



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**



1  
Zej

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**"EVALUACION DEL CRECIMIENTO INICIAL DE  
Mammillaria plumosa Web. BAJO DOS SUSTRATOS Y  
TRES FERTILIZANTES"**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO(A) AGRICOLA  
P R E S E N T A N  
AGUIRRE PLANCARTE KARIN EDGAR  
MONTALVO ALVA MARIA ANGELICA**

**ASESOR: M.C. MARIA DEL ROCIO AZCARRAGA ROSETTE  
COASESOR: BIOL. ABEL BONFIL CAMPOS**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.**

**1998**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTUDIOS SUPERIORES  
DE CUAUTITLÁN

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

I. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE  
EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FEB-CUAUTITLÁN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
"Evaluación del crecimiento inicial de Mammillaria plumosa Web. bajo dos sustratos y tres fertilizantes."

que presenta el pasante: Karin Edgar Aguirre Plancarte  
con número de cuenta: 861985-3 para obtener el TÍTULO de  
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Mex., a 20 de Mayo de 1996

PRESIDENTE M. en C. Edvino J. Vela Rojas

VOCAL M. en C. María del Rocío Ascaraga Revolto

SECRETARIO Biol. Elva Martínez Holguín

PRIMER SUPLENTE Ing. Raúl Espinosa Sánchez

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Francisco Javier Vela Martínez



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

EXAMENES PROFESIONALES

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Evaluación del crecimiento inicial de Hamillaria plumosa Web, bajo dos sustratos y tres fertilizantes."

que presenta la pasante: María Angélica Montalvo Alva  
con número de cuentas: 8610936-5 para obtener el TITULO de:  
Ingeniera Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 20 de Mayo de 1996

PRESIDENTE M. en C. Edvino J. Vega Rojas

VOCAL M. en C. María del Rocío Ascarraga Rossetto

SECRETARIO Moj. Elva Martínez Holguán

PRIMER SUPLENTE Ing. Raúl Espinosa Sánchez

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Francisco Javier Vera Martínez

## DEDICATORIAS.

- A mis padres:** Porque a ambos les debo lo que soy, ya que me han sabido guiar en este camino tan difícil y han sabido formar una gran familia, por eso los respeto, los quiero y los querré por siempre.
- A mi Papá :** Ofelio Aguirre A., por ser un luchador incansable y un ejemplo a seguir ya que nos ha sabido inculcar el oficio del trabajo honrado una herencia incalculable, deseo que esto no sea un triunfo para mi sino lo sea para ti.
- A mi Mamá:** Praxedes Plancarte, por su gran amor y cariño para nosotros, por inculcarnos los valores morales que hacen de nosotros mejores personas. Por su alegría.
- A mis hermanos:** Reina, Rene, Cusuhtémoc y Elizabeth con cariño y respeto, por su gran apoyo y unidad en los momentos más difíciles.
- A mi sobrina :** Mariana, por que para mi eres mi hermana menor y deseo que esto sea un ejemplo de motivación para el futuro. A Rocío por ser parte de nuestra familia.
- A todos :** Mis familiares que me apoyaron siempre.
- A la memoria:** De mis abuelitos Mariana, Eleuterio y Amado, siempre presentes en mi mente.
- A Angélica:** Por su cariño y amistad incondicional y por su valiosa y gran colaboración para la realización de la presente, estabón fundamental para ambos.
- A mis amigos:** Francisco Arenas Hernández y Vicente C. Madrigal R., por su desinteresada amistad.

**Dedico este trabajo...**

**A mi Papá:** Aunque mis ojos nunca te vieron en mi corazón te llevo.

**A mi Mamá :** Por su fuerza y entereza en los momentos adversos.  
Por su constante lucha por salir adelante en la vida.  
Por estar siempre con nosotros y mantenernos unidos. Por inculcarnos el respeto y el orgullo.

**A mis Hermanos (as) :** Por ser tan valientes al convertirse en adultos siendo tan niños, por su compañía y cariño. Por endulzar mi infancia lo más que pudieron.

**A Cesar:** Que más que mi hermano ha sido como un padre, que me educó en la mejor forma que le fue posible.

**A Virginia:** Mi hermana que me impulsó a seguir adelante, agradeciendo todos los sacrificios a mi nombre hechos y por estar siempre a mi lado.

**A mis sobrinos (as) :** Por tanta alegría y vitalidad que de ellos emana, deseando que cada día se superen y logren cuanto deseen luchando limpiamente.

**A Karin :** Por su sincera amistad y cariño. Por su agradable compañía y apoyo para lograr esta meta. Por tantos momentos compartidos.

## AGRADECIMIENTOS

- Agradecemos a la Universidad Nacional Autónoma de México, por darnos el privilegio de pertenecer a la máxima casa de estudios.

- A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4, por darnos una educación profesional.

- Al Instituto de Biología y al Jardín Botánico de la UNAM por donar las semillas requeridas para el desarrollo de esta tesis.

- A la M. C. Ma. del Rocío Azcarraga R. y el Biol. Abel Bonfil C. por su gran profesionalismo, sus valiosas aportaciones y sugerencias, y por brindarnos todas las facilidades para la realización de esta tesis. Por exhortarnos a seguir adelante.

- Al Biol. Jeronimo Reyes Santiago, responsable del área de Cactología del Jardín Botánico de la UNAM, por el apoyo y consejos brindados.

- Al Ing. Juan Garibay Bermudez, por su valiosas asesorías en el Análisis Estadístico de este trabajo.

**- A los profesores miembros del jurado:**

**M. C. Edvino J. Vega Rojas**

**M.C. Ma. del Rocío Azcarraga R.**

**Biol. Elba Martínez Holguín**

**Ing. Raúl Espinosa Sánchez**

**Ing. Francisco J. Vega Martínez.**

**Por sus sugerencias y comentarios para mejorar el contenido del presente trabajo.**

**- A Virginia Montalvo Alva por su valiosa y desinteresada ayuda en el trabajo mecanografiado de esta tesis.**

**- A todos los compañeros de la 15ª generación por habernos distinguido con su amistad y por los gratos momentos compartidos.**

## INDICE

	Pág.
RESUMEN	1
I INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	6
HIPÓTESIS	7
II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS CACTÁCEAS	8
2.1.1 CLASIFICACIÓN TAXÓNOMICA	8
2.1.2 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	9
2.1.3 MORFOLOGÍA	11
2.1.3.1 RAÍZ	11
2.1.3.2 ESPINAS	13
2.1.3.3 ARÉOLA	15
2.1.3.4 FLORES	15
2.1.3.5 FRUTO	16
2.1.3.6 SEMILLAS	16
2.1.4 FISIOLOGÍA	18
2.1.5 CONDICIONES ECOLÓGICAS NATURALES	21
2.1.5.1 CLIMA	21
2.1.5.1.1 TEMPERATURA	23
2.1.5.2 SUELO	23
2.1.5.2.1 pH	23
2.1.6 IMPORTANCIA ECONÓMICA	25

	Pág.
<b>2.2 CARACTERÍSTICAS DE <i>Mammillaria plumosa</i> Web.</b>	<b>28</b>
<b>2.2.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA</b>	<b>28</b>
<b>2.2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA</b>	<b>29</b>
<b>2.2.3 DISTRIBUCIÓN</b>	<b>30</b>
<b>2.2.4 CONDICIONES NATURALES</b>	<b>30</b>
<b>2.2.5 RAREZA</b>	<b>31</b>
<b>2.3 NECESIDADES NUTRICIONALES</b>	<b>32</b>
<b>2.3.1 MACRONUTRIENTES</b>	<b>32</b>
2.3.1.1 NITRÓGENO	32
2.3.1.2 FÓSFORO	33
2.3.1.3 POTASIO	33
2.3.1.4 CALCIO	34
2.3.1.5 AZUFRE	34
2.3.1.6 MAGNESIO	34
<b>2.3.2 MICRONUTRIENTES</b>	<b>35</b>
2.3.2.1 BORO	35
2.3.2.2 HIERRO	35
2.3.2.3 COBRE	35
2.3.2.4 COBALTO	35
2.3.2.5 MANGANESO	35
2.3.2.6 MOLIBDENO	35
2.3.2.7 ZINC	36
<b>2.3.3 FORMULAS DE FERTILIZACIÓN PARA         CACTÁCEAS</b>	<b>36</b>
<b>2.4 FERTILIZANTES ORGANICOS</b>	<b>37</b>

	Pág.
2.4.1 PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS	38
2.5 SUSTRATOS	41
2.5.1 DEFINICIÓN	41
2.5.2 CARACTERÍSTICAS	41
2.5.3 MATERIALES EMPLEADOS EN LA ELABORACIÓN DE SUSTRATOS	42
2.5.3.1 ARENA	42
2.5.3.2 TIERRA DE HOJA	42
2.5.3.3 MUSGO	43
2.5.3.4 VERMICULITA	43
2.5.3.5 PERLITA	43
2.5.3.6 PIEDRA PÓMEZ	43
2.5.4 MEZCLAS	44
III MATERIALES Y MÉTODOS	48
3.1 ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA EXPERIMENTAL	48
3.2 PROCEDENCIA DE LA SEMILLA	48
3.3 MEZCLAS EMPLEADAS	49
3.4 FERTILIZANTES UTILIZADOS	51
3.4.1 FORMULACIÓN Y PROPORCIÓN	52
3.5 FASE EXPERIMENTAL	54
3.5.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	54
3.5.2 TRATAMIENTOS	56

	Pág.
3.5.3 PARÁMETROS A EVALUAR	56
IV RESULTADOS	57
4.1 DISCUSIÓN	75
V CONCLUSIONES	79
SUGERENCIAS	80
VI BIBLIOGRAFÍA	81

## R E S U M E N

Las cactáceas por muchos años han sido saqueadas desmedidamente de nuestro país por consiguiente de su hábitat, generando así que muchas especies se encuentren en peligro de extinción. En México existe gran variedad de estas plantas, pero la información generada respecto a su cultivo es muy poca, por tal motivo es importante generar información específica del crecimiento y cultivo de las diferentes especies que están a un paso de la extinción.

El presente trabajo contribuye a rescatar y preservar las cactáceas endémicas de entre las cuales se ha elegido la especie Mammillaria plumosa Web., con la finalidad de evaluar su crecimiento inicial, en base a dos sustratos elaborados con peat moss, tezontle, tepojal y tepetate en diferentes proporciones, y tres fórmulas de fertilización 10-17-20, 10-13-10 y 10-20-20 de Nitrógeno-Fósforo-Potasio. Las aplicaciones de los fertilizantes se hicieron a los 120 días después de la siembra, se emplearon 3.75 ml. de los fertilizantes diluidos en 150 ml. de agua, con aplicaciones cada 15 días durante cuatro meses, para analizar el efecto de los sustratos y fertilizantes empleados se tomaron en cuenta tres parámetros: diámetro, altura de la planta y número de mamilas, para determinar el crecimiento.

Los resultados obtenidos para los sustratos indican que no existe diferencia entre el uso de uno u otro en relación al crecimiento inicial de las plantas. En cuanto a los fertilizantes se observó que estos sí modifican el crecimiento inicial de esta especie, también se observó que la mejor respuesta de las plantas

en cuanto a diámetro, altura y número de mamilas, se obtuvo al emplear la fórmula 10-20-20, de N-P-K.

## I. INTRODUCCION

México es un país que debido a su situación geográfica y al relieve con que cuenta, da origen a diversos tipos de climas que van desde los tropicales, templados hasta los áridos, originándose así una diversidad vegetal, representada por diferentes tipos de vegetación, en el país podemos observar los bosques tropicales, mesófilos o templados, así como una diversidad en zonas áridas. Y es en las zonas áridas y semiáridas donde se encuentra una de las familias más características que tiene su origen en el continente americano, estas son las Cactáceas, de esta familia en México se encuentran aproximadamente "66 géneros y unas 850 especies, 45% del total de la familia siendo el 80% endémicas lo que convierte a México en el país de mayor riqueza con respecto a esta familia" (Reyes, 1994).

El interés por las cactáceas surgió como consecuencia del descubrimiento de América ya que la familia era desconocida en Europa, así mismo la singularidad de sus especies cautivaron a naturistas, científicos y exploradores "por sus formas extravagantes, flores vistosas, frutos comestibles, tallos alimenticios y medicinales" (Bravo, 1978). Debido a esto se realizaron diversas expediciones con fines sistemáticos, lo cual incrementó el interés por esta familia y provocó un saqueo desmedido, "sin embargo fue a principios del siglo pasado cuando empezó un verdadero interés en el cultivo masivo de estas plantas y a finales del mismo surgieron grandes coleccionistas, clubes y sociedades en Europa" (Reyes, 1994). El producto de este interés despertado incrementó aún más el saqueo de plantas y semillas de cactáceas en nuestro

país, causando en la actualidad una pérdida de poblaciones de especies endémicas de México, y se han puesto a muchas otras en peligro de extinción.

