 Sales minerales**

Existen diversas formulaciones minerales de composición química muy variable, las diferencias radican fundamentalmente en los niveles de macroelementos, bajos en algunos casos y muy altos en otros.

#### **3.12.1.2 Sustancias orgánicas**

Hidratos de carbono; El compuesto más utilizado es la sacarosa, a unos niveles entre 2 y 3 %.

#### **3.12.1.3 Agar.**

Es un compuesto inerte que se usa para solidificar el medio de cultivo. Las concentraciones más utilizadas fluctúan entre 0,6-1%, existiendo una relación directa entre la concentración de agar y la dureza del medio de cultivo.

### **3.12.2 Condiciones ambientales**

#### **3.12.2.1 Luz.**

La intensidad, fotoperíodo y zona de espectro son los tres parámetros que se han de considerar. Los valores del fotoperíodo suelen oscilar alrededor de 16 horas; los tipos de lámpara utilizados son blanca fría, para todas las fases del proceso, aunque en general parece que la luz azul es la que tiene mayor incidencia en la proliferación de tallos y la luz roja mejora claramente el enraizamiento.

La luz, a veces inhibe el crecimiento de tejido de callo e incluso procesos de morfogénesis en algunas bulbosas. Estas inhibiciones podrían estar relacionadas con la aceleración del metabolismo de auxinas que puede tener lugar en presencia de luz.

#### **3.12.2.2 Temperatura.**

La temperatura en cámara de cultivo suele fluctuar entre 22° C para frutales de clima templado y 28° C para especies tropicales.

#### **3.12.2.3 Humedad.**

Normalmente la humedad relativa en cámaras de cultivo se debe de mantener entre el 60 y 70% aunque en el interior de los recipientes de cultivo es superior. Sin embargo humedades relativas muy altas, 96%, pueden causar problemas de vitrificación, mientras que los valores muy bajos provocan desecación en los explantos y en el medio de cultivo.

Según Pierik, 1990 menciona que el crecimiento y desarrollo in vitro de una planta esta determinado por una serie de factores complejos como son: la constitución genética de la planta, los nutrientes (agua, macro y micro-elementos y azucares), los factores físicos que influyen sobre el crecimiento ( luz, temperatura, pH, concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>), y algunas sustancias orgánicas (reguladores, vitaminas, etc.).

### **3.12.3 Ventajas del sistema de Micropropagación**

- Ausencia de métodos de propagación convencionales o cuando estos son demasiado lentos.
- Necesidad de un alto volumen de producción.
- Disminución de la superficie dedicada a planta madre y mejor planificación de la producción. (Ramos y Rallo. 1992)

### **3.12.4 Desventajas del sistema de Micropropagación**

- Transplante a invernadero. A veces las raíces formadas in vitro no son funcionales, y las hojas tienen una cutícula poco desarrollada; por consiguiente se puede producir en invernadero una transpiración excesiva que ocasiona la muerte de las plantas.
- Vitrificación. Es la aparición de tallos y hojas con un exceso de agua.; este problema se puede disminuir incrementando la concentración de agar, así como reduciendo la cantidad de citoquininas y de amonio del medio de cultivo.
- Desarrollo no sincronizado de los cultivos. La variabilidad morfológica observada en cultivos en Fase II suele ser debida a la competencia por

nutrientes y espacio que tiene lugar entre los tallos que crecen en el medio de proliferación.

- Contaminación crónica. Aparece en cultivos que anteriormente parecían libres de agentes patógenos. Suele estar causada por bacterias y es bastante difícil de detectar, por lo que es conveniente cuando se sospecha que pueda existir este problema utilizar medios de cultivo específicos para bacterias. Este tipo de contaminación puede haber sido introducida en el explanto original o posteriormente, debido al uso de técnicas de esterilización inadecuadas. (Ramos y Rallo. 1992)

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del experimento.

Los trabajos experimentales se llevaron a cabo en el laboratorio de Biología del departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada en latitud 25° 22' y 35'' y longitud 101° 01' y 00'' a 1789.83 msnm, Saltillo, Coahuila.

### 4.2 Material vegetativo utilizado.

Se utilizaron semillas de tres especies del género *Mammillarias* para llevar a cabo los experimentos. Las semillas de *Mammillaria grusonii* (semillas

recientes) y *Mammillaria pottsii* (con un año aproximado de almacenamiento) fueron colectadas en el jardín botánico Gustavo Aguirre Benavides de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en lo que respecta a las semillas de *Mammillaria glassii* (semillas recientes) fueron donadas por el Museo del Desierto.

#### **4.3 Preparación de cajas petri**

Se les colocó a 45 cajas petri de vidrio transparente, de 9 cm de diámetro y previamente lavadas con doble papel filtro de poro mediano (el cual es aceptado como medio de sustrato). Se hicieron seis grupos de cinco cajas cada uno, para después forrarlas con papel estraza y ponerlas a desinfectar en el autoclave para su posterior uso.

#### **4.4 Preparación de frascos gerber con medios MS**

A 120 frascos gerber previamente lavados se les colocó por la boca un cuadro de papel aluminio de aproximadamente 8cm x 8cm (para así formar una tapa), los frascos fueron esterilizados en el autoclave y posteriormente llenados con medio Murashige and Skoog, (MS) (1962) de la siguiente forma: Primer grupo (40 frascos) medio MS, con una concentración de los macronutrientes al 100 %; segundo grupo (40 frascos) medio MS, con la concentración de los macronutrientes al 50 %; tercer grupo (40 frascos) medio MS, con una concentración de macronutrientes al 25 %. Posterior al llenado fueron marcados con el tipo de la concentración de los macronutrientes, se sometieron a una esterilización en el autoclave y sellados con clenpak, para su uso posterior.

#### **4.5 Desinfección de las semillas.**

Se hicieron los diferentes grupos de semillas para cada especie a evaluar, después cada grupo fue colocado en unos pequeños sacos de tela de cubre boca

(previamente desinfectado en el autoclave); haciendo esto porque las semillas a manejar son muy pequeñas. Posteriormente, las semillas fueron sumergidas en agua destilada y detergente (tween 20) por un tiempo de 5 minutos, posteriormente en una solución de etanol al 70% durante un minuto, luego en hipoclorito de sodio al 20% por espacio de 10 minutos y por ultimo se enjuagaron tres veces en agua desionizada estéril.

#### 4.6 Condiciones ambientales

Las cajas petri y los medios MS se mantuvieron en el cuarto de incubación bajo las mismas condiciones; con una temperatura media de 25.5° C y un fotoperiodo de 24 horas, el cual era proporcionado por una lámpara de luz blanca.

#### 4.7 Tratamientos.

Los tratamientos aplicados a las diferentes semillas fueron:

**Testigo;** Las semillas solo fueron desinfectadas y sembradas.

**Escarificación con ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) al 50% a 10 segundos de exposición;** Después de la desinfección las semillas fueron colocadas en un crisol con perforaciones pequeñas; posteriormente se sumergieron en la solución de ácido por el lapso de tiempo correspondiente, después fueron enjuagadas tres veces con agua desionizada estéril y sembradas.

**Escarificación con ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) al 50% a 30 segundos de exposición;** Después de la desinfección las semillas fueron colocadas en un crisol con perforaciones pequeñas; posteriormente se sumergieron en la solución de ácido sulfúrico por el lapso de tiempo correspondiente, se enjuagaron tres veces con agua desionizada estéril y sembradas.

#### 4.8 Siembra en cajas petri

Esta se llevo acabo en el área de siembra en condiciones de asepsia; el papel filtro fue previamente humedecido con agua desionizada esterilizada antes de la siembra. Tanto para el testigo como para los tratamiento la unidad experimental consistió en 5 repeticiones con 10 semillas cada una; esto respectivamente para cada especie de *Mammillarias* utilizada.

Testigo.

T1 = Escarificación con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 50% a 10 seg. de exposición.

T2 = Escarificación con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 50% a 30 seg. de exposición.

#### 4.9 Siembra en medio de cultivo.

La unidad experimental consistió en 4 repeticiones con 5 semillas cada una; esto tanto para el testigo y los dos tratamientos de escarificación y para cada una de las concentración de los macronutrientes (100%, 50% y 25%), esto respectivamente para cada especie de *Mammillarias*.

#### 4.10 Diseño experimental

Para la evaluación de los tratamientos en las caja petri se utilizo un diseño completamente al azar mientras que los resultados de los medios MS fueron sometidos a un diseño de bloques al azar con arreglo factorial A X B. El factor A represento las diferentes concentraciones de macronutrientes, y el factor B represento los tiempos de escarificación.

Los tratamientos que resultaron de la interacción de ambos factores fueron:

Tratamientos	Factor A	Factor B
T1	100% de macronutrientes	Sin escarificado
T2	100% de macronutrientes	10 seg. De escarificado
T3	100% de macronutrientes	30 seg. De escarificado
T4	50% de macronutrientes	Sin escarificado
T5	50% de macronutrientes	10 seg. De escarificado

Para evaluar los datos que pudieran mostrara diferencias estadísticamente significativas en el análisis de varianza, se uso la prueba DMS ( diferencias mínima significativa) al 0.05 de probabilidad.

#### **4.11 Parámetros evaluados.**

Número de semillas germinadas, tiempo y porcentaje de germinación de las tres especies de *Mammillarias* tanto en caja petri como en los medios.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1 Germinación en Cajas petri**

Para el caso de *M. glassii* no existió diferencia significativa para el factor de germinación acumulada entre los tratamientos (ácido sulfúrico al 50% con un tiempo de exposición de 10 seg: T1 y 30 seg: T2) con relación al testigo y entre los mismos (ver A; cuadro 4 ). El inicio de la germinación ocurrió a los 5 días después de la siembra (DDS) para ambos tratamientos, y el testigo inicio al 6 DDS.

El comportamiento en la germinación durante el tiempo de evaluación fue similar en ambos tratamientos y el testigo; aunque en los días del 6 al 9 se observan cambios importantes en el número de semillas germinadas pero no existiendo diferencia estadísticamente significativa; sin embargo numéricamente el que mostró mayor número de semillas germinadas en este lapso de tiempo fue T2 con un total de 34 semillas geminadas en 9 DDS seguida por T1 con 33 y al final el testigo con 30. El promedio final de la germinación fue numéricamente igual en testigo y T1 con 48 semillas, T2 presento un promedio de 50 semillas (ver figura 11).

Para el caso de *M. grusonii* no existió diferencia significativa para el factor de germinación acumulada entre los tratamientos (ácido sulfúrico al 50% con un tiempo de exposición de 10 seg: T1 y 30 seg: T2) con relación al testigo (ve A; cuadro 5); El inicio de la germinación ocurrió a los 5 días después de la siembra (DDS) para ambos tratamientos y el testigo. Gráficamente se muestra que T1 estuvo por encima del testigo y de T2.

El comportamiento en la germinación durante el tiempo de evaluación fue similar en ambos tratamientos y el testigo; del día 6 al 7 se observan cambios importantes en el numero de semillas germinadas, más sin embargo estadísticamente no existe tal diferencia. Al 13 DDS el tratamiento que obtuvo mayor número de semillas germinadas fue T1 con 45, seguido de Testigo con 43 y por ultimo T2 con 37. (ver figura 12).

Aparentemente *M. glassii* y *M. grusonii* no presentaron ningún tipo de dormancia; esto debido a que los tratamientos (T1 y T2) se comportaron de manera similar al testigo; en este caso Ruedas y Valverde (1997), encontraron que las semillas de *M. magnimamma* muestran una viabilidad alta, un patrón de germinación casi simultáneo y no presentan un mecanismo de latencia sofisticado, siendo capaces de germinar bajo condiciones muy diversas; También Flores y Manzanero (2003) mencionan que las semillas de *M. hernandezii* y *M. huitzilopochtli* presentaron un elevado porcentaje de germinación. Téngase en cuenta que las semillas de *M. glassii* y *M. grusonii* fueron tomadas de frutos recientes.

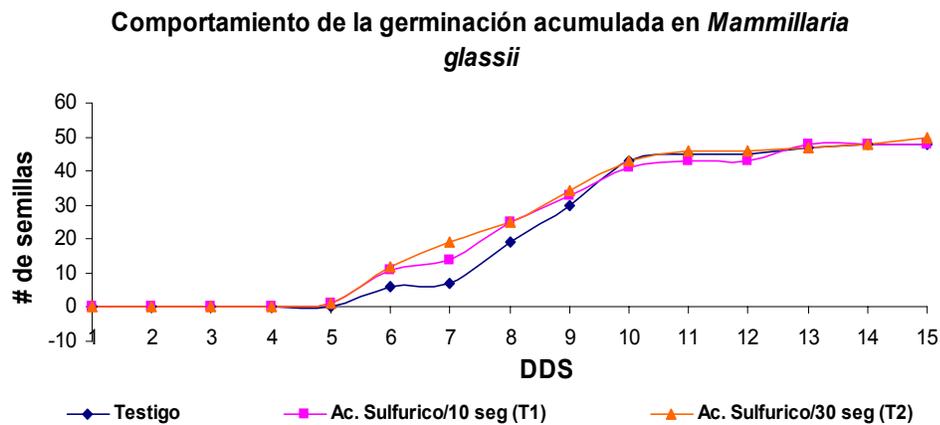
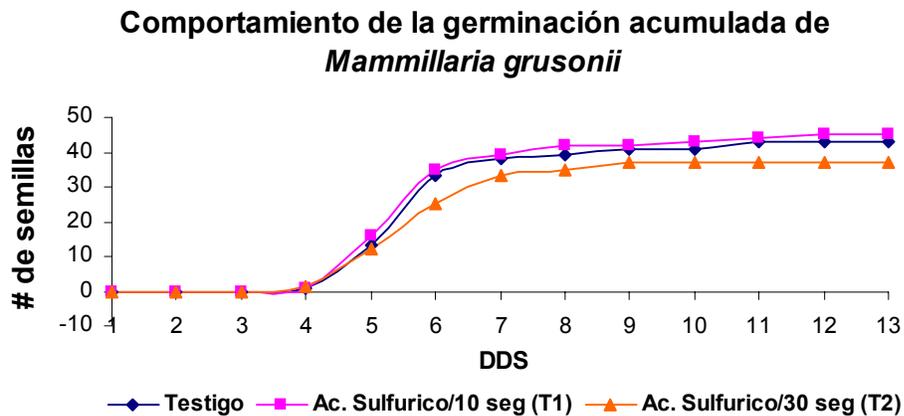


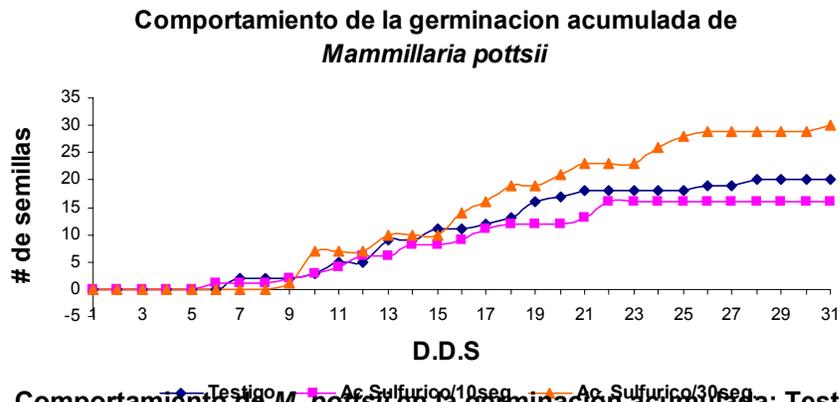
Figura 11. Comportamiento de *M. glassii* en la germinación acumulada; Testigo , T1 y T2 en función del tiempo, en caja petri.



**Figura 12. Comportamiento de *M. grusonii* en la germinación acumulada; Testigo , T1 y T2 en función del tiempo, en caja petri.**

De acuerdo con el análisis de varianza si existió diferencia significativa, para la variable de germinación acumulada en *M. pottsii*, siendo el mejor T2, seguido por el Testigo y por ultimo T1, esto según al análisis de diferencia mínima significativa ( $DMS_{0.05}$ ).

El inicio de la germinación ocurrió para el Testigo al 7 DDS, T1 al 6 DDS y para T2 al 9 DDS. Gráficamente se muestra que T2 estuvo siempre por encima del testigo y de T1, con respecto al comportamiento de la germinación durante el tiempo de evaluación fue casi similar en ambos tratamientos y el testigo. Se realizo para los días 20, 22 y 24 la comparación de medias con el análisis de la diferencia mínima significativa ( $DMS_{0.05}$ ) en donde no muestra diferencia para los días evaluados. Al 30 DDS el tratamiento que obtuvo mayor número de semillas germinadas fue T2 con 30, seguido de Testigo con 20 y por ultimo T1 con 16. (ver figura 13).

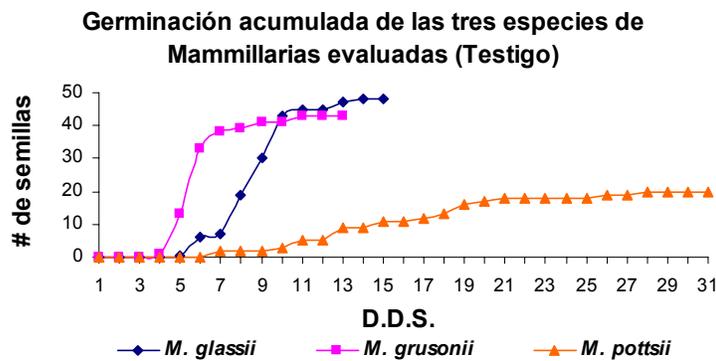


**Figura 13. Comportamiento de *M. pottsii* en la germinación acumulada; Testigo , T1 y T2 en función del tiempo, en caja petri.**

Es preciso mencionar que las semillas de *M. pottsii* que fueron utilizadas contaban un año de almacenamiento aproximadamente, para lo cual Flores y Manzanero (2003) mencionan que algunas semillas almacenadas (8 a 12 meses) del género *Mammillaria* pierden potencial germinativo.