Sin embargo coleccionistas y productores de otros países han reproducido estas especies en cultivo y han generado información y nuevas técnicas para sí mismos sobre el desarrollo de estas especies y así poder comercializarlas. Sin embargo en el país existe poca información con respecto al cultivo de cactáceas, por lo cual es importante desarrollar trabajos relacionados a ello, puesto que el 65% del territorio lo constituyen aproximadamente las zonas áridas y semiáridas, siendo esta familia parte importante de estas áreas.

Por las características naturales en que se encuentran las cactáceas, se comportan de forma específica en su crecimiento, debido a esto es necesario generar información sobre cada una de las especies que están a un paso de la extinción.

El presente trabajo es un intento por rescatar, preservar y conservar la especie endémica del país, Mammillaria plumosa Web., que está situada entre las cactáceas mexicanas, "citadas como raras, amenazadas o extintas" (SEDUE, 1991).

Las consideraciones mencionadas justifican la realización del trabajo según la metodología planteada, ya que no se ha encontrado información sobre la realización de trabajos similares con esta especie, ni con ninguna otra de la

familia Cactácea, por lo que se considera válido el interés de investigar y experimentar con fórmulas de fertilización en combinación con sustratos.

En este trabajo se evaluó el crecimiento inicial de Mammillaria plumosa Web, en base a dos sustratos con "peat moss", tezontle, tepojal y tepetate en diferentes proporciones, y tres fórmulas de fertilización 10-17-20, 10-13-10 y 10-20-20 de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, en proporciones 1-1.7-2, 1-1.3-1 y 1-2-2 con la finalidad de encontrar la combinación en la cual esta especie muestre su mejor respuesta en su aumento de talla y vigor.

Se pretende que la información generada sea útil en el cultivo y explotación de esta especie y así las pequeñas poblaciones que se encuentran en su hábitat natural, no sean saqueadas para su comercialización. Con esto se espera contribuir en los programas dedicados al rescate de especies endémicas de esta familia en México.

## **OBJETIVOS**

**COMPARAR EL CRECIMIENTO INICIAL DE Mammillaria plumosa Web.  
EN DOS SUSTRATOS, CONSTITUIDOS DE LOS MISMOS MATERIALES  
EN DIFERENTE PROPORCIÓN.**

**ANALIZAR EL EFECTO DE TRES FÓRMULAS DE FERTILIZANTE, CON  
N-P-K EN PROPORCIONES DE 1-1.7-2, 1-1.3-1, 1-2-2 EN EL  
CRECIMIENTO INICIAL DE Mammillaria plumosa Web.**

## **HIPOTESIS**

1.- Si el crecimiento inicial de Mammillaria plumosa Web. es lento, entonces este se verá acelerado con la aplicación de fertilizantes.

2.- Si los sustratos son específicos en el crecimiento inicial de Mammillaria plumosa Web, entonces al diversificarlos, la planta mostrará diferencias en su crecimiento.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS CACTÁCEAS

#### 2.1.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino	:	Plantae
División	:	Fanerogamae
Sub-división:		Angiospermae
*Clase	:	Dicotyledoneae
*Subclase	:	Caryophyllidae
*Orden	:	Caryophyllales
*Familia	:	Cactaceae.

(\*Jones, 1987)

## 2.1.2 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Las cactáceas son originarias de América "han tenido como escenario evolutivo, las zonas áridas y semiáridas enmarcadas en las franjas tropicales y subtropicales del continente" (Gutiérrez, 1984), "de esta forma se les puede encontrar en casi todos los tipos de vegetación a excepción de los acuáticos" (Reyes, 1994). En la actualidad se hallan en estado silvestre a lo largo y ancho de todo el continente americano, desde los 33° Norte en los estados de Alberta y Columbia Británica, en Canadá, hasta la Tierra del Fuego a los 50° de latitud Sur. (Ballesteros, 1978).

La flora cactácea se hace mas frecuente hacia el sur, en Baja California, Arizona, Nuevo México y Texas, donde pueden encontrarse como representativos los generos Echinocereus, Echinocactus, Ferocactus, Mammillaria spp. y Opuntia spp. entre otros.

En México las cactáceas alcanzan una diversidad inigualable existiendo más de 800 especies, de las cuales se estima que 700 son endémicas del país, el que posiblemente albergue la mayor cantidad de especies de las 2000, aproximadas, que forman esta familia.

Las cactáceas en México se distribuyen principalmente en los desiertos de Sonora y Chihuahua. (Bravo, 1978).

**Al paso de los años y a través del constante saqueo del que han sido objeto las cactáceas, se han introducido en Africa, Australia, Costa del Mediterráneo y hasta en la Islas Ceylán. (Tisconia, 1973).**

**En los trópicos se han encontrado cactus epifíticos, que se distribuyen ampliamente en Brasil, América Central y las Antillas. En los países de Perú y Chile se han encontrado especies de cactáceas a diferentes alturas sobre las laderas de los Andes, existiendo algunos cactus que toleran las extremadas condiciones que prevalecen a 4000 msnm llegando a tolerar 15 y 20 °C bajo cero. (Ballesteros, 1978).**

### 2.1.3 MORFOLOGÍA.

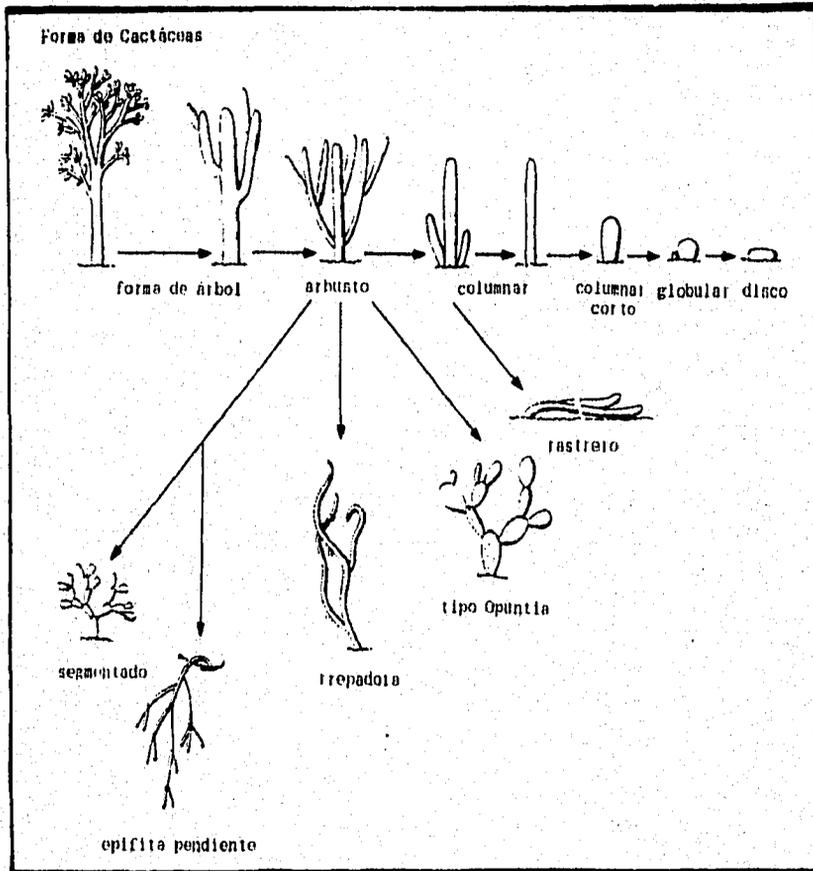
La familia Cactácea es la más numerosa e importante del grupo de plantas suculentas. Difícilmente otro grupo del reino vegetal es tan notable y raro por sus variadas y a veces extrañas formas. (Tisonia, 1973).

Así, la característica más relevante de un cactus es su forma externa. La forma y tamaño de las especies de esta familia varía mucho, existiendo desde los grandes cactus en forma de árbol que crecen 20 metros de altura o más, las plantas con vástagos solitarios a los lados, las formas globosas y los que tienen forma de discos aplanados entre otras. (figura 1).

#### 2.1.3.1 RAÍZ.

Generalmente los cactus cuentan con una raíz principal de forma cónica que se halla ramificada dando lugar a un sistema radicular esparcido encima de una amplia área y que permite explotar la humedad en un amplio terreno. Así mismo la raíz extiende sus pelillos radiculares a profundidad y así explota el agua subterránea. El sistema radicular está preparado para absorber con rapidéz el agua disponible.

Fig. 1. Forma de las especies de la familia Cactácea (Cullmann, et. al. 1986).



### 2.1.3.2 ESPINAS.

**"Las espinas son producidas por la capa epidérmica del tallo y no conectan con los tejidos leñosos internos". (Ballesteros, 1978). Las espinas con que cuentan los cactus tienen características variables en cuanto a forma existiendo desde aciculares, cónicas, curvadas, ganchudas hasta plumosas, la superficie puede ser desde lisa a estriada (figura 2). En cuanto a color éstas pueden tornarse desde el blanco hasta negro, presentando un sin fin de tonalidades.**

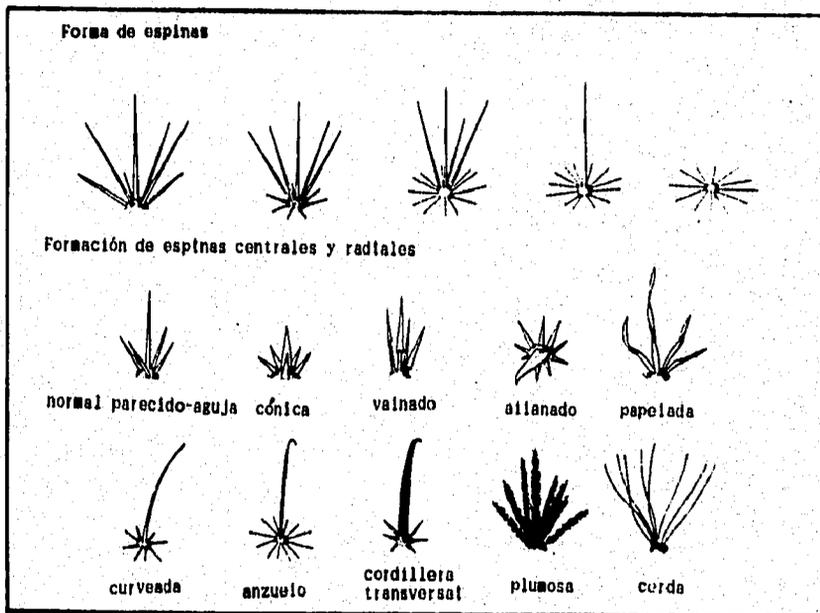
**En la mayoría de los casos pueden ser distinguidos claramente dos tipos de espinas: centrales y radiales.**

**- Las espinas centrales se localizan en medio de la aréola y sobresalen rigidamente; su propósito es de protección, son fuertes y frecuentemente de colores llamativos.**

**- "Las espinas radiales crecen desde el borde de la aréola y se extienden más o menos radialmente, son delgadas y su finalidad es la de proteger las plantas de la excesiva radiación solar". (Cullmann et. al. 1989). Generalmente las espinas radiales son de color blanco y reflejan la luz solar, con su sombra protegen el cuerpo de la planta.**

**"Otras funciones de las espinas es servir como guías para la condensación de la humedad y como un medio de transportación y dispersión vegetal". (Cante, 1989).**

Fig. 2. Formación y tipos de espinas existentes en las especies de la familia Cactáceas (Cullmann, et. al. 1986).



### 2.1.3.3 ARÉOLA.

De acuerdo con la descripción de Ballesteros (1978), la aréola es un órgano característico de las cactáceas, su forma es la de una pequeña almohadilla a menudo cubierta de pubescencia. "Las aréolas dan lugar a hojas reducidas, flores, nuevos tallos y además espinas, glóquidios, cerdas y pelos, y a veces raíces adventicias.

En casi todas las especies existe al centro de las aréolas, un meristemo de crecimiento integrado por dos porciones, la abaxial o externa, que forma las espinas, y la adaxial, que origina flores." (Bravo-Hollis, 1978).

Bravo-Hollis (1978), menciona que en Mammillaria las dos aréolas están separadas completamente desde su origen en dos meristemas aréolares independientes, uno se sitúa sobre la mamila, siendo el punto de crecimiento de espinas, mientras que el otro queda desplazado hacia la axila de la mamila, siendo éste el lugar donde se producen flores y brotes.

### 2.1.3.4 FLORES.

En la familia de las cactáceas existen varios tipos de flores, mismas que pueden encontrarse como grandes flores individuales o en masas de flores pequeñas; pueden desarrollarse sobre los costados de los tallos (cactus columnares), o bien de las aréolas. No tienen una diferenciación clara entre las piezas del cáliz y de la corola puesto que ambas son coloreadas. Las piezas del perianto

pueden estar soldadas entre sí únicamente en su parte basal, o bien pueden estar unidas a lo largo de gran parte de su longitud. (Ballesteros, 1978).