La pérdida del potencial germinativo puede estar relacionado a la muerte del embrión debido a las condiciones de almacenamiento (altas temperaturas y sin oscuridad total) o por la inviabilidad de este.

Para caso del testigo se observa que *M. glassii* (48 semillas) y *M. grusonii* (43 semillas) fueron las que alcanzaron un mayor número de semillas germinadas en menos de 15 días, mientras que *M. pottsii* (20 semillas) en un mayor tiempo de evaluación, no logro superar el 50% del total de las semillas sembradas; mas sin embargo las semillas de *M. grusonii* en el 5 y 6 DDS alcanzaron un mayor número de semillas germinadas por día y las semillas de *M. glassii* del 6 y 8 DDS fue cuando alcanzaron el mayor numero de semillas germinadas y *M. pottsii* presento una germinación diaria mas constante. (Ver A; cuadro 1 y 2).



**Figura 14. Comportamiento de las tres especies de *Mammillarias* en la germinación acumulada; Testigo en función del tiempo (Cajas petri).**

Para caso del tratamiento uno, el cual consistió en sumergir las semillas en ácido sulfúrico al 50% por 10 seg., la grafica muestra el total de semillas germinadas en donde *M. glassii* obtuvo un total de 48 semillas en 10 DDS, *M. grusonii* un total de 45 semillas en 9 DDS y *M. pottsii* un total de 16 semillas en 22 DDS; por lo que las dos primeras especies alcanzaron un mayor numero de semillas germinadas en menos tiempo (15 días), mientras que *M. pottsii* en un mayor tiempo de evaluación no logro superar el 50% del total de las semillas sembradas; mas sin embargo las semillas de *M. grusonii* en el 5 y 6 DDS alcanzaron un mayor número de semillas diarias germinadas y las semillas de

*M. glassii* en 6 y 8 DDS fue cuando alcanzaron el mayor numero de semillas diarias germinadas y para el caso de *M. pottsii* la germinación diaria fue mas constante.

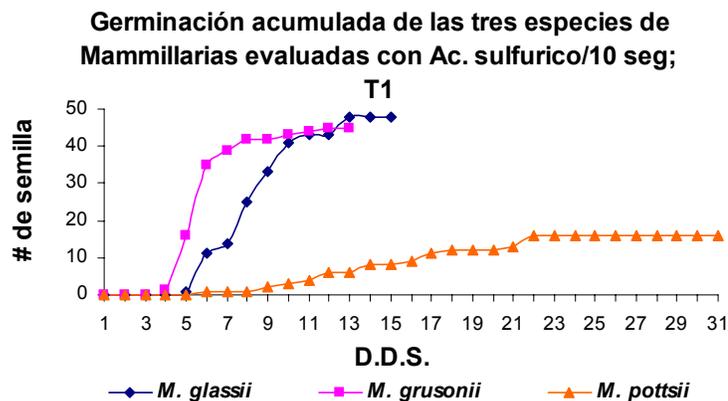
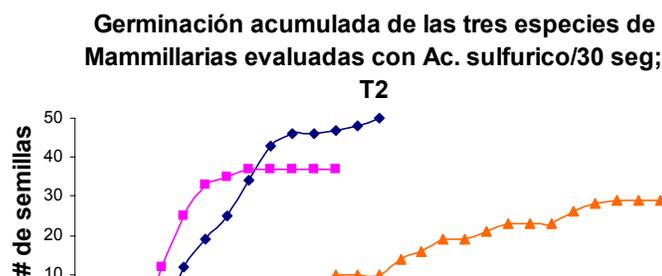


Figura 15. Comportamiento de las tres especies de *Mammillarias* en la germinación acumulada; T1 en función del tiempo (Cajas petri).

Para caso del tratamiento dos, el cual consistió en sumergir las semillas en ácido sulfúrico al 50% por 30 seg., la grafica muestra el total de semillas germinadas en donde *M. glassii* obtuvo un total de 50 semillas en 15 DDS, *M. grusonii* un total de 37 semillas en 9 DDS y *M. pottsii* un total de 30 semillas en 30 DDS; por lo que las dos primeras especies alcanzaron un mayor numero de semillas germinadas en un tiempo menos a los 20 días, mientras que *M. pottsii* en un mayor tiempo de evaluación logro superar el 50% del total de las semillas sembradas; mas sin embargo las semillas de *M. grusonii* en el 5 y 7 DDS alcanzaron un mayor número de semillas germinadas y las semillas de *M. glassii* del 6 al 10 DDS fue cuando alcanzaron el mayor número de semillas germinadas y *M. pottsii* 17 al 20 DDS fue cuando alcanzo el mayor número de semillas germinadas.



**Figura 16. Comportamiento de las tres especies de *Mammillarias* en la germinación acumulada; T2 en función del tiempo (Cajas petri).**

Es preciso mencionar que la edad de las semillas influyo de manera significativa, observándose claramente la influencia de esta en el tiempo de germinación; por otra parte puede ser que *M. pottsii* presente otro tipo de dormancia.

## **5.2 Germinación en medio de cultivo MS.**

En el caso de las semillas de *M. glassii*, *M. grusonii* y *M. pottsii* las cuales fueron sometidas a germinación en dos factores, que son: concentración de medio MS (factor A) y tiempo de escarificación (factor B), no existió diferencia estadísticamente significativas en el numero de semillas germinadas al final de la evaluación, tampoco existió interacción entre los factores y sus diferentes combinaciones (ver A; cuadro 14, 15 y 16).

Mas sin embargo se observan diferencias marcadas en el tiempo de germinación, para el caso de *M. glassii* en medio MS al 100% T2 al los 27 DDS alcanzo el total de 18 semillas germinadas, comparado con T1 y testigo que para esta fecha tenían 12 y 15 semillas germinadas respectivamente; para el caso del medio MS al 50% T1 al los 19 DDS obtuvo un total de 18 semillas germinadas superando a T1 y testigo que para estas fechas contaban 9 y 10 respectivamente; en el medio MS al 25% se observo un comportamiento similar al anterior, ya que T1 obtuvo 17 semillas germinadas a los 20 DDS y T1 y testigo contaban con 9 para estas fechas (ver figura 17).

**Comportamiento de la germinación de *M. glassii* en el medio MS al 100% de macronutrientes**



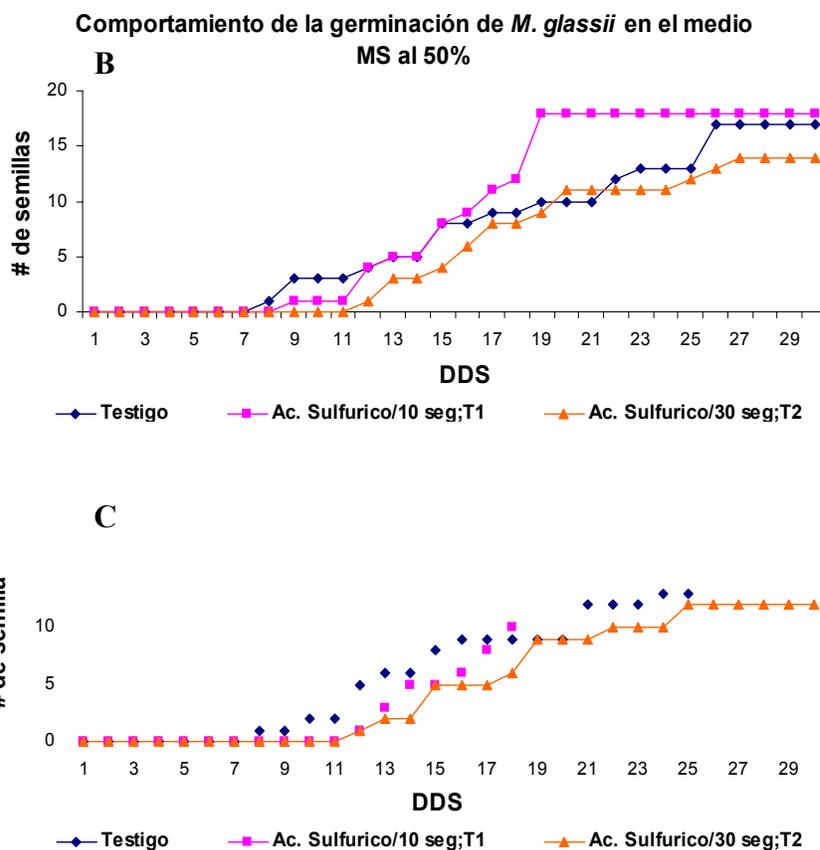
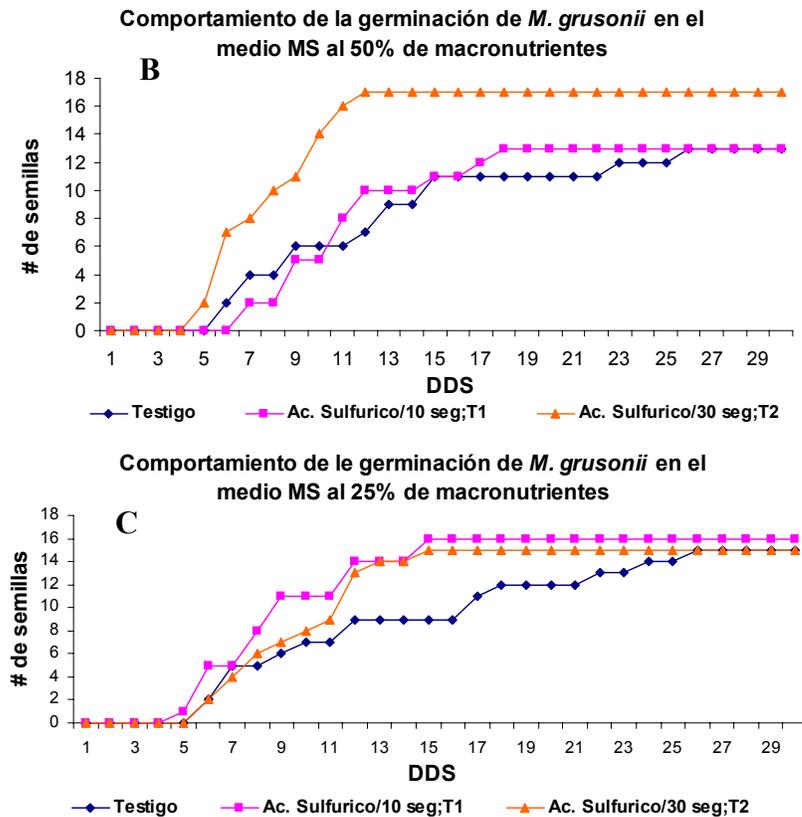