"La principal característica morfológica de las flores de cactus debe consignarse a su ovario ínfero, lo cual significa que se ubica debajo de las demás estructuras de la flor, esto puede ser visto como un medio de protección a los delicados óvulos". (Cullmann et. al. 1986) (fig. 3). Sin embargo existen algunas especies del género Pereskia que tienen ovario súpero. (Bravo-Hollis, 1978)

#### 2.1.3.5 FRUTO.

Generalmente los frutos de los cactus son bayas carnosas como las de las opuntias, aunque en algunos cactus son secas como en Echinocactus, o bien pueden ser cápsulas como los de Pterocactus. La coloración de los frutos pueden ser verde o rojiza.

#### 2.1.3.6 SEMILLAS.

Su forma y tamaño varía con las especies, aunque por lo general su diámetro no alcanza a medir un milímetro a excepción de algunos géneros como Opuntia spp. En las semillas de los cactus pueden observarse diversas formas como abarquilladas en Astrophytum, redondeadas, ovales, aplanados en Opuntia spp. y hasta arrifonadas como en Mammillaria spp. (Ballesteros, 1978).

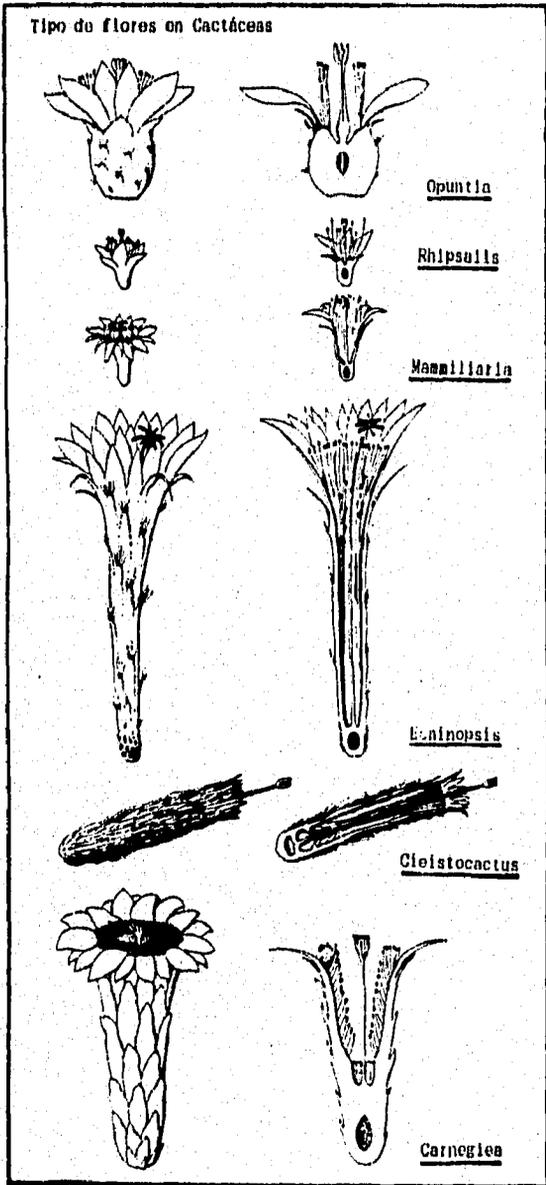


Fig. 3. tipos de flores de algunos géneros representativos de las cactáceas. ( Cullmann, et. al. 1986).

## 2.1.4 FISIOLÓGIA.

Dentro del reino vegetal las cactáceas son verdaderamente elementos asombrosos, dado que son el reflejo de años de evolución en una lucha por mantener la vida en las condiciones extremas de las zonas áridas. De esta forma las cactáceas han desarrollado adaptaciones morfológicas y fisiológicas, unidas a la constitución y funcionamiento de sus tejidos, con la finalidad de economizar y almacenar agua en las mayores proporciones posibles, aumentando así la succulencia de los órganos.

Entre las principales adaptaciones a las condiciones de zonas áridas está la epidermis de las cactáceas, constituida por una capa de células muy resistentes que forman una cubierta poco permeable al agua y a menudo segregan ceras, resinas o gomas; las células internas se recubren de lignina para preservar agua. Estas plantas a menudo también cuentan con una pelusa que "retiene el aire con objeto de aislar la superficie, mientras que los estomas están implantados en ranuras profundas para minimizar la pérdida de humedad". (Cante, 1989). También las raíces se modifican logrando un mayor crecimiento en profundidad y un amplio sistema de finas raíces.

Otras estrategias adaptativas son la formación de espinas y el engrosamiento de órganos. "Algunos tipos de cactus se han perfeccionado en el almacenamiento de agua con el desarrollo de mamilas que recorren todo el cuerpo de la planta, estas adquieren una mayor plasticidad y tanto al acumular agua como al perderla, pueden sufrir deformaciones en todas las direcciones del espacio".

(Gutiérrez, 1984); "otros cactus cuentan con tallos estriados que se expanden y contraen como acordeón, con la alternancia de las estaciones secas y húmeda". (Bedoya, 1981).

Bedoya (1981), cita que para soportar las condiciones climatológicas de las zonas áridas y semiáridas, las cactáceas cuentan con dos adaptaciones fisiológicas importantes.

1.- Debido a la elevada presión osmótica celular, aumenta la capacidad de absorber agua con rapidez.

2.- La capacidad que presenta el protoplasma celular de resistir la sequía durante períodos largos de tiempo en estado de anhidrobiosis, con la facultad de reactivar sus actividades fisiológicas cuando las condiciones de humedad sean favorables.

"Dos funciones vitales de las cactáceas se efectúan por medio de los gases contenidos en el aire. Una, la respiración, utiliza el oxígeno y libera el anhídrido carbónico. La otra, la función clorofilica, utiliza el gas carbónico y el agua para constituir los azúcares" (Rayzer, 1984). Para reducir las pérdidas de agua que ocasionan ambas funciones, las cactáceas cuentan con una característica especial que es el Metabolismo ácido crasuláceo (CAM), el cual permite que "los estomas se abran por la noche, fijándose el  $\text{CO}_2$  por el ácido fosfoenolpirúvico. El producto de esta relación es el almacenamiento nocturno del ácido málico. En el día, con los estomas cerrados para evitar excesiva

**transpiración, libera el CO<sub>2</sub> para una fijación normal vía el ciclo de Calvin".  
(Rojas, 1984).**

## **2.1.5 CONDICIONES ECOLÓGICAS NATURALES**

### **2.1.5.1 CLIMA.**

**Es claro que muchas y variadas especies de cactus populares se originan en regiones climáticas muy diferentes.**

**La mayoría de las especies pueden ser colocadas entre uno de los tipos de clima que se muestran en la siguiente tabla. Algunas especies, por ejemplo aquellas de las montañas rocosas de Norte América, no caben en uno de los seis tipos de clima, y ellos son especialmente difíciles para cultivar.**

**TIPOS DE CLIMA**

**LOCACIONES IMPORTANTES DE CACTUS**

---

1.- Tierras altas secas y clima de montaña, con con verano lluvioso y seco, invierno frío, a menudo con heladas ligeras.	Tierras altas de México, (Chihuahua, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, León Gto., México, México), Andes de Perú, Bolivia y Norte de Argentina.
2.- Clima caliente costero, con baja e irregular precipitación, caliente, sin heladas.	Baja California, desierto costero de Perú a Norte de Chile.
3.- Clima Tropical seco, calor uniforme con un período de lluvias en verano y un período seco en invierno.	Este de Brasil (Bahia, Minas Gerais).
4.- Clima subtropical húmedo, libre de heladas, clima caliente con precipitación distribuida más o menos uniforme, sin claros periodos secos.	Sureste de Brasil (Rio Grande de Sul), Uruguay, Paraguay.
5.- Desierto y semidesierto con lluvias en invierno, con largos periodos secos en verano, libre de heladas.	Centro de Chile, sur de California.
6.- Clima de Bosque lluvioso; calor uniforme y alta precipitación distribuida en todo el año.	Costa atlántica de México y Centro América, montañas costeras de las costas del Este de Brasil.

---

( Cullmann, et. al. 1986)

#### 2.1.5.1.1 TEMPERATURA.

Las cactáceas pueden tolerar amplio rango de temperatura el que va desde los 3°C como mínimo y como máximo 30°C (Huxley, 1992). Sin embargo Cullmann (1986), menciona que se han encontrado cactus en zonas que registran 52°C de temperatura, sin que las plantas muestren daños. De igual forma menciona que los cactus soportan las heladas, siempre cuando estas no sean continuas, ya que se podría dañar demasiado el fino sistema de membranas.

#### 2.1.5.2 SUELO.

Las cactáceas se desarrollan en suelos profundos y someros, derivados de sustratos rocosos y pedregosos en regiones montañosas y aluviales provenientes de rocas sedimentarias e ígneas. (Castillo, citado por Moreno, 1995). En términos generales los cactus requieren un suelo suelto, bien drenado.

##### 2.1.5.2.1 pH.

Cullmann (1986), menciona que la mayoría de los cactus prefieren suelos ácidos y no gustan de una substancial proporción de limo que empuje el valor de pH de el suelo al sector alcalino.

**En México existen grandes extensiones de suelos calcáreos, por ejemplo, en el Valle de Tehuacán, donde se encuentran varias especies de cactus, el pH del suelo es de 8.2 (Salvat, citado por Moreno 1995).**

**En 1992, Huxley, publicó un artículo en el cual menciona se han desarrollado cactus en mezclas de sustratos que poseen valores de pH entre 6.0 y 7.**

### 2.1.6 IMPORTANCIA ECONÓMICA

Desde los inicios de la historia el hombre americano de las zonas desérticas y semidesérticas, ha utilizado a las cactáceas como fuente de alimento, para la elaboración de bebidas, como medicina y materia prima para la construcción de vivienda, para elaboración de mantas toscas y para la manufactura de sus armas de caza y pesca, así como de diversas herramientas, adquiriendo estas plantas tanta importancia, que algunas de ellas llegaron a ser deificadas.

Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991), mencionan que el utilizar los diversos órganos de las cactáceas como fuente de alimento ha sido el principal uso que se ha hecho de estas plantas.

- Las raíces tuberosas de cactus como Neoevansia striata fue utilizada como verdura en época de escasez.

- Los tallos de diversas cactáceas también se utilizan como alimento, entre los principales géneros empleados se encuentran Acanthocereus, Echinocactus, Ferocactus, Mammillaria spp. y Opuntia spp., este último destaca en importancia por los diversos usos alimenticios que pueden dársele ya sea a modo de verduras en guisos y ensaladas o bien como encurtidos, confites y hasta enlatados.

- Las flores de las cactáceas en general son comestibles. Indirectamente estas flores también son útiles como fuentes de mieles y ceras elaboradas por abejas.

- Las frutas de la mayoría de las especies de cactáceas son comestibles y su importancia radica en su alto contenido de azúcares y de cantidades considerables de vitamina B, C, y E. Entre los principales géneros que producen frutos utilizados por el hombre se encuentran Carnegiea, Pachycereus, Neobuxbaumia, Myrtillocactus, Echinocereus, Ferocactus y Mammillaria, pero entre los de mayor importancia económica destacan Opuntia (nopal), Hylocereus (pitahaya) y Stenocereus (pitaya). De los frutos también se puede obtener miel de tuna y bebidas tales como el jugo de tuna y el colonche que es la fermentación de jugo de tuna.

- Las semillas de las cactáceas teóricamente son todas comestibles aunque en la actualidad es poco utilizada. La forma más común de utilizarlas es como harina.

- Las pencas de nopales, los tallos de algunos órganos, cardones y visnagas son ampliamente utilizadas como forraje, por su gran contenido de agua.

Las cactáceas también adquieren importancia por el uso que se ha hecho de ellas en la medicina, ya sea por sus propiedades farmacológicas o bien por las mágico - adivinatorias que les han sido atribuidas por shamanes, brujos o sacerdotes, en prácticas médico-religiosas.

Las propiedades medicinales de las cactáceas son conocidas en todos los países de donde son nativas y también en las distintas regiones del mundo donde han sido introducidas.

Las cactáceas también se utilizan para protección del suelo debido al sistema radicular amplio y superficial que poseen, así como su adaptabilidad a suelos inhóspitos y su resistencia a factores climáticos convirtiéndose de esta forma en excelentes medios de detener la erosión eólica y pluvial.

Estas plantas también pueden ser empleadas como mejoradoras de suelo, puesto que los pelos absorbentes de sus sistema radicular son caducos por lo que constituyen una fuente constante de materia orgánica. Las plantas enteras de nopal o en trozos son incorporadas al suelo mejorando tanto sus propiedades mecánicas como su contenido de sales de potasio.

De las cactáceas también se obtiene colorantes, sobre todo de tunas y pitayas, se extraen pigmentos betacianicos usados como colorantes de alimentos, bebidas refrescantes y productos de tocador. (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).

En las últimas décadas las cactáceas se han cultivado en jardines y se han comercializado como plantas de ornato y en macetas. (Serrano, citado por Moreno, 1995).

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DE Mammillaria plumosa Web.

### 2.21 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

*Orden	:	Caryophyllales
*Familia	:	Cactaceae
*Subfamilia	:	Cereoideae
*Tribu	:	Echinocactae
*Subtribu	:	Ferocactinae
*Línea	:	Neobesseyae
*Género	:	Mammillaria Haw.
*Subgénero	:	Mammillaria.
*Especie	:	<u>Mammillaria plumosa</u>

(\* Jones, 1987)

(\* Bravo-Hollis, 1978).

## 2.2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

***Mammillaria plumosa* Web.**, posee tallo cespitoso desde la base, globoso, de 6 a 7 cm. de altura y diámetro, mamilas dispuestas irregularmente en 8 y 13 series espiradas, cilíndricas de 12 mm. de altura y 2 a 3 mm. de espesor en la base, de consistencia suave, de color verde claro, con jugo acuoso. Axilas con lana larga, blanca, aréolas circulares, con lana muy corta, espinas radiales alrededor de 40, de 3 a 7 mm. de longitud, plumosas, suaves, tortuosas, blancas, ascendentes. Espinas centrales ninguna. Flores campanuladas, de 15 mm. de longitud y 14 mm. de diámetro; segmentos exteriores del perianto lanceolados hasta claviformes, obtusos, con el margen arriba aserrado y abajo entero, de color verde amarillento pálido, con el borde casi blanco; segmentos exteriores del perianto casi claviformes, obtusos, con el margen entero, de color blanco verdoso y verde pálido hacia la base con la línea media de color café rojizo verdoso; filamentos y estilo de color verde pálido; antera amarillo azufre; lóbulos del estigma 3 a 5, amarillo verdoso. Fruto verdoso, 15 mm. de largo y 10 mm. de ancho. semillas que miden menos de un milímetro, son foveoladas, negras. (Bravo-H. y Sánchez- M., 1991). Brian (1979), menciona que esta especie se desarrolla en colonias de forma grande, con frecuencia de 300 mm. o más en diámetro. Tallos superiores de 60 mm. de ancho, hay dos formas diferentes en cultivo, el tipo pelota en que los tallos son distintivamente redondeadas y otras formas menos atractivas en que los tallos individuales son mucho menos prominentes, también cita que los frutos son rojizos.

Son plantas fácilmente reconocidas por sus colonias de cuerpos envueltos de espinas plumosas. Florecen a finales de otoño o invierno, son sensibles al exceso de humedad. (Cullmann, et. al. 1986).

### 2.2.3 DISTRIBUCIÓN.

La especie de Mammillaria plumosa Web., es endémica de México. Bravo-H. y Sánchez-M. (1991), citan que esta especie se ha encontrado distribuida en los estados de Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila, siendo este último el de mayor incidencia; en Nuevo León ha sido colectada en el Cañón de los Muertos y en Barretillas, en Tamaulipas, al este de Ciudad Victoria y en Coahuila crece entre Saltillo y Monterrey.

### 2.2.4 CONDICIONES NATURALES.

Mammillaria plumosa Web., se encuentra en zonas que presentan temperatura media anual de 22 a 24°C y precipitación anual de 200 a 300 mm., así como a una altura entre los 1000 y 2000 m.s.n.m., y suelos de tipo litosol (suelos sin desarrollo con profundidad de 10 cm. generalmente). Bravo-H. y Sánchez-M. (1991), mencionan que esta especie crece en taludes calizos. Así mismo Borg (1976), cita que esta especie crece en las fisuras de las rocas calcáreas y sobre guijarros calcáreos, extendidas y juntas a la vez, también menciona que soportan largos periodos de sequía, las colonias están formadas por 40 a 30 tallos. La vegetación que se desarrolla en estas zonas se caracteriza por ser matorral desértico rosetofilo, comunidad vegetal donde dominan las especies con hojas en roseta con o sin espinas, generalmente acaules, aunque con

frecuencia especies arrosadas con troncos bien definidos.

### 2.2.5 RAREZA.

La singularidad de Mammillaria plumosa radica en la forma de sus espinas, pues esta especie forma parte de el grupo de Mamillarias más evolucionado en el cual las espinas tienden a ser plumosas, esta característica les permite protegerse de la intensa radiación solar, ya que el color blanco de las espinas refleja la luz y también forman una sombra evitando el excesivo calentamiento del cuerpo de la planta, reduciendo así la tasa de evapotranspiración.

Esta especie está situada entre las cactáceas mexicanas que han sido citadas como raras, amenazadas o extintas. (SEDUE, 1991). También aparece en los listados de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) como vulnerable, así por igual en el CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre) de 1992, se le registra en el apéndice uno que dice e incluye "Todas las especies en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por el comercio. El comercio de estas especies deberá estar sujeto a una reglamentación particularmente estricta y se utilizará solamente bajo circunstancias excepcionales", tales como la investigación científica (Franco, 1994). Por otra parte, de acuerdo con las consideraciones de Hernández y Godínez (1994), la especie Mammillaria plumosa Web. se encuentra en la categoría dos que se refiere a que está muy restringidamente distribuída en los estados de Coahuila y Nuevo León.

## **2.3 NECESIDADES NUTRICIONALES**

Las cactáceas se adaptan a las condiciones de su ambiente nativo por su lento crecimiento y forma compacta, su crecimiento es poco y más lento que el de otras plantas. Sin embargo requieren de un suministro de minerales especiales como toda planta que esté creciendo y floreciendo, puesto que son parte esencial en la fisiología de éstas. Con esto se desecha la idea que algunas personas tienen, de que los cactus no se alimentan ya que crecen lentamente.

"Los nutrientes requeridos por la planta en forma principal son Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Calcio y Magnesio, también se requiere de elementos traza como Boro, Hierro, Cobre, Cobalto, Manganeso, Zinc y Molibdeno estos son igualmente indispensables, pero en cantidades diminutas". (Cullmann, 1986).

### **2.3.1 MACRONUTRIENTES.**

**2.3.1.1 NITRÓGENO:** El nitrógeno en las cactáceas es requerido para las proteínas, clorofila, ácidos nucleicos y otros componentes celulares. La abundancia de este elemento origina mayor producción de clorofila y hace que los tejidos sean más ricos en agua por ende plantas más suculentas ya que se reduce la producción de fibras, la senescencia y madurez se retrasan lo que hace a la planta sensible a plagas y enfermedades. (Nobel, 1988).

Cullmann (1986), menciona que la utilización de fertilizantes ricos en nitrógeno sobre el crecimiento inicial de cactus provoca que las plantas lleguen a ser débiles y extremadamente vulnerables a enfermedades, las espinas son delgadas y de poco color, las plantas son pequeñas e igualmente las flores.

**2.3.1.2 FÓSFORO:** "Elemento indispensable para la formación de hidratos de carbono, grasas y proteínas, forma parte de ácidos nucleicos y membranas. Al fósforo se le reconoce un papel fundamental como factor de crecimiento, estimulando la germinación de semillas y favorece la actividad de ápices vegetativos y el crecimiento de raíces. El fósforo acorta la fase vegetativa y estimula la entrada a fase reproductora". (Urbano, 1991). En este aspecto juega un papel compensador con el nitrógeno.

**2.3.1.3 POTASIO:** "El potasio es el catión principal en la mayoría de las células de las plantas. Aunque no toma parte en las reacciones bioquímicas como un reactivo o un producto". (Nobel, 1988). "El potasio tiene una influencia en la permeabilidad de las membranas celulares aumenta la concentración salina e incrementa la presión osmótica de los jugos celulares, reduce la velocidad de transpiración de las plantas proporcionando mayor resistencia de las plantas a la sequía". (Urbano, 1991). Favorece la elaboración clorofílica y ayuda a formar tejidos de reserva. (Rayzer, 1984)

Cullmann (1986), menciona que el fósforo y el potasio son ambos de gran importancia para las plantas saludables. Un buen suministro de estos dos nutrientes que son fuertes promotores, provoca crecimiento compacto e incremento de la habilidad de las plantas para florecer y su resistencia al ataque de hongos, enfermedades y a condiciones frías.

2.1.1.4 **CALCIO:** Elemento que "juega un papel decisivo en la formación y funcionamiento de las membranas celulares. Neutraliza la acidez de los jugos celulares y regula los equilibrios ácido - base. Floccula los sistemas coloidales del protoplasma impidiendo su dispersión. Plasmoliza la célula vegetal, pues activa la eliminación de agua por aumento de la transpiración, en este sentido se opone a la acción de los iones  $K^+$  y  $Na^+$ , que tienen efectos turgentes". (Urbano, 1991), "El calcio es un componente importante en la pared celular donde facilita la encuadernación de una célula a otra". (Nobel, 1988).

2.3.1.5 **AZUFRE:** "Es parte constituyente de las proteínas, forma parte de las vitaminas (Biotina) y también se encuentra en la coenzima A." (Rojas y Rovalo, 1985).

2.3.1.6 **MAGNESIO:** "El magnesio es absolutamente esencial, pues forma el núcleo de la clorofila". (Rojas y Rovalo, 1985). "Forma parte constituyente de los pectatos, es abundante en las semillas, tejido meristemático y frutos". (Rodríguez S. 1982).

## **2.3.2 MICRONUTRIENTES**

**2.3.2.1 BORO:** "Los iones de borato forman compuestos polihidroxilados de interés en el transporte y utilización de azúcares en la planta. Cataliza la síntesis de materiales constituyentes de la pared celular". (Urbano, 1991).

**2.3.2.2 HIERRO:** "Cataliza la biosíntesis de la clorofila. Forma parte de diversos cromoproteídos, interviene en reacciones fundamentales de oxidación-reducción, forma parte de enzimas (como la catalasa y peroxilasa) y sustancias metabólicas como los citocromos y ferredoxina". (Rodríguez, 1982).

**2.3.2.3 COBRE:** Interviene en la biosíntesis de la clorofila al igual que el hierro y el manganeso, es necesario para la reducción de nitratos. (Urbano, 1991).

**2.3.2.4 COBALTO:** Es funcional en coenzimas, pero puede ser sustituible. (Rojas y Rovaló, 1985).

**2.3.2.5 MANGANESO:** "Participa en sistemas enzimáticos de oxidación-reducción, interviene en la síntesis de proteínas, coopera con el hierro en la síntesis de la clorofila y estimula la fotosíntesis". (Urbano, 1991).

**2.3.2.6 MOLIBDENO:** Es indispensable para la formación del ácido ascórbico, forma parte de la enzima nitrato-reductasa. (Urbano, 1991).

**2.3.2.7 ZINC:** "Es un activador de enzimas muy esencial, interviene en procesos metabólicos como en la formación de sustancias de crecimiento". (Nobel, 1988).

### **2.3.3 FORMULAS DE FERTILIZACIÓN PARA CACTÁCEAS**

Para el cultivo de cactáceas se han empleado diferentes fórmulas de fertilización, dentro de las cuales se pueden mencionar :

- 1.- Storms (1986), recomienda fertilizante soluble bajo en nitrógeno. 10-30-20, N-P-K respectivamente.
- 2.- Huxley (1992), sugiere fertilizar con N-P-K en proporción 1:1:1 y algunos elementos traza.
- 3.- Ballesteros (1978), considera adecuado fertilizar con N-P-K 12-20-30 ó bien 15-20-30 .
- 4.- Rayzer (1984), sugiere fertilizaciones en 10-20-20 de N-P-K respectivamente.

Cabe mencionar que estas fertilizaciones son recomendadas para cactáceas adultas.

## 2.4 FERTILIZANTES ORGÁNICOS

La fuente fundamental de la materia orgánica es compuesta por residuos de vegetales y animales que se encuentran en la superficie del suelo, constituyendo el mantillo u hojarasca, cada uno de estos componentes tienen una composición química específica.

Fassbender, citado por Zambrano (1994), menciona que los restos vegetales y animales son polímeros de compuestos orgánicos, que son degradados y despolimerizados hasta sus constituyentes básicos formando componentes inorgánicos (Nitrógeno, Fósforo, Azufre), se le da el nombre de Mineralización a este proceso y los productos orgánicos resultantes constituyen la fracción de materia orgánica no alterada. A través del proceso de humificación subsiguiente y síntesis microbiológicas se producen nuevos componentes de color oscuro y un alto grado de polimerización.

La materia orgánica se conforma de diferentes fracciones las cuales son: materia húmica, huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.

a).- Materia húmica: Se conforma por la fijación de amoníaco en complejos de lignina de color marrón, pardo y amarillo. (Kononova. 1982),

b).- Huminas: Es la fracción húmica que no puede ser extraída del suelo por dilución ácida o básica.

c).- **Ácidos húmicos:** Son sustancias polímeras coloidales, compuestas de unidades poli estructurales (polímeros), las cuales están constituidas de unidades mono estructurales (monómeros). (Kononova, 1982).

d).- **Ácidos fúlvicos:** Están compuestos por polisacáridos, ácidos uránicos y aminados, y compuestos fenólicos, se encuentran asociados en el suelo a los ácidos húmicos por uniones fácilmente hidrolizables. (Urbano, 1991).