Figura 17. Comportamiento de la germinación acumulada de *M. glassii* en las diferentes concentraciones de macronutrientes.

*M. grusonii* en medio MS al 100% el testigo al los 14 DDS alcanzó el total de 14 semillas germinadas, comparado con T1 y T2 que para esta fecha tenían 7 y 10 semillas germinadas respectivamente; para el caso del medio MS al 50% T2 al los 12 DDS obtuvo un total de 17 semillas germinadas superando

a T1 y testigo que para estas fechas contaban 10 y 7 respectivamente; en el medio MS al 25% se observó que T1 obtuvo 16 semillas germinadas a los 15 DDS, T2 y testigo contaban con 15 y 9 respectivamente para estas fechas (ver figura 18).



**Figura 18. Comportamiento de la germinación acumulada de *M. grusonii* en las diferentes concentraciones de macronutrientes.**

En *M. pottsii* encontramos que al evaluar la germinación en los medios la mayoría de las semillas no germinaron para ninguno tratamiento, por lo que se puede deducir que esta especie presenta un mecanismo de latencia mas sofisticado o falto mas tiempo de evaluación. El medio al 100% fue el que presento mayor numero y en menor tiempo, ya que para los DDS 1, 5 y 6 ya presentaba germinación. En el medio al 50% la germinación comenzó al día 16 y en el medio al 25% al 6 DDS.

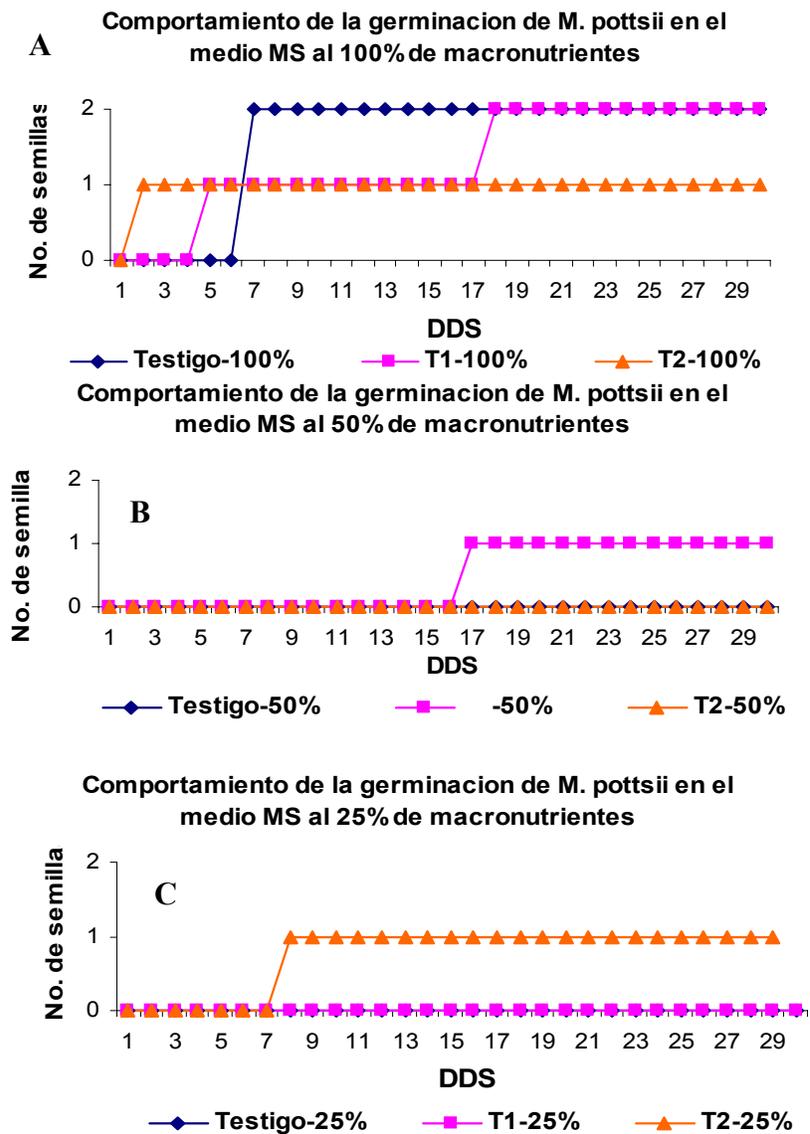


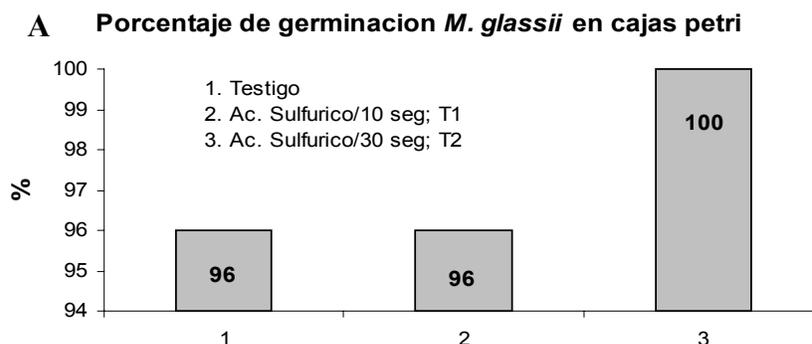
Figura 19. Comportamiento de la germinación acumulada de *M. grusonii* en las diferentes concentraciones de macronutrientes.

Se puede observar que *Mammillaria pottsii* presenta el mismo comportamiento que en las cajas petri, debido a la longevidad de sus semillas; cabe mencionar que la velocidad de germinación en medio MS se reduce de una manera considerable en las especies evaluadas.

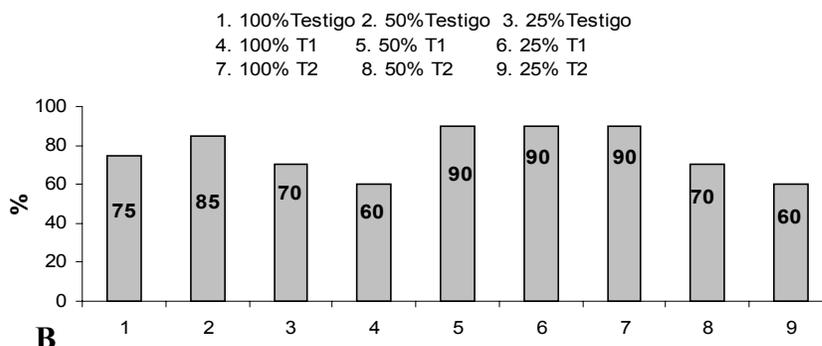
Para este caso Heras (1990) al poner a germinar las semillas de varias cactáceas, estas comenzaron a germinar a los 45 días posteriores a la siembra; para el caso específico de *Mammillaria gumífera* a los 45 DDS no habían germinado a ninguna concentración de MS-macroelementos; mas sin embargo a los 90 días se alcanzo un 8% de germinación.