#### 2.4.1 PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS.

Kononova (1982), citado por Zambrano en 1994, menciona que los ácidos húmicos y fúlvicos efectúan funciones importantes en las plantas y el suelo, de las cuales se pueden mencionar:

**En las plantas:**

- Los ácidos húmicos regulan el estado oxido-reductor del medio donde se desarrollan las plantas.
- Entrando en la planta en las fases tempranas de su desarrollo, los ácidos húmicos son una fuente adicional de polifenoles que sirven de catalizadores de la respiración.

- Los ácidos húmicos y fúlvicos ejercen un efecto estimulante en la formación de raíces.

- Las sustancias húmicas influyen en la estructura anatómica y en particular aceleran la diferenciación del punto de crecimiento.

- En presencia de ácidos húmicos aumenta la permeabilidad de las membranas vegetales.

- Las sustancias húmicas inducen a un mayor contenido de agua en las plantas y una menor tasa de pérdida de agua.

En el suelo:

- Los ácidos húmicos inmovilizan las sustancias minerales y la unión por medio de cationes intercambiables de materia orgánica, con la fracción orgánica bloquean posiciones de cambio y así puede ocurrir que la destrucción de dicha materia aumente la capacidad de intercambio catiónico (CIC), en el suelo.

- El ácido húmico tiene efecto sobre la quelatación de los nutrientes, así como un efecto favorable para la captación y retención de humedad.

- Los ácidos húmicos y fúlvicos contribuyen a la formación de estructura en los suelos.

**Las sustancias húmicas han sido utilizadas en diferentes cultivos tales como la cebada, lechuga, maíz, avena, rábano y trigo con la finalidad de incrementar la germinación de las semillas obteniendo buenos resultados, también incrementan los rendimientos de estos cultivos y de otros, como la calabaza, arroz y tomate, así como en pastos obteniendo de un 12 a más de 100 % de aumento.(Ing. Raúl Espinoza, Com. Pers.). Sin embargo estas sustancias no han sido evaluadas en plantas suculentas y cactáceas.**

## **2.5 SUSTRATOS**

### **2.5.1 DEFINICIÓN.**

**Un sustrato se define como medio adecuado para el crecimiento y desarrollo de las raíces de la planta. (Hartman y Kester, 1989).**

**Normalmente un sustrato se compone de partículas de diferente tamaño, dependiendo de éste, el contenido de aire y agua varia en forma notable. (Verdnock , citado por Olmos y Rodríguez 1992).**

### **2.5.2 CARACTERÍSTICAS**

**Para el desarrollo de un cactus el sustrato debe reunir características favorables de las cuales se podrían mencionar:**

- 1.- El sustrato debe de ser suficientemente firme para sostener al cactus.**
- 2.- Debe ser muy poroso para que permita el intercambio gaseoso o buena aereación indispensable para la respiración radicular.**
- 3.- Que cuente con capacidad de infiltración y retención de agua, para que el cactus no muera por exceso o falta de humedad.**

4.- Una adecuada textura de tal manera que permita el desarrollo de las raíces en el sustrato, ya que la compactación limita el buen desarrollo de las raíces.

5.- No debe tener un alto nivel de salinidad ya que esto limita el desarrollo de la raíz.

### 2.5.3 MATERIALES EMPLEADOS EN LA ELABORACIÓN DE SUSTRATOS.

En la elaboración de sustratos para el cultivo de cactáceas, existen algunos materiales que se emplean en la propagación de cactus, dentro de los cuales encontramos los siguientes:

2.5.3.1 ARENA. La arena está formada por pequeños granos de piedra refinada por la intemperización o trituración artificial de diversas rocas (Hartman y Kester, 1985). Las arenas varían en su contenido mineral dependiendo de la roca que la originó; varía en tamaños de 0.2 a 5mm. de diámetro, se utiliza arena en las mezclas para mejorar la estructura y densidad aparente, no libera nutrientes, no tiene capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene drenaje rápido y baja retención de agua.

2.5.3.2 TIERRA DE HOJA. Se forma mezclando capas de hojas con capas delgadas de tierra, esta mezcla es rica en nutrientes, mantiene una aceptable porosidad, un buen drenaje y cuenta con un pH ácido.

**2.5.3.3 MUSGO.** Es un material orgánico que está formado por restos de vegetación acuática en descomposición parcial, los diferentes tipos de musgo se diferencian por la especie vegetal y condiciones climáticas que la originan (Bunt, citado por Olmos y Rodríguez, 1992). Generalmente el musgo es de naturaleza ácida, aunque se encuentran en ocasiones entre muy ácida a algo alcalino, el musgo libera nutrimentos y puede retener hasta quince veces su peso en agua, este material tiene buena porosidad y alta capacidad de intercambio cationico.

**2.5.3.4 VERMICULITA.** La vermiculita es un mineral micáceo que se expande mucho al calentarlo, esta característica lo hace muy liviano, posee una reacción neutra con buenas propiedades de amortiguamiento, es insoluble al agua y puede absorber grandes cantidades de ésta, tiene una elevada CIC, por lo que puede mantener nutrientes en reserva y liberarlos después; contiene suficiente magnesio y potasio para aprovisionar a las plantas (Hartman y Kester 1989), tiene una elevada porosidad y una adecuada relación de aire.

**2.5.3.5 PERLITA.** Es un aluminio silicatado de origen volcánico, es muy ligera y estéril, con un pH neutro, retiene de tres a cuatro veces su peso de agua, no tiene CIC, ni contribuye con nutrientes, tiene un buen drenaje. (Hartman y Kester. 1989)

**2.5.3.6 PIEDRA PÓMEZ.** Es bióxido de silicio y óxido de aluminio, con pequeñas cantidades de hierro, calcio, magnesio y sodio en forma de óxidos. ésta aumenta en las mezclas la aereación y el drenaje.

#### 2.5.4 MEZCLAS.

Es difícil de determinar cuáles materiales son los idóneos para las mezclas a utilizar en la propagación de cactus, un sustrato adecuado para el desarrollo de una cactácea va a depender de factores, tales como los requerimientos de las especies de cactus a cultivarse, la disposición de materiales con que se cuente para las mezclas, el volumen de la maceta a utilizar, sin embargo por lo regular se trata de elaborar mezclas que estén acorde con un suelo natural de un cactus, se sabe que los cactus tienden a crecer en tierras arenosas y lo hacen menos en las arcillosas.

Rayzer (1984), menciona que los conceptos relativos a la elección del compuesto o sustrato han sufrido cambios profundos en las últimas décadas, ya que antiguamente los cactus se cultivaban en tierras compuestas casi exclusivamente de arenas ricas en cal y pobres en elementos nutritivos; sin embargo actualmente se ha llegado a conclusiones muy distintas.

Para el cultivo de cactáceas se ha utilizado una gran cantidad de mezclas, y se han desarrollado también en una multitud de sustratos, en los cuales tiene como característica buen drenaje, una alta porosidad, textura, no muy pesada y un pH ligeramente ácido. Cullmann (1986), comenta que el aspecto crucial de un sustrato es la estructura, debe ser profundamente permeable, no debe ser de granos demasiados finos, no ser compactos y podría ser ligeramente ácido.

Las cactáceas se han cultivado en un sin número de sustratos de los que se menciona algunos que se han utilizado:

- a) 1 parte de peat moss  
3 partes de grava fina (Storms, 1986)
- b) 1/2 de peat moss  
1/2 de vermiculita (Storms, 1986)
- c) Pura arena con un poco de tierra negra arcillosa.
- d) 7 partes de tierra negra  
3 partes de peat moss (turba)  
2 partes de arena (Haage, 1983)
- e) 1/3 de arena de río  
1/3 de mantillo  
1/3 de tierra negra  
Todo tamizado, llamado compuesto estandar  
  
(Rayzer, 1984).

f) 1 parte de turba  
1 parte de tezontle fino  
1 parte de tepojal  
1 parte de agrolita (Reyes, 1994).

g) 1 parte de turba  
1 parte de vermiculita  
1 parte de tierra negra  
1 parte de tepojal fino o tezontle (Reyes, 1994).

Moreno (1995), menciona que los sustratos se harán según las necesidades de las especies por lo que cita que las mezclas más adecuadas para las cactáceas columnares se componen de :

1 parte de arcilla  
1 parte de arena (gránulos medios y grandes)  
1 parte de tierra de hoja.

Para las cactáceas globosas distintos tipos de sustratos que se componen de:

- 1 parte de tierra de hoja o negra  
2 partes de tezontle o tepetate
  
- 3 partes de tepojal, tezontle o grava  
1 parte de tierra de hoja

- 47 -

- 3 partes de arena  
1 parte de tierra.

**Sin embargo estas y otras mezclas se han utilizado cambiando únicamente los materiales y las proporciones de los mismos.**

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA EXPERIMENTAL

El área experimental se encuentra ubicada en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, situada en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, a una altitud de 2250 msnm, con un clima C (W) b (1'); templado el mes más seco de los subhúmedos, con lluvia en verano, e invierno seco, según el sistema de Köppen modificado por García.

El presente trabajo de investigación se realizó en una nave con cubierta plástica tipo túnel, la cual se acondicionó con una malla plástica de sombra al 50%.

#### 3.2 PROCEDENCIA DE LA SEMILLA.

Las semillas de Mammillaria plumosa Web. fueron donadas por el Jardín Botánico del Instituto de Biología UNAM. Estas semillas se colectaron en la localidad de "La Rinconada", lugar situado entre Saltillo y Monterrey, a una altitud de 1800 msnm, el día 20 de junio de 1994.

### 3.3 MEZCLAS EMPLEADAS.

En las mezclas se utilizaron los materiales: Peat moss (Farfad), tezontle, tepojal, tepetate y arena para la construcción en las siguientes proporciones:

#### Sustrato "A<sub>1</sub>"

PROPORCIÓN	MATERIAL	DIÁMETRO DE MATERIAL
1	Peat moss	
1	Tezontle fino	(0.25 del tamiz)
1	Tepojal fino	(0.25 del tamiz)
0.25	Tepetate fino	(0.25 del tamiz)
0.50	Tezontle grueso	(0.50 del tamiz)
0.50	Tepojal grueso	(0.50 del tamiz)

El sustrato "A<sub>1</sub>" tuvo un pH de 7.8

#### Sustrato "A<sub>2</sub>"

0.50	Peat moss	
1	Tezontle fino	(0.25 del tamiz)
1	Tepojal fino	(0.25 del tamiz)
0.10	Tepetate fino	(0.25 del tamiz)
0.10	Arena de const. fina	(0.25 del tamiz)
0.50	Tezontle grueso	(0.50 del tamiz)
0.50	Tepojal grueso	(0.50 del tamiz)

El sustrato "A<sub>2</sub>", tuvo un pH de 6.7

Para el desarrollo del experimento se utilizaron charolas con domo, de 20 cm. de largo por 15 cm. de ancho y 9 cm. de profundidad, para proporcionar un microambiente húmedo necesario en la germinación; en dichas charolas se colocaron los sustratos ya antes mencionados previamente esterilizados y se humedecieron con agua estéril a punto de saturación de campo. A la par de este procedimiento las semillas se trataron de acuerdo al método recomendado por Reyes (1994), que consiste en la imbibición de las semillas en agua caliente a 50° C por 5 minutos y se dejaron en el agua por 24 horas, posteriormente las semillas se desinfectaron con una solución fungicida (utilizando Captan 1 gr. en 100 ml. de agua destilada), para proceder a la siembra, a razón de 20 semillas por charola, una vez sembradas se colocó el domo y se sellaron con una película plástica para evitar la pérdida de humedad, sobre estas se colocó una malla que permitió el paso de la luz solar en un 50%.

### 3.4 FERTILIZANTES UTILIZADOS.

#### DESCRIPCIÓN.

En las fórmulas de fertilización que se emplearon, se tomó como base el fertilizante comercial HUMIFERT que posee una formulación N-P-K de 10-5-5. De acuerdo a su etiqueta la composición del fertilizante HUMIFERT es:

ELEMENTOS MAYORES:	% EN PESO
Nitrógeno .....	10%
Fósforo ( $P_2 O_5$ ) .....	5%
Potasio ( $K_2 O$ ) .....	5%
Acidos Húmicos .....	3%
<b>ELEMENTOS SECUNDARIOS</b>	<b>g/lt.</b>
Azufre .....	1.5
Calcio .....	0.25
Magnesio .....	0.25
<b>MICROELEMENTOS</b>	<b>g/lt.</b>
Hierro .....	0.6
Zinc .....	0.8
Manganeso .....	0.4
Cobre .....	0.4
Boro .....	0.4
Molibdeno .....	0.05
<b>FITOHORMONA</b>	<b>ppm</b>
(Ac. giberélico) .....	6.25
Vitamina B (Tiamina) .....	2.25

La formulación de este fertilizante se complementó con la finalidad de obtener variaciones en los niveles de Fósforo y Potasio, ya que esto fue el objetivo de este trabajo.

Para tales modificaciones se emplearon:

- Fosfato monobásico de potasio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), que posee 39% de K y 31% de P.
- Ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), con una pureza del 85%, posee 45% de P.

#### 3.4.1 FORMULACIÓN Y PROPORCIÓN.

En este experimento se utilizó como fertilizante base a Humifert con una proporción 1-0.5-0.5; las proporciones a las que se deseaba llegar eran 1-1.7-2, 1-1.3-1 y 1-2-2 de nitrógeno, fósforo y potasio; para lo cual se empleó fosfato monobásico de potasio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) y ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) en diferentes cantidades, tal como se presentan en el siguiente cuadro.

PROPORCIONES Y FORMULACIÓN	CANTIDAD DE $\text{KH}_2\text{PO}_4$ (gr)	CANTIDAD DE $\text{H}_2\text{PO}_4$ (ml)
1-1.7-2 $B_1 = (10-17-20)$	38.46	0.20
1-1.3-1 $B_2 = (10-13-10)$	12.82	10.52
1-2-2 $B_3 = (10-20-20)$	38.46	8.05

Las cantidades de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  y  $\text{H}_2\text{PO}_4$  señaladas en el cuadro, se aforaron a 100 ml. con Humifert. Es decir en un matraz se depositaron 38.46 gr. de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , subsecuentemente se agregaron 0.20 ml. de  $\text{H}_2\text{PO}_4$ , posteriormente se aforó con Humifert hasta obtener 100 ml., para así lograr la proporción 1-1.7-2 de N-P-K. el mismo procedimiento se siguió para las dos proporciones restantes.

Para evitar problemas de sobredosis, las fórmulas obtenidas se diluyeron al 0.5% (En 10 lt. de agua por 50 ml. de fertilizante elaborado), para su aplicación en los tratamientos.

### 3.5 FASE EXPERIMENTAL

#### 3.5.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el desarrollo del trabajo se empleó un diseño experimental bifactorial 2 x 4 con un arreglo combinatorio y una distribución completamente al azar, el cual se conformó de la siguiente manera.

TESTIGO FERTILIZANTE		FERTILIZANTE	FERTILIZANTE
B <sub>1</sub> (1-1,7-2)		B <sub>2</sub> (1-1.3-1)	B <sub>1</sub> (1-2-2)
FACTORES			
SUSTRATO A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	(A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> )	(A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> )
SUSTRATO A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	(A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> )	(A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> )

Se realizaron seis tratamientos con dos repeticiones cada uno, siendo dieciocho unidades experimentales, con un testigo por sustrato, el que tuvo dos repeticiones, resultando un total de veinticuatro unidades experimentales. Cada unidad experimental se conformó de 20 plantas, dando un total de 480 plantas.

BLOQUES.

I	II	II	IV
R <sub>1</sub> a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	R <sub>3</sub> a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	R <sub>2</sub> a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	Tes. <sub>2</sub> a <sub>2</sub>
R <sub>3</sub> a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	Tes. <sub>3</sub> a <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	R <sub>3</sub> a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>
R <sub>3</sub> a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	R <sub>1</sub> a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	R <sub>3</sub> a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	R <sub>1</sub> a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>
Tes. <sub>1</sub> a <sub>1</sub>	R <sub>2</sub> a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	Tes. <sub>3</sub> a <sub>1</sub>	R <sub>2</sub> a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>
R <sub>1</sub> a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	R <sub>2</sub> a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	R <sub>1</sub> a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>
Tes. <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	R <sub>3</sub> a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	R <sub>1</sub> a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	Tes. <sub>2</sub> a <sub>1</sub>

Nda repetición

R<sub>1</sub>

a<sub>1</sub> b<sub>2</sub>

Tratamiento

### 3.5.2 TRATAMIENTOS

La aplicación de los tratamientos se llevó a cabo a los 120 días de haberse sembrado las semillas, la aplicación del fertilizante se efectuó al momento del riego y éste se realizó cada quince días por un lapso de cuatro meses.

En el riego de las charolas se aplicó 150 ml. de la solución preparada al 0.5%. Los testigos se regaron solamente con agua.

### 3.5.3 PARÁMETROS A EVALUAR.

Para determinar las diferencias existentes entre los tratamientos se evaluaron en Mammillaria plumosa Web, los siguientes parámetros:

-- Diámetro de planta. Para evaluar este parámetro se hizo uso de un vernier, colocándolo del extremo derecho al extremo izquierdo sobre el borde de las espinas.

-- Altura de planta. Este parámetro se evaluó empleando un vernier, el cual se colocó de la base de la planta hasta el borde superior de las espinas.

-- Número de mamilas por planta. Se considera que este parámetro es indicador de vigor en Mammillaria spp. ( Reyes, 1995, Com. Per.).

## RESULTADOS

Para la realización del experimento se trató de obtener plantas que fuesen lo más homogéneas posible, por lo que se pusieron a germinar 480 semillas de Mammillaria plumosa Web., en dos tipos de sustrato A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>, (1) colocando en cada uno 240 semillas, en condiciones homogéneas de temperatura, humedad y luz. De esta forma a los 40 días se logró la germinación en un 95 % del total de semillas. En el sustrato A<sub>1</sub> se obtuvo mayor germinación en un 98 %, en comparación al sustrato A<sub>2</sub> que contó con un 93 % de germinación.

---

(1) Sustratos: A<sub>1</sub> = En proporciones: 1 Past moss, 1 Tezontle fino, 1 Repojal fino, 0.25 Tepatate fino, 0.50

Tezontle grueso, 0.50 Tapojal grueso.

A<sub>2</sub> = En proporción: 0.50 Past moss, 1 Tezontle fino, 1 Tapojal fino, 0.10 Tepatate fino, 0.50

Tezontle grueso, 0.50 Tapojal grueso, 0.10 Arena de construcción

Obtenidas las plantas, a los 120 días después de la siembra, se iniciaron las aplicaciones de los fertilizantes (2), proporcionando 150 ml., de las soluciones preparadas cada 15 días, por charola. Durante el periodo de fertilización se presentaron problemas de algas en ambos sustratos, teniendo mayor incidencia en el sustrato A<sub>1</sub>; este problema fue controlado aireando las charolas y exponiéndolas al sol gradualmente. Una vez efectuadas las fertilizaciones por cuatro meses, que son considerados como esenciales en el crecimiento inicial de Mammillaria plumosa Web., se procedió a tomar las medidas de los parámetros: diámetro, altura y se contabilizó en número de mamilas; estos datos permitieron observar que en los sustratos A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>, considerados también como testigos en referencia a los fertilizantes, el crecimiento de las plantas fue similar, así mismo al comparar los resultados referentes a los fertilizantes empleados se encontró que en las charolas en las que se aplicó el fertilizante B<sub>1</sub>, las plantas mostraron una mejor respuesta a los parámetros evaluados, observándose más vigorosas en comparación a las plantas de las charolas en las que se aplicaron los fertilizantes B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>.

---

(2) Fertilizante: B<sub>1</sub> = (10-17-20) de N-P-K, B<sub>2</sub> = (10-13-10) de N-P-K y B<sub>3</sub> = (10-20-20) de N-P-K respectivamente.

Con la finalidad de validar los resultados se efectuó un análisis de varianza (ANOVA), el que permite determinar cómo las variables (sustrato y fertilizante), interactúan y afectan a la respuesta del crecimiento de Mammillaria plumosa Web., en los parámetros diámetro, altura y número de mamilas.

En los análisis de varianza se observa que existe una diferencia muy significativa entre los tratamientos (3), lo que indica que son realmente distintos entre sí.

En relación a la variable sustratos A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> los análisis de varianza y pruebas de medias de Tukey, indican que no existe diferencia significativa entre los sustratos, siendo homogéneos los resultados para las plantas en los parámetros de crecimiento evaluados. (Cuadros N° 1,2,4,5,7,8).

En cuanto a los tipos de fertilizante los análisis de varianza indican que en el parámetro diámetro se registra una diferencia altamente significativa; en los parámetros altura y número de mamilas se observa diferencia muy significativa entre los fertilizantes; esto indica que los fertilizantes utilizados sí modifican el crecimiento inicial de la especie en estudio, pero también muestra que se comportan en forma diferente. (Cuadros N° 1, 4, 7)

---

(3) Tratamientos: Testigo, A<sub>1</sub> B<sub>1</sub>, A<sub>1</sub> B<sub>2</sub>, A<sub>1</sub> B<sub>3</sub>, A<sub>2</sub> B<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> B<sub>2</sub>, A<sub>2</sub> B<sub>3</sub>.

Con la finalidad de conocer las diferencias mínimas significativas honestas existentes entre los fertilizantes utilizados se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey para cada parámetro evaluado en relación a los fertilizantes empleados.

En el parámetro diámetro la prueba de Tukey indica que no hay diferencia significativa entre el fertilizante B<sub>1</sub> y el testigo, mientras que en los fertilizantes B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> sí existe diferencia mínima significativa con relación al testigo. Numéricamente en esta prueba se observa que el mejor desarrollo de la planta, en cuanto al diámetro, fue dado al emplear el fertilizante B<sub>1</sub>. (Cuadro N° 3).

En la prueba de comparación de medias realizado para analizar el efecto de los fertilizantes en el parámetro altura se observa que no existe diferencia mínima significativa entre el fertilizante B<sub>1</sub> y el testigo, sin embargo sí existe diferencia mínima significativa entre el testigo y los fertilizantes B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>. Al igual que en el parámetro anterior, el fertilizante B<sub>1</sub> dió el mejor resultado en la altura obtenida por las plantas. (Cuadro N° 6).

La prueba de medias de Tukey realizada para evaluar la diferencia existente entre los fertilizantes y el testigo, en relación al número de mamilas, se obtiene que los fertilizantes B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> no muestran diferencia significativa en comparación al testigo. Sin embargo se observó que entre el fertilizante B<sub>1</sub> y el testigo sí existe diferencia significativa, esto demuestra que al igual que en los

parámetros anteriores las plantas dieron su mejor respuesta en el número de mamilas al emplear el fertilizante B). (Cuadro N° 9)

En los análisis de varianza realizados para cada parámetro se observa que en las interacciones Sustrato\*Fertilizante, no existe diferencia significativa, mostrando así que los sustratos empleados no modifican el efecto de los fertilizantes utilizados y de igual forma estos fertilizantes no intervienen en el efecto de los sustratos. (Cuadros N° 1, 4, 7)

parámetros anteriores las plantas dieron su mejor respuesta en el número de mamilas al emplear el fertilizante B<sub>1</sub>. (Cuadro N° 9)

En los análisis de varianza realizados para cada parámetro se observa que en las interacciones Sustrato\*Fertilizante, no existe diferencia significativa, mostrando así que los sustratos empleados no modifican el efecto de los fertilizantes utilizados y de igual forma estos fertilizantes no intervienen en el efecto de los sustratos. (Cuadros N° 1, 4, 7)

## **DIÁMETRO DE LA PLANTA**

**CUADRO 1. ANÁLISIS DE VARIANZA.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;</b>
<b>Trat</b>	<b>7</b>	<b>0.3659</b>	<b>0.0523</b>	<b>4.53**</b>	<b>0.0059</b>
<b>Sustratos</b>	<b>1</b>	<b>0.0009</b>	<b>0.0009</b>	<b>0.08 N.S.</b>	<b>0.7852</b>
<b>Fertilizantes</b>	<b>3</b>	<b>0.3253</b>	<b>0.1084</b>	<b>9.39***</b>	<b>0.0008</b>
<b>Sus*Fer</b>	<b>3</b>	<b>0.0397</b>	<b>0.0132</b>	<b>1.15 N.S.</b>	<b>0.3600</b>
<b>Error</b>	<b>16</b>	<b>0.1847</b>	<b>0.0115</b>		
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>0.5506</b>			
<b>Total</b>	<b>C.V. =</b>	<b>9.0203</b>			

**FV = Fuente de variación**

**GL = Grados de Libertad**

**SC = Suma de cuadrados**

**CM = Cuadrado medio**

**FC = F Calculada (Fisher, calculada)**

**Pr = F De tablas (Fisher de tablas)**

**C.V. = Coeficiente de variación**

**- Niveles de significancia.**

**\* Significativo**

**\*\* Muy Significativo**

**\*\*\* Altamente Significativo**

**N.S. No significativo**

**SUSTRATOS.**

**CUADRO 2. PRUEBA DE TUKEY AL 5%.**

TUKEY	MEDIAS	SUS
A	1.1973	A <sub>1</sub>
A	1.1851	A <sub>2</sub>

Diferencia mínima significativa = 0.093. "Letras iguales indican que no existe diferencia mínima significativa honesta".