### 5.3 Porcentaje de la germinación de las especies de Mammillarias en los dos sistemas de siembra

Los mayores porcentajes para *M. glassii* se presentaron en las semillas que fueron sembradas en las cajas petri, además estos porcentajes se obtuvieron en un menor tiempo de evaluación (15 DDS) (ver A, figura 20 ); comparado con la de los medios MS, para este caso los porcentajes variaron entre el 60 y 90%, siendo los de mayor porcentaje T1 al 50%, T1 al 25% y T2 al 100% (ver B, figura 20).



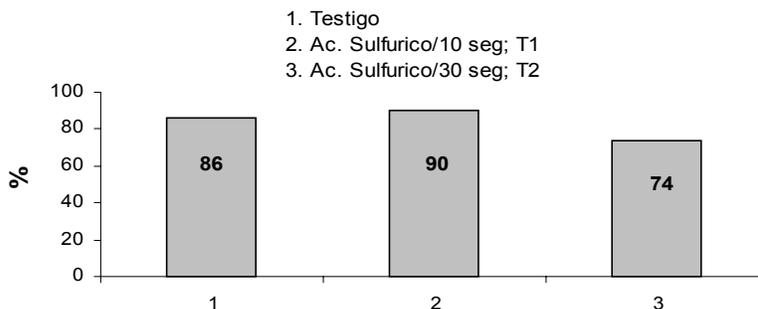
**Porcentaje de germinacion de *M. glassii* en medios MS**



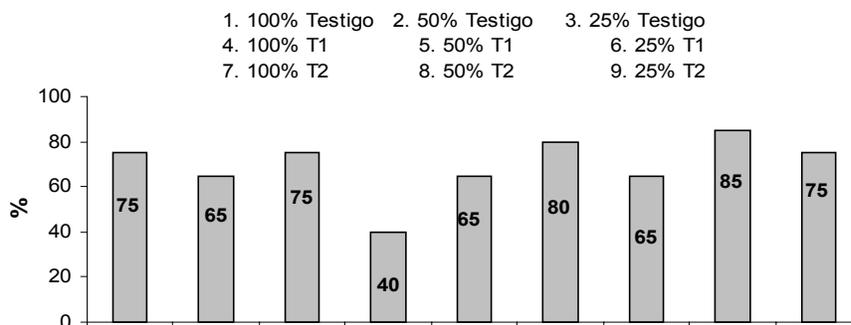
**Figura 20. Porcentaje de germinación de *M. glassii* tanto en medio MS (a los 30 DDS) y caja petri ( a los 15 DDS)**

En *M. grusonii* los porcentajes que se presentaron fueron similares tanto en las de cajas petri como en la de los medios; los porcentajes de las cajas petri se lograron en un menor tiempo que fue a los 13 DDS (ver A, figura 21) comparado con la de los medios MS que fue a los 30 DDS. (ver B, figura 21).

**A Porcentaje de germinacion de *M. grusonii* en cajas petri**

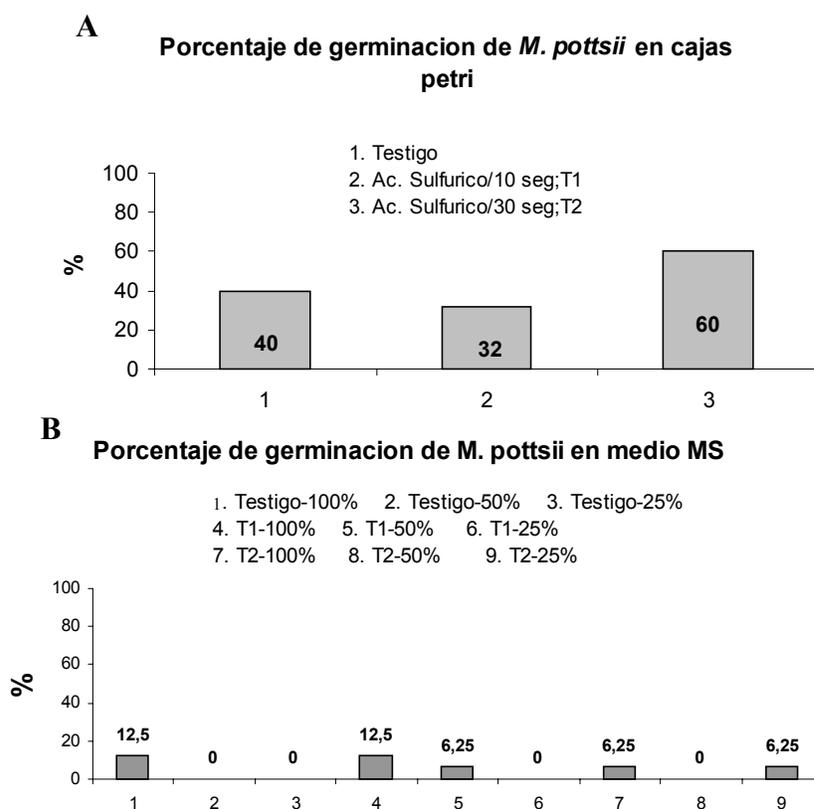


**B Porcentaje de germinacion de *M. grusonii* en medio MS**



**Figura 21. Porcentaje de germinación de *M. grusonii* tanto en medio MS (a los 30 DDS) y caja petri ( a los 13 DDS)**

Los porcentajes mas altos que presento *M. pottsii* fueron para las semillas que se sembraron en las cajas petri estos a los 30 DDS (ver A, figura 22) comparado con la de los medios MS, que para el mismo periodo de tiempo evaluado el porcentaje de ningún tratamiento supero el 20%; además 4 tratamientos evaluados no presentaron dato alguno (ver B, figura 22).



**Figura 22. Porcentaje de germinación de *M. pottsii* tanto en medio MS (a los 30 DDS) y caja petri ( a los 30DS)**

El hecho de la velocidad de germinación sea mayor en cajas petri puede deberse a que las semillas tienen un mejor intercambio de gases, mejor contacto con el agua y una mejor iluminación; lo anterior puede ser a que las cajas no se encontraban selladas a comparación de los frascos gerber.

## CONCLUSIONES

Los resultados muestran que *Mammillaria glassii* y *Mammillaria grusonii* alcanzaron los mayores porcentajes y velocidades de germinación, mientras que *Mammillaria pottsii* presento los más bajos y en un mayor tiempo de evaluación.

Ninguna de las especies se vio dañada por la exposición al ácido sulfúrico al 50% (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Con relación a los dos sistemas de siembra las *Mammillarias* evaluadas en las cajas petri fueron las que presentaron los mas altos porcentajes de germinación y en un menor tiempo en comparación con las semillas de los medios MS.

Aunque en este trabajo no se evaluó la edad de las semillas es necesario mencionar que la germinación de las *Mammillarias* evaluadas están en función de la edad de las semillas, debido a que *M. glassii* y *M. grusonii* (semillas recientes) presentaron un porcentaje de germinación similar tanto en T1, T2 y testigo (en cajas petri y en medios MS); lo cual podría indicar que sus testas no son impermeables cuando la semilla es joven; por lo que es predecible que en su medio natural las *Mammillarias* evaluadas obtengan altos porcentajes de germinación, siempre y cuando la semilla sea joven, y se reúnan los requerimientos climáticos adecuados como son: la temperatura, humedad e iluminación.

Mientras que en las semillas de *M. pottsii* (las cuales contaban con aproximadamente un año de almacenamiento) T2 presento diferencia significativa con respecto al testigo; Por lo que con el empleo del ácido sulfúrico se vio disminución en el tiempo y un aumento el porcentaje de germinación.

Con base a lo anterior se recomienda el uso de semillas jóvenes (recién extraídas de los frutos), para así obtener altos porcentaje de germinación; así mismo la utilización de cajas petri origina en menor tiempo la germinación con respecto al medio MS, esto debido a que en las cajas petri las semillas se encuentran en contacto directo con el agua, tienen mayor intercambio de gases y una mejor iluminación.

## BIBLIOGRAFÍA

Ballmster, O., J. F. 1998. Los cactus y otras plantas suculentas. Editoriado por Guillén Floraprint. Valencia, España.

Bravo, H. 1978. Las Cactáceas de México. Volumen I. U.N.A.M. México, D. F.

- Bravo, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991 . Las Cactáceas de México. Volumen III. U. N. A. M. México, D. F.
- Camacho M. F. 1994. Dormición de semillas causas y tratamientos. Editorial trillas. México.
- Diario oficial de la federación. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001.
- Fahn, A. 1978. Anatomía vegetal. Ediciones H. Blume. Madrid España.
- Flores Martínez, A., y Manzanero, M. G. 2003. Germinación comparativa de especies del género *Mammillaria* endémicas de Oaxaca, México. Sociedad Mexicana de Cactología. Tomo XLVIII, Año 48 No. 2.
- Heras Cuevas, M. 1990. Germinación y Cultivo de tejidos de especies de Cactáceas in vitro. Tesis de licenciatura. U.A.A.A.N. Saltillo, Mexico.
- León de la Luz, J. y A. Valiente-Banuet. 1994. las cactaceas: un recurso natural diverso y predominante Mexicano. Ciencia y Desarrollo. CONACYT. 5865.
- Martínez Avalos, J. G. 1994. Inventario florístico de las cactáceas del estado de Tamaulipas. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México.
- Moreno, P. N., J. López y G. L. Arce. 1992. Aspectos sobre las semillas y su germinación de *Echinomastis mariposensis* (Hester). Cactáceas y Suculentas Mexicanas.
- Outeiriño, A., José Nolasco y José M. Durán. 2003. El cultivo de los cactus. Terralia. No. 21, febrero. Pagina 88
- Pérez, L. H. 1990. Efecto de los bioestimuladores Biozyme T.S y Biozyme P. P., sobre la emergencia y principios de desarrollo en Maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y trigo (*Triticum aestivum*). Tesis de licenciatura. U.A.A.A.N. Saltillo, México.

Pierik, R. L. M. 1990. Cultivo in vitro de las Plantas Superiores. Ediciones Mundi-Prensa. España. Pag.15, 35, 49,

Ramos, E y Luis Rallo. 1992. nueva horticultura: tecnología y economía de los sistemas horticolas intensivas. ediciones mundiprensa. Madrid, España.

Reyes, R.1993. Latencia de Semillas: Mecanismo de Control y Métodos de rompimiento. Monografía. U.A.A.A.N. Saltillo Coah. México.

Rodríguez L. R. 1997. Rompimiento de la latencia en semillas de *Echinocactus platyacanthus* link, mediante remojo y escarificación con ácido sulfúrico. Tesis de licenciatura. U.A.A.A.N. Saltillo Coah. México.

Ruedas Medina, M., y Valverde Valdés, T. 1997. Germinación de *Mammillaria magnimamma* bajo diferentes condiciones ambientales. Programas y Resúmenes. I Congreso Nacional sobre Cactáceas. Sociedad Mexicana de Cactología. Montecillo, México.

Ruiz, O. M., D. Nieto., R. Larios. 1962. Tratado elemental de Botánica. Ed. Cient. Latino Americana. México.

Salisbury, F. B. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamerica. México.

Sociedad Mexicana de Cactología. 1997. Programas y Resúmenes, I. Congreso Nacional sobre Cactáceas. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

[http://www. Semarnat.gob.mx](http://www.Semarnat.gob.mx)

<http://www.banderas.com.mx/coahuila.htm>

<http://www.galeon.com/cactomania/fot-7002.htm>

<http://www.mammillarias.net>

[http://www.puc.cl/agronomia/d\\_investigacion/TesisMagister/PDF/GarcesMagdalena.pdf](http://www.puc.cl/agronomia/d_investigacion/TesisMagister/PDF/GarcesMagdalena.pdf)

<http://www.conabio.gob.mx>

[www.es.wikipedia.org/wiki/Coahuila\\_de\\_Zaragoza](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Coahuila_de_Zaragoza)

[www.mexico-tenoch.com /gobernadores/coah/coah.html](http://www.mexico-tenoch.com/gobernadores/coah/coah.html)

## ANEXOS

**Cuadro 1. Concentración de datos; germinación diaria de *M. glassii*, sembradas en cajas petri.**

**Tabla de concentracion de datos de *M. glassii* (cajas petri)**

DDS	TESTIGO								T1								T2							
	R1	R2	R3	R4	R5	GA	GD	R1	R2	R3	R4	R5	GA	GD	R1	R2	R3	R4	R5	GA	GD			
1-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1		
6	1	0	0	4	1	6	6	1	3	3	2	2	11	10	2	3	2	1	4	12	11			
7	2	0	0	4	1	7	1	1	3	5	2	3	14	3	3	6	3	2	5	19	7			
8	3	4	2	6	4	19	12	4	5	7	4	5	25	11	4	7	5	3	6	25	6			
9	6	5	4	8	7	30	11	6	6	8	6	7	33	8	6	8	6	7	7	34	9			
10	9	7	7	10	10	43	13	8	8	9	8	8	41	8	8	10	8	9	8	43	9			
11	9	9	7	10	10	45	2	9	9	9	8	8	43	2	8	10	9	10	9	46	3			
12	8	9	7	10	10	45	0	9	9	9	8	8	43	0	8	10	9	10	9	46	0			
13	10	10	7	10	10	47	2	10	9	10	10	9	48	5	8	10	10	10	9	47	1			
14	10	10	8	10	10	48	1	10	9	10	10	9	48	0	9	10	10	10	9	48	1			
15	10	10	8	10	10	48	0	10	9	10	10	9	48	0	10	10	10	10	10	50	2			

**Cuadro 2. Concentración de datos; germinación diaria de *M. grusonii*, sembradas en cajas petri**

**Tabla de concentracion de datos de *M. grusonii* (caja perei)**

DDS	TESTIGO								T1								T2							
	R1	R2	R3	R4	R5	GA	GD	R1	R2	R3	R4	R5	GA	GD	R1	R2	R3	R4	R5	GA	GD			
1-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	1	4	2	2	4	13	13	2	1	5	6	2	16	16	3	3	3	3	0	12	12			
6	7	5	8	5	8	33	20	7	5	8	9	6	35	19	6	5	5	4	5	25	13			
7	8	6	8	7	9	38	5	7	6	9	10	7	39	4	6	5	7	7	8	33	8			
8	8	7	8	7	9	39	1	9	6	10	10	7	42	3	6	5	8	7	9	35	2			
9	9	7	8	8	9	41	2	9	6	10	10	7	42	0	7	5	8	8	9	37	2			
10	9	7	8	8	9	41	0	9	6	10	10	8	43	1	7	5	8	8	9	37	0			
11	9	7	10	8	9	43	2	9	7	10	10	8	44	1	7	5	8	8	9	37	0			
12	9	7	10	8	9	43	0	9	7	10	10	9	45	1	7	5	8	8	9	37	0			
13	9	7	10	8	9	43	0	9	7	10	10	9	45	0	7	5	8	8	9	37	0			

**Cuadro 3. Concentración de datos; germinación diaria de *M. pottsii*, sembradas en cajas petri**

Tabla de concentracion de datos de *M. pottsii* (caja perei)

DDS	TESTIGO								T1								T2							
	R1	R2	R3	R4	R5	GA	GD	R1	R2	R3	R4	R5	GA	GD	R1	R2	R3	R4	R5	GA	GD			
1-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	1	0	0	1	0	2	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	1	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	1	0	0	1	0	2	0	1	1	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	1	1	1		
10	1	0	0	2	0	3	1	1	1	0	0	1	3	1	1	2	1	0	3	7	6	6		
11	1	0	2	2	0	5	2	1	2	0	0	1	4	1	1	2	1	0	3	7	0	0		
12	1	0	2	2	0	5	0	1	2	1	0	2	6	2	1	2	1	0	3	7	0	0		
13	2	1	2	4	0	9	4	1	2	1	0	2	6	0	1	3	2	0	4	10	3	3		
14	2	1	2	4	0	9	0	1	2	2	1	2	8	2	1	3	2	0	4	10	0	0		
15	2	1	2	5	1	11	2	1	2	2	1	2	8	0	1	3	2	0	4	10	0	0		
16	2	1	2	5	1	11	0	2	2	2	1	2	9	1	1	3	4	2	4	14	4	4		
17	2	1	2	6	1	12	1	4	2	2	1	2	11	2	2	3	4	2	5	16	2	2		
18	3	1	2	6	1	13	1	4	3	2	1	2	12	1	3	3	4	3	6	19	3	3		
19	4	1	3	6	2	16	3	4	3	2	1	2	12	0	3	3	4	3	6	19	0	0		
20	4	1	3	6	3	17	1	4	3	2	1	2	12	0	5	3	4	3	6	21	2	2		
21	5	1	3	6	3	18	1	4	3	3	1	2	13	1	6	4	4	3	6	23	2	2		
22	5	1	3	6	3	18	0	5	4	3	2	2	16	3	6	4	4	3	6	23	0	0		
23	5	1	3	6	3	18	0	5	4	3	2	2	16	0	6	4	4	3	6	23	0	0		
24	5	1	3	6	3	18	0	5	4	3	2	2	16	0	6	6	4	3	6	25	2	2		
25	5	1	3	6	3	18	0	5	4	3	2	2	16	0	6	7	5	3	7	28	3	3		
26	6	1	3	6	3	19	1	5	4	3	2	2	16	0	6	7	5	4	7	29	1	1		
27	6	1	3	6	3	19	0	5	4	3	2	2	16	0	6	7	5	4	7	29	0	0		
28	6	2	3	6	3	20	1	5	4	3	2	2	16	0	6	7	5	4	7	29	0	0		
29	6	2	3	6	3	20	0	5	4	3	2	2	16	0	6	7	5	4	7	29	0	0		
30	6	2	3	6	3	20	0	5	4	3	2	2	16	0	6	7	6	4	7	30	1	1		