**FERTILIZANTES**

**CUADRO 3. PRUEBA DE TUKEY AL 5%.**

TUKEY	MEDIAS	FERTILIZANTES
A	1.3246	B <sub>1</sub> (1-2-2)
A	1.2499	B <sub>1</sub> (1-1.7-2)
B A	1.1804	B <sub>2</sub> (1-1.3-1)
B	1.0099	Test. (0-0-0)

Diferencia mínima significativa = 0.17749.

### **ALTURA DE LA PLANTA**

**CUADRO 4. ANÁLISIS DE VARIANZA.**

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Trat.	7	0.5087	0.0727	4.03*	0.0099
Sustratos	1	0.0004	0.0004	0.02 N.S.	0.8801
Fertilizantes	3	0.4072	0.1357	7.53**	0.0023
Sus*Fer.	3	0.1011	0.0337	1.87 N.S.	0.1754
Error	16	0.2883	0.0180		
Total	23	0.7971			
	C.V. =	9.7836			

### **SUSTRATOS**

**CUADRO 5. PRUEBA DE TUKEY AL 5%.**

TUKEY	MEDIAS	SUS
A	1.3763	A <sub>2</sub>
A	1.3679	A <sub>1</sub>

Diferencia mínima significativa 0.11619

**FERTILIZANTES**

**CUADRO 6. PRUEBA DE TUKEY AL 5%.**

<b>TUKEY</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>FERTILIZANTES</b>
<b>A</b>	<b>1.5103</b>	<b>B<sub>1</sub> (1-2-2)</b>
<b>A</b>	<b>1.4639</b>	<b>B<sub>1</sub> (1-1.7-2)</b>
<b>B A</b>	<b>1.3406</b>	<b>B<sub>2</sub> (1-1.3-1)</b>
<b>B</b>	<b>1.1738</b>	<b>Test. (0-0-0)</b>

**Diferencia mínima significativa 0.22175**

**NÚMERO DE MAMILAS DE LA PLANTA.**

**CUADRO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA.**

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Trat.	7	131.1912	19.7416	2.80*	0.0420
Sust.	1	0.0102	0.0102	0.00 N.S.	0.9693
Fertilizantes	3	107.4699	35.8233	5.34**	0.0096
Sus*Fer.	3	23.7110	7.9036	1.18 N.S.	0.3488
Error	16	107.2522	6.7032		
Total	23	238.4434			
	C.V. =	10.4626			

**SUSTRATOS**

**CUADRO 8. PRUEBA DE TUKEY, AL 5%.**

TUKEY	MEDIAS	SUS
A	24.767	A <sub>2</sub>
A	24.725	A <sub>1</sub>

Diferencia mínima significativa 2.2408

**FERTILIZANTES**

**CUADRO 9. PRUEBA DE TUKEY AL 5%.**

<b>TUKEY</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>FERTILIZANTES</b>
<b>A</b>	<b>27.651</b>	<b>B<sub>1</sub> (1-2-2)</b>
<b>B A</b>	<b>25.323</b>	<b>B<sub>1</sub> (1-1.7-2)</b>
<b>B A</b>	<b>24.245</b>	<b>B<sub>2</sub> (1-1.3-2)</b>
<b>B</b>	<b>21.765</b>	<b>Test. (0-0-0)</b>

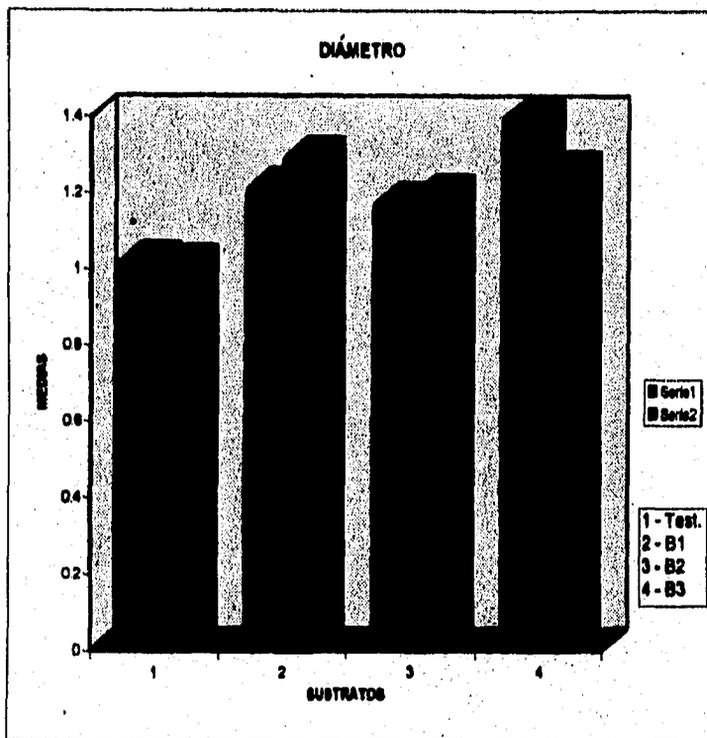
**Diferencia mínima significativa 4.2767**

**INTERPRETACIÓN**

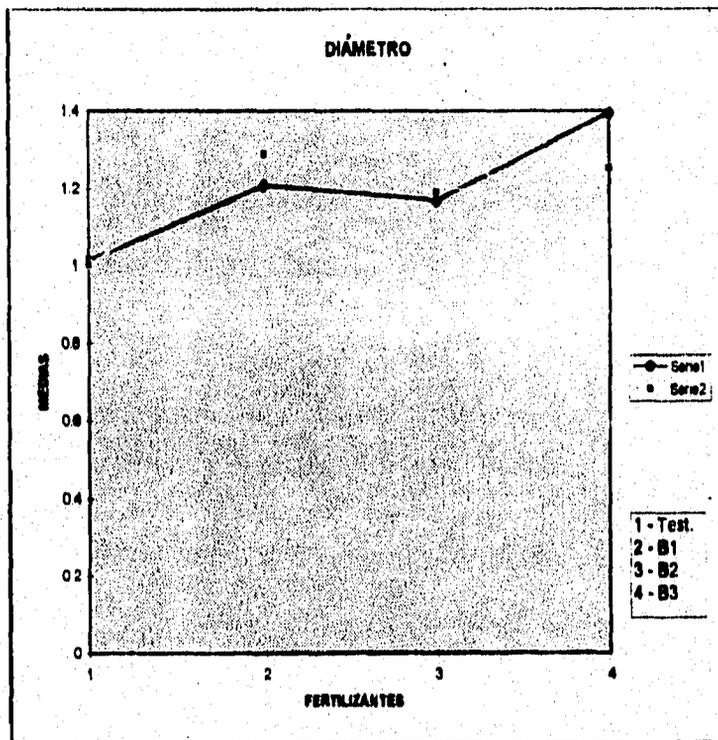
**GRÁFICA**

**DE LOS**

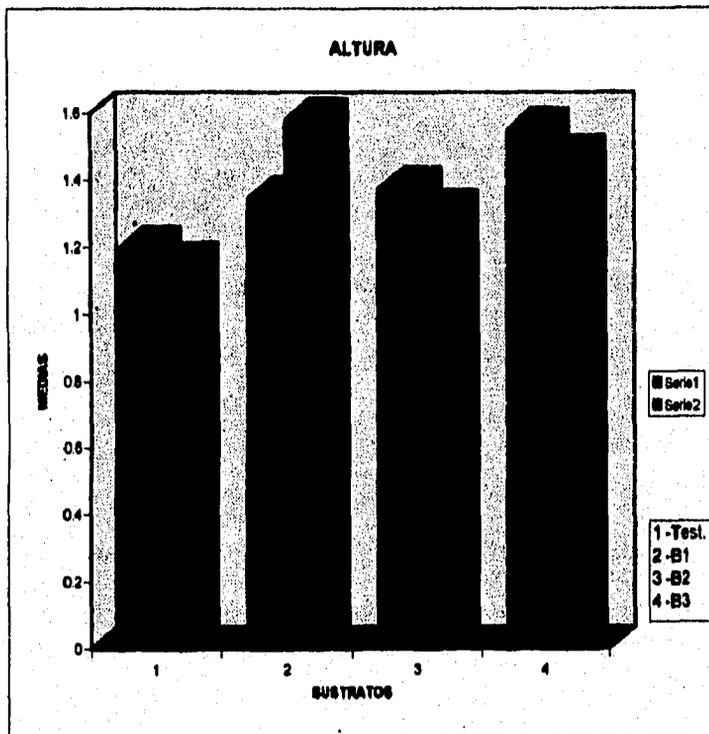
**RESULTADOS**



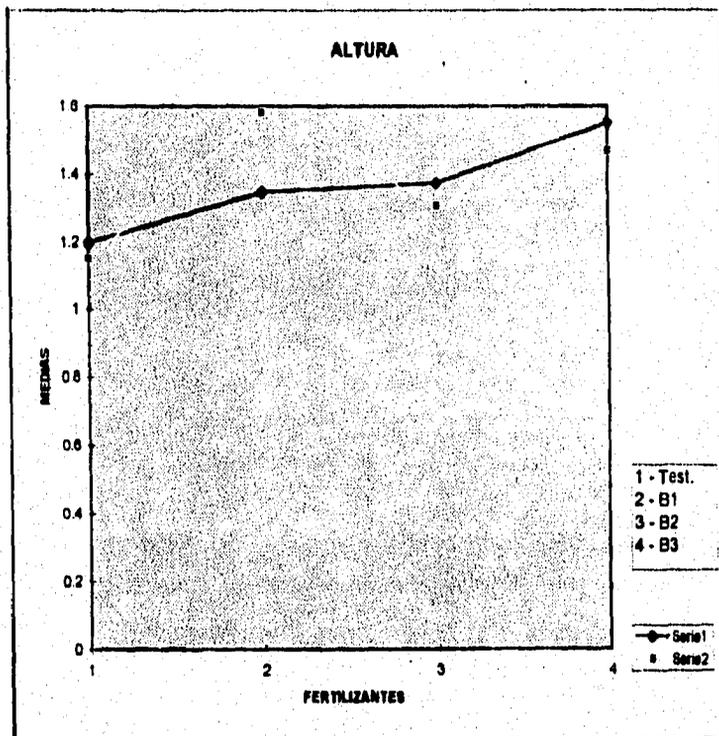
**GRAFICA 1. Serie 1=Sustrato 1, Serie 2=Sustrato2**  
 Comparación de los sustratos en el parametro diámetro con relación a los fertilizantes (B1, B2, B3 y Testigo).



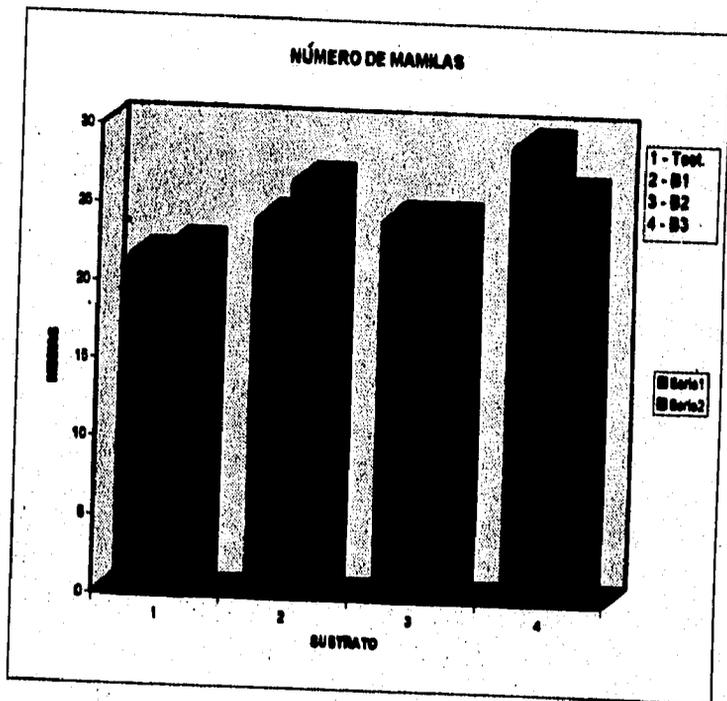
**GRAFICA 2.** Serie 1=Sustrato 1, Serie 2=Sustrato 2  
Comportamiento del diámetro en los sustratos con relación a los fertilizantes(B1, B2, B3 y Testigo).