Cuadro 4. Análisis de Varianza para *M. glassii* para los días 6, 7 y 15 DDS (en caja petri)

A

Análisis de Varianza <i>M. glassii</i> al 6 DDS						
FV	GL	SC	CM	F	0.05 a 0.01	
Tratamientos	2	4,133335	2,066668	1,3191	3.89	6.93
Error	12	18,799999	1,566667		C.V.= 64.74 %	
Total	14	22,933334				

TABLA DE MEDIAS

TRATA	REP.	MEDIA
1	5	1,2
2	5	2,2
3	5	2,4

B

Análisis de Varianza de <i>M. glassii</i> al 7 DDS						
FV	GL	SC	CM	F	0.05 a 0.01	
Tratamientos	2	14,533333	7,266666	2,8312	3.89	6.93
Error	12	30,800003	2,566667		C.V.= 60.08 %	
Total	14	45,333336				

TABLA DE MEDIAS

TRATA	REP.	MEDIA
1	5	1,4
2	5	2,8
3	5	3,8

C

Análisis de Varianza <i>M. glassii</i> al 8 DDS						
FV	GL	SC	CM	F	0.05 a 0.01	
Tratamientos	2	4,800018	2,400009	1,1613	3.89	6.93
Error	12	24,799988	2,066666		C.V.= 31.25 %	
Total	14	29,600006				

**Cuadro 5. Análisis de Varianza para *M. grusonii* para los días 6, 7 y 13 DDS (en caja petri)**

**A**

Análisis de Varianza <i>M. grusonii</i> al 6 DDS					
FV	GL	SC	CM	F	0.05 a 0.01
Tratamientos	2	11,200012	5,600006	3,1698	3.89 6.93
Error	12	21,200012	1,766668		
Total	14	32,400024			C.V.= 21.44 %

**TABLA DE MEDIAS**

TRATA	REP.	MEDIA
1	5	6,6
2	5	7
3	5	5

**B**

Análisis de Varianza <i>M. grusonii</i> al 7 DDS					
FV	GL	SC	CM	F	0.05 a 0.01
Tratamientos	2	4,133301	2,06665	1,1698	3.89 6.93
Error	12	21,200012	1,7666668		
Total	14	25,333313			C.V.= 18.12 %

**TABLA DE MEDIAS**

TRATA	REP.	MEDIA
1	5	7,6
2	5	7,8
3	5	6,6

C

Análisis de Varianza <i>M. grusonii</i> al 13 DDS					
FV	GL	SC	CM	F	0.05 a 0.01
Tratamientos	2	6,93335	3,466675	2,0392	3.89 6.93
Error	12	20,400024	1,700002		
Total	14	27,333374			

C.V.= 15,65 %

TABLA DE MEDIAS		
TRATA	REP.	MEDIA
1	5	8,6
2	5	9
3	5	7,4

**Cuadro 6. Análisis de Varianza para *M. pottsii* para los días 20, 22, 24 y 30 DDS (en caja petri)**

A

Análisis de Varianza <i>M. pottsii</i> al 20 DDS					
FV	GL	SC	CM	F	0.05 a 0.01
Tratamientos	2	8,133331	4,066666	1,9365	3.89 6.93
Error	12	25,199997	2,1		
Total	14	33,333328			

C.V.= 43,47 %

TABLA DE MEDIAS		
TRATA	REP.	MEDIA
1	5	3,4
2	5	2,4
3	5	4,2

B

Análisis de Varianza <i>M. pottsii</i> al 22 DDS					
FV	GL	SC	CM	F	0.05 a 0.01
Tratamientos	2	5,199997	2,599998	1,0685	3.89 6.93
Error	12	29,199997	2,433333		
Total	14	33,399994			

C.V.= 41,05 %

TABLA DE MEDIAS		
TRATA	REP.	MEDIA
1	5	3,6
2	5	3,2
3	5	4,6

C

Análisis de Varianza <i>M. pottsii</i> al 24 DDS					
FV	GL	SC	CM	F	0.05 a 0.01
Tratamientos	2	8,933334	4,466667	1,7867	3.89 6.93
Error	12	30	2,5		
Total	14	38,933334			

C.V.= 40,20 %

TABLA DE MEDIAS		
TRATA	REP.	MEDIA
1	5	3,6
2	5	3,2
3	5	5

**D**

Análisis de Varianza <i>M. Pottsii</i> 30 DDS						
FV	GL	SC	CM	F	0.05 a 0.01	
Tratamientos	2	20,800018	10,400009	4,6567*	3.89	6.93
Error	12	26,799988	2,23332			
Total	14	47,600006			C.V.= 33,95 %	

TABLA DE MEDIAS			TRTA.	MEDIA
TRATA	REP.	MEDIA		
1	5	4	3	6,0 A
2	5	3,2	1	4,0 AB
3	5	6	2	3,2 B

**Cuadro 7. Concentración de datos de la germinación diaria para *M. glassii* al 100% de macronutrientes**

Mammillaria glassii															
100%															
D.D.S	TESTIGO					10 seg					30 seg				
	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL
1-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
11	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
12	2	0	0	0	2	2	1	0	0	3	0	0	0	0	0
13	2	1	0	1	4	4	1	0	0	5	0	1	0	0	1
14	2	1	1	2	6	4	1	1	0	6	0	1	0	0	1
15	2	1	1	2	6	4	1	1	0	6	0	2	0	0	2
16	2	1	1	2	6	4	1	1	0	6	3	2	1	0	6
17	2	1	1	2	6	5	1	1	0	7	3	2	1	0	6
18	2	2	1	3	8	5	1	1	0	7	3	2	2	0	7
19	2	4	2	3	11	5	1	1	2	9	3	2	2	0	7
20	2	4	3	3	12	5	1	1	2	9	3	2	2	0	7
21	2	4	3	3	12	5	1	1	2	9	3	2	2	0	7
22	3	4	3	3	13	5	1	1	2	9	3	3	4	0	10
23	3	4	3	4	14	5	1	1	2	9	3	3	4	1	11
24	3	4	3	4	14	5	1	1	2	9	3	3	4	1	11
25	4	4	3	4	15	5	1	1	2	9	3	3	4	1	11
26	4	4	3	4	15	5	2	1	2	10	3	5	5	4	17
27	4	4	3	4	15	5	3	2	2	12	4	5	5	4	18
28	4	4	3	4	15	5	3	2	2	12	4	5	5	4	18
29	4	4	3	4	15	5	3	2	2	12	4	5	5	4	18
30	4	4	3	4	15	5	3	2	2	12	4	5	5	4	18
<b>Porcentaje</b>					<b>75</b>					<b>60</b>					<b>90</b>

**Cuadro 8. Concentración de datos de la germinación diaria para *M. glassii* al 50% de macronutrientes**

Mammillaria glassii															
50%															
D.D.S	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL
1-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	2	0	0	1	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
10	2	0	0	1	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
11	2	0	0	1	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
12	3	0	0	1	4	1	2	0	1	4	1	0	0	0	1
13	3	1	0	1	5	1	3	0	1	5	2	0	1	0	3
14	3	1	0	1	5	1	3	0	1	5	2	0	1	0	3
15	3	2	2	1	8	2	3	1	2	8	2	0	1	1	4
16	3	2	2	1	8	2	3	1	3	9	3	0	2	1	6
17	3	2	3	1	9	2	5	1	3	11	3	2	2	1	8
18	3	2	3	1	9	2	5	2	3	12	3	2	2	1	8
19	3	2	4	1	10	4	5	5	4	18	4	2	2	1	9
20	3	2	4	1	10	4	5	5	4	18	4	3	3	1	11
21	3	2	4	1	10	4	5	5	4	18	4	3	3	1	11
22	4	3	4	1	12	4	5	5	4	18	4	3	3	1	11
23	4	3	4	2	13	4	5	5	4	18	4	3	3	1	11
24	4	3	4	2	13	4	5	5	4	18	4	3	3	1	11
25	4	3	4	2	13	4	5	5	4	18	4	4	3	1	12
26-30	5	3	5	4	17	4	5	5	4	18	4	4	4	1	13
<b>Pporcentaje</b>					<b>85</b>					<b>90</b>					<b>70</b>

**Cuadro 9. Concentración de datos de germinación diaria para *M. glassii* al 25% de macronutrientes.**

Mammillaria glassii															
25%															
D.D.S	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL
1-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	3	1	1	0	5	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
13	3	1	1	1	6	2	1	0	0	3	1	0	1	0	2
14	3	1	1	1	6	2	2	1	0	5	1	0	1	0	2
15	3	2	2	1	8	2	2	1	0	5	2	2	1	0	5
16	3	2	3	1	9	2	3	1	0	6	2	2	1	0	5
17	3	2	3	1	9	3	4	1	0	8	2	2	1	0	5
18	3	2	3	1	9	4	4	2	0	10	3	2	1	0	6
19	3	2	3	1	9	4	4	4	4	16	3	3	1	2	9
20	3	2	3	1	9	4	4	4	5	17	3	3	1	2	9