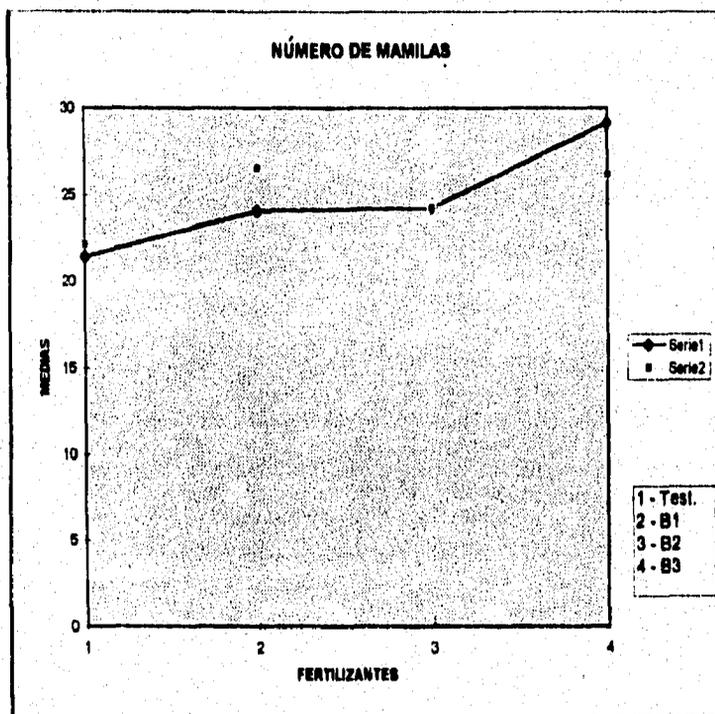
**GRAFICA 3.** Serie 1=Sustrato 1, Serie 2=Sustrato 2  
 Comparación de los sustratos en el parametro altura con relación a los fertilizantes (B1, B2, B3 y Testigo).



**GRAFICA 4.** Serie 1= Sustrato 1, Serie 2=Sustrato 2  
Comportamiento de la altura en los sustratos con relación a los fertilizantes (B1, B2, B3 y Testigo).



**GRAFICA 5.** Serie 1=Substrato 1, Serie 2=Substrato 2  
 Comparación de los sustratos en el parametro No. de mamas con relación a las fertilizantes (B1, B2, B3 y Testigo).



**GRAFICA 6. Serie 1=Sustrato 1, Serie 2=Sustrato 2**  
 Comportamiento del No. de mamilas en los sustratos con relación a los fertilizantes (B1, B2, B3 y Testigo).

#### 4.1 DISCUSIÓN.

Se considera que el porcentaje de germinación obtenido fue bueno, ya que las semillas de las cactáceas rara vez logran altos porcentajes de germinación. La razón de esto probablemente es que las semillas tenían poco tiempo de haber sido colectadas, aunado a esto el tratamiento pregerminativo al que fueron sometidas fue adecuado, así también se trató de mantener temperatura y humedad constante, y la cantidad de luz fue controlada.

La diferencia del porcentaje de germinación entre los sustratos A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> sólo fue de 3%, el cual se considera significativo puesto que pudo deberse a que las semillas fueron vanas o estuvieron afectadas por daño mecánico. Sin embargo se observó que en el sustrato A<sub>1</sub>, que contenía mayor cantidad de peat moss, retenía mayor humedad, por esta razón se cree que en este sustrato se tuvo mayor presencia de algas, aunado a este los días en que el problema se presentó estaban nublados y lluviosos, sin embargo esto no afectó el crecimiento de las plantas pues fue controlado oportunamente, por lo tanto se cree que este material debe aplicarse en proporciones muy pequeñas en las mezclas para el cultivo de cactus, puesto que se contrae demasiado cuando no existe humedad y cuando la hay atrae mosquitos.

En los resultados obtenidos en el ANOVA y prueba de medias de Tukey, Al 5% para los parámetros a evaluar: diámetro, altura y número de mamilas, se observó que Mamillaria plumosa se comportó en forma similar en los sustratos

A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>, sin mostrar diferencia significativa, esto puede deberse a que dichos sustratos fueron elaborados con materiales similares, variando únicamente las cantidades de los mismos; otro factor fue el pH existente entre los sustratos, teniendo el sustrato A<sub>1</sub> un pH de 7.8 y 6.7 el sustrato A<sub>2</sub>.

Estos elementos permiten rechazar la hipótesis en la que se planteó que al diversificar los sustratos las plantas mostrarían diferencias en su crecimiento inicial, ya que en los resultados se observó que Mammillaria plumosa Web., en su crecimiento inicial, no requiere de un sustrato específico, ya que le es suficiente que el sustrato presente las características básicas de los empleados para el cultivo de cactáceas, tales como son buen drenaje, buena porosidad y poca compactación, como lo menciona Cullmann (1986).

En los análisis de varianza efectuados, los resultados obtenidos para la interacción sustrato\* fertilizante, indica que no existe diferencia significativa, lo cual quiere decir que los sustratos no interfieren en los efectos de los fertilizantes y que éstos no influyen en los resultados de los sustratos.

En cuanto a los fertilizantes evaluados se observó que con el fertilizante B<sub>1</sub> (10-20-20) se obtuvo un comportamiento más favorable en los tres parámetros estimados, en comparación a los fertilizantes B<sub>1</sub> (10-17-20), B<sub>2</sub> (10-13-10) y el testigo (0-0-0). Se considera que dicho efecto se debió a la proporción de fósforo y potasio contenido en este fertilizante, ya que estos elementos ejercen un papel fundamental en el crecimiento de los cactus, puesto que el fósforo

"favorece la actividad de ápices vegetativos y el crecimiento de raíces, por otro lado el potasio tiene relativa influencia en la permeabilidad de las membranas celulares, reduciendo la velocidad de transpiración" (Urbano, 1991). En conjunto estos dos elementos estimulan el crecimiento compacto y saludable de los cactus. (Cullmann, 1986). Las bajas proporciones de nitrógeno en las cactáceas complementan estos efectos puesto que es requerido por estas plantas en las proteínas, clorofila, ácidos nucleicos y otros componentes celulares. (Nobel, 1988).

Sin embargo al comparar los resultados se observó que el fertilizante B<sub>1</sub> (10-17-20) posee valores cercanos a los del fertilizante B<sub>2</sub> (10-20-20), lo cual hace pensar que el potasio tiene una función más relevante en el crecimiento inicial de Mammillaria plumosa en comparación con el fósforo, ya que al observar los resultados del fertilizante B<sub>3</sub> (10-13-10) que contiene menos potasio, no se encuentra diferencia estadística significativa con el testigo.

Por lo expuesto anteriormente se deduce que una fertilización con fósforo y potasio en proporciones análogas y bajas proporciones de nitrógeno favorece mejor el crecimiento inicial de Mammillaria plumosa y es reflejado en el aumento de diámetro, altura y así mismo en el número de mamilas de la planta.

Los resultados obtenidos en los análisis de varianza permiten aceptar la hipótesis en la que se menciona que el crecimiento inicial de Mammillaria plumosa se verá acelerado con la aplicación de fertilizantes.

## V. CONCLUSIONES.

- Mammillaria plumosa Web. en su crecimiento inicial no mostró diferencia en ninguno de los dos sustratos empleados.
- El crecimiento inicial de Mammillaria plumosa Web. se ve incrementado con el empleo de fertilizantes, en niveles bajos de nitrógeno y mayores en fósforo y potasio.
- La fertilización nitrógeno - fósforo- potasio en proporción 1-2-2 es la más favorable para el crecimiento inicial de Mammillaria plumosa Web.
- Será importante observar el efecto de este tipo de fertilizaciones en las etapas de floración y fructificación en las plantas de Mammillaria plumosa Web.
- Dado que la conservación de la biodiversidad depende en gran medida del conocimiento de las especies que se requiere conservar, el presente trabajo contribuye en este sentido, generando información específica sobre la especie Mammillaria plumosa Web. en referencia a su cultivo.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## SUGERENCIAS

**- Las sustancias húmicas se han utilizado en diferentes cultivos con la finalidad de incrementar la germinación y los rendimientos, se sugiere realizar trabajos experimentales en cactáceas aplicando sustancias húmicas para observar su efecto.**

**- Es recomendable que por cada especie amenazada por la extinción se elaboren folletos que recopilen información básica de aspectos genéticos, ecológicos, reproductivos y de cultivo, para que se distribuyan en los viveros de cactáceas que se están instalando en las zonas áridas y semi-áridas del país.**

## VI BIBLIOGRAFIA

- Ballesteros, O. J., 1978. Los cactus y otras plantas suculentas. Ed. Roberto G. para Floraprint. Valencia España. 144 p.
- Bedoya, M. R. 1981. Las zonas áridas de México y el aprovechamiento de algunos de sus recursos vegetales. Tesis, Ingeniería Agrícola. UNAM. 234 p.
- Borg, J., 1976. CACTI. Ed. Dorset. Great Britain. 512 p.
- Bravo-Hollis, H., 1978. Las cactáceas de México. Tomo I. Ed. UNAM. México, D. F. 743 p.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada, 1991. Las cactáceas de México. Tomo III. Ed. UNAM, México, D. F. 643 p.
- Brian, F., y L. Percy, 1979. 50 Choice Mammillarias. Ed. Abbey Book Cactus Nursery. Great Britain. 66 p.
- Cante, A. C. 1989. Cactus, cacti. Comunicación del instituto de Biología. Jardín Botánico, UNAM, México. 34p.
- Cullmann, W., E. Götz, G. Gröner, 1986. The encyclopedia of cacti. Ed. British Library Cataloguing. Rep. Fed. of Alemania.

- Fassbender, W. H., 1975, Química suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Costa Rica. 389 p.
- Franco, M.I., 1994. La convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestre (CITES). Amaranto, 7(1):1-18
- Giacomini, V. 1977. Los desiertos. Ed. Urbión. Serie Planteta Vivo. España. 64 p.
- Gutiérrez, J. 1984. Los cactus nativos de Cuba. Ed. Científico - Técnica. La Habana Cuba.
- Haage, W. 1983. Cacti and succulents. Ed. Handbook, London.
- Hartmann, H., D. Kester, 1989. Propagación de plantas principios y prácticas. Ed. Continental. México, D. F. 647 p.
- Hernández, H. M. y H. Gódinez, 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. Acta Botanica. 26:33-52.
- Huxley, A. (Ed.), 1992. The new royal horticultural society dictionary of gardening. Ed. McMillan, Press Limited, Londón. 3353 p.

- Jones, B. S., 1987. Sistemática vegetal. Ed. Mc. Graw Hill. 2ª edición. México, D. F. 536 p.
- Kononova, M., 1982. Materia orgánica del suelo. Ed. Oikos - Tav. Barcelona. 365 p.
- Lamb, E. y B. Lamb, 1978. Pockey encyclopedia of cacti in color. De Dorset, London. 217 p.
- March, K., 1988. Cacti and succulents. Ed. Blume. Barcelona.
- Molina, G. J., 1983. Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México. Ed. C. P. México. 139 p.
- Moreno, V. Ma. P., 1995. Las cactáceas. comercialización y medidas de protección. Tesis de Ingeniería Agrícola. UNAM. 100 p.
- Munns, B., 1976. Cactus y otras suculentas. Ed. Albatros, Buenos Aires. 63 p.
- Nobel, P., 1988. Environmental biology of agave and cacti. Ed. Oxford, University. Nueva York
- Nobel, P., 1994. Remarkable agaves and cacti. Ed. Oxford University. Nueva York.

- Olmos, G. y R. Rodríguez, 1992. Manejo y operación de viveros. Tesis de Ingeniería Agrícola. UNAM. 127 p.
- Pitt, V. y D. Cook, 1978. A closer look at deserts. Ed. Hamish Hamilton. Londres. 30 p.
- Rayzer, G., 1984. Cactus en flor. Ed. Diamon. México. 183 p.
- Reyes, C. P., 1984. Diseño de experimentos aplicados. Ed. Trillas. México. 344 p.
- Reyes, S. J., 1994. Métodos para propagación de cactáceas. Amaranto. 7(2):1-12
- Rivas, M., 1993. El Cultivo de cactáceas por semilla. Cact. y Suc. de Méx. 48(1):93-94
- Rivas, M., 1995. Notas sobre el nuevo método para germinar semillas de cactus. Ed. Cact. y Suc. de Méx. 30:65-66
- Rodríguez, S. F., 1982. Fertilizantes nutrición vegetal. Ed. AGT. México. 157 p.
- Rojas, G. M. y M. Rovalo, 1985. Fisiología vegetal aplicada. Ed. McGraw Hill, México. 252 p.

- Sánchez-Mejorada, H., 1982. Problemas en el control del comercio de las cactáceas. Cact. y Suc. de Méx., 2: 27-33.
- Starker, L. A., 1978. El desierto. Ed. Colección de la Naturaleza. Libros Time Life. Amsterdam Pág. 191.
- Storms, D. E., 1986. The new growing the mesemb. Ed. Storms, E. U. 58 p.
- Tiscornia, J., 1973. Cactus y otras plantas de ornato. Ed. Albatros. Buenos Aires. 123 p.
- Tisdale, S. L., y W. L. Nelson, 1977. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Ed. Montaner y Simon. Barcelona. 760 p.
- Urbano, T. P., 1991. Tratado de fitotecnia general. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España. 836 p.
- Zambrano, G. J., 1994. Evaluación de fertilizantes orgánicos en el cultivo de alfalfa. Tesis de Ingeniería Agrícola. UNAM. 113 p.