**Cuadro 10. Concentración de datos de la germinación diaria para *M. grusonii* al 100% de macronutrientes**

Mammillaria grusonii															
100%															
	Testigo					10 seg					30 seg				
D.D.S	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL
1-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
7	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2
8	1	2	1	2	6	0	1	1	1	3	0	0	2	1	3
9	1	2	2	2	7	0	1	2	1	4	0	0	3	3	6
10	2	2	2	2	8	0	2	2	2	6	0	0	4	3	7
11	2	2	2	3	9	0	2	2	2	6	1	0	4	4	9
12	3	2	2	4	11	1	2	2	2	7	2	0	4	4	10
13	3	3	3	4	13	1	2	2	2	7	2	0	4	4	10
14	3	4	3	4	14	1	2	2	2	7	2	0	4	4	10
15	3	4	3	4	14	1	2	2	2	7	3	0	4	4	11
16	3	4	3	4	14	1	2	2	2	7	3	0	4	4	11
17	3	4	3	4	14	1	2	2	2	7	3	0	4	4	11
18-28	3	4	3	4	14	2	2	2	2	8	3	0	4	4	11
29	3	4	4	4	15	2	2	2	2	8	4	1	4	4	13
30	3	4	4	4	15	2	2	2	2	8	4	1	4	4	13
Porcentaje					75					40					65

**Cuadro 11. Concentración de datos de la germinación diaria para *M. grusonii* al 50% de macronutrientes**

Mammillaria grusonii															
50%															
	TESTIGO					10 seg					30 seg				
D.D.S	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL
1-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
6	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5	1	1	0	7
7	2	1	1	0	4	0	2	0	0	2	5	2	1	0	8
8	2	1	1	0	4	0	2	0	0	2	5	2	2	1	10
9	2	1	2	1	6	1	3	1	0	5	5	2	3	1	11
10	2	1	2	1	6	1	3	1	0	5	5	2	5	2	14
11	2	1	2	1	6	2	3	2	1	8	5	4	5	2	16
12	2	2	2	1	7	3	3	3	1	10	5	5	5	2	17

**Cuadro 12. Concentración de datos de la germinación diaria para *M. grusonii* al 25% de macronutrientes**

<b>Mammillaria grusonii</b>															
<b>25%</b>															
	TESTIGO					10 seg					30 seg				
<b>D.D.S</b>	R1	R2	R3	R4	<b>TOTAL</b>	R1	R2	R3	R4	<b>TOTAL</b>	R1	R2	R3	R4	<b>TOTAL</b>
<b>1-4</b>	0	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>5</b>	0	0	0	0	<b>0</b>	0	0	1	0	<b>1</b>	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>6</b>	0	1	1	0	<b>2</b>	1	1	1	2	<b>5</b>	1	1	0	0	<b>2</b>
<b>7</b>	0	2	2	1	<b>5</b>	1	1	1	2	<b>5</b>	1	1	1	1	<b>4</b>
<b>8</b>	0	2	2	1	<b>5</b>	2	1	3	2	<b>8</b>	1	2	2	1	<b>6</b>
<b>9</b>	0	2	2	2	<b>6</b>	2	3	3	3	<b>11</b>	2	2	2	1	<b>7</b>
<b>10</b>	1	2	2	2	<b>7</b>	2	3	3	3	<b>11</b>	2	2	2	2	<b>8</b>
<b>11</b>	1	2	2	2	<b>7</b>	2	3	3	3	<b>11</b>	2	3	2	2	<b>9</b>
<b>12</b>	2	2	3	2	<b>9</b>	2	4	5	3	<b>14</b>	3	4	3	3	<b>13</b>
<b>13</b>	2	2	3	2	<b>9</b>	2	4	5	3	<b>14</b>	3	5	3	3	<b>14</b>
<b>14</b>	2	2	3	2	<b>9</b>	2	4	5	3	<b>14</b>	3	5	3	3	<b>14</b>
<b>15</b>	2	2	3	2	<b>9</b>	2	5	5	4	<b>16</b>	3	5	4	3	<b>15</b>
<b>16</b>	2	2	3	2	<b>9</b>	2	5	5	4	<b>16</b>	3	5	4	3	<b>15</b>
<b>17</b>	3	2	3	3	<b>11</b>	2	5	5	4	<b>16</b>	3	5	4	3	<b>15</b>
<b>18-21</b>	4	2	3	3	<b>12</b>	2	5	5	4	<b>16</b>	3	5	4	3	<b>15</b>
<b>22</b>	4	3	3	3	<b>13</b>	2	5	5	4	<b>16</b>	3	5	4	3	<b>15</b>
<b>23</b>	4	3	3	3	<b>13</b>	2	5	5	4	<b>16</b>	3	5	4	3	<b>15</b>
<b>24</b>	4	4	3	3	<b>14</b>	2	5	5	4	<b>16</b>	3	5	4	3	<b>15</b>
<b>25</b>	4	4	3	3	<b>14</b>	2	5	5	4	<b>16</b>	3	5	4	3	<b>15</b>
<b>26-30</b>	4	4	4	3	<b>15</b>	2	5	5	4	<b>16</b>	3	5	4	3	<b>15</b>
<b>Porcentaje</b>					<b>75</b>					<b>80</b>					<b>75</b>

**Cuadro 13. Concentración de la germinación diaria para *M. pottsii* al las diferentes concentraciones de macronutrientes.**

***Mammillaria pottsii***  
**100%**

D.D.S	TESTIGO				10 seg				30 seg						
	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL
1					0					0					0
2-4					0					0		1			1
5					0				1	1		1			1
6					0				1	1		1			1
7		1		1	2				1	1		1			1
8-16		1		1	2				1	1		1			1
17		1		1	2				1	1		1			1
18		1		1	2		1	1		2		1			1
19-30		1		1	2		1	1		2		1			1
					Porcentaje					12.5					6.25

***Mammillaria pottsii***  
**50%**

D.D.S	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL
1-16					0					0					0
17					0			1		1					0
18					0			1		1					0
19					0			1		1					0
20					0			1		1					0
21-30					0			1		1					0
					Porcentaje					0					6.25

***Mammillaria pottsii***  
**25%**

D.D.S	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL	R1	R2	R3	R4	TOTAL
1-7					0					0					0
8					0					0		1			1
9					0					0		1			1
10-30					0					0		1			1
					Porcentaje					0					6.25

**Cuadro 14. Análisis de varianza, con arreglo factorial A x B completamente al azar para *M. glassii***

Análisis de Varianza <i>M. glassii</i>					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Factor A	2	1.166687	0.583344	0.4565	0.644
Factor B	2	0.666626	0.333313	0.2609	0.775
Interaccion	4	10.666687	2.666672	2.087	0.11

**Cuadro 15. Análisis de varianza, con arreglo factorial A x B completamente al azar para *M. grusonii***

Análisis de Varianza <i>M. grusonii</i>					
FV	GL	SC	CM	F	P >F
Factor A	2	4.388916	2.194458	2.1743	0.132
Factor B	2	2.888885	1.444443	1.4312	0.256
Interaccion	4	6.444427	1.611107	1.5963	0.203
Error	27	27.25	1.009259		
Total	35	40.972229			
<b>C.V. = 28.93%</b>					

Tabla de medias del factor A		Tabla de medias del factor B	
Factor A	Media	Factor B	Media
1	3	1	3.583
2	3.5833	2	3.083
3	3.833	3	3.75

Tabla de Medias de Tratamientos AB				
Factor B				
Factor A	1	2	3	Media
1	3.75	2	3.25	3
2	3.25	3.25	4.25	3.583
3	3.75	4	3.75	3.83
Media	3.583	3.0833	3.75	3.472

**Cuadro 16. Análisis de varianza, con arreglo factorial A x B completamente al azar para *M. pottsii***

<b>Análisis de Varianza</b>					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Factor A	2	0.888889	0.444444	2.8235	0.075
Factor B	2	0.222222	0.111111	0.7059	0.507
Interacción	4	0.277778	0.069445	0.4412	0.78
Error	27	4.25	0.157407		
Total	35	5.638889		<b>C.V. = 204.04%</b>	

<b>Tabla de Medias del Factor A</b>	
Factor A	Media
1	0.416667
2	0.083333
3	0.083333

<b>Tabla de medias del Factor B</b>	
Fcator B	Media
1	0.25
2	0.0833
3	0.25

<b>Tabla de medias de tratamientos AB</b>				
<b>Factor B</b>				
<b>Factor A</b>	1	2	3	<b>Medias</b>
1	0.5	0.25	0.5	<b>0.4167</b>
2	0.25	0	0	<b>0.0833</b>
3	0	0	0.25	<b>0.0833</b>
<b>Media</b>	<b>0.25</b>	<b>0.0833</b>	<b>0.25</b>	<b>0.1944</b>