



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES IZTACALA

**INFLUENCIA DE LOS HOMGOS ENDOMICORRICICOS EN EL
CRECIMIENTO DE PLANTULAS DE CEPHALOCEREUS SENILIS (HAW)
PFEIFF**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

PRESENTA:

FRANCO LANDEROS, FRANCISCO JESÚS

ASESOR: BONFIL CAMPOS, ABEL

MÉXICO, D. F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

“INFLUENCIA DE HONGOS ENDOMICORRICICOS EN EL CRECIMIENTO DE
PLÁNTULAS de *Cephalocereus senilis* (Haw.) Pfeiff”.

Francisco Jesús Franco Landeros
Número de cuenta 8911892-0
Generación 1994
Caoba 47 Bosques Ceylán Tlalnepantla
Edo. de México
Tel. 55 87 15 59

*Este trabajo es dedicado con cariño
a mis padres y hermanos.*

AGRADECIMIENTOS

A la UNAM, por brindarme la oportunidad de una formación académica.

A la FES-Iztacala, en donde logre realizar una profesión.

Al laboratorio de Botánica de la FES-Cuautitlán, por el apoyo para la realización de los experimentos.

Al Biol. Abel Bonfil Campos, le agradezco su asesoría y paciencia para la elaboración de esta tesis.

A los sinodales: Biol. Antonio Meyrán Camacho, Biol. Irene Frutis Molina, Biol. Marcial García Pineda y la M. en C. María Elena Huidobro Salas, por la sugerencias hechas a este trabajo.

Al Biol. Antonio E. Cisneros Cisneros, por su apoyo en la parte estadística.

Un especial agradecimiento a Patricia Mora Ascencio, por sus atinados puntos de vista, su motivación y compañía, gracias por todo.

A toda la comunidad de la FES-Iztacala: académicos, estudiantes, trabajadores, comerciantes y amigos, por hacer tan amena la estancia en la escuela y disfrutar tanto esta etapa de mi vida.

| INDICE | Paginas |
|---|----------------|
| I. RESUMEN | 1 |
| II. INTRODUCCION | 2 |
| • Objetivos | 8 |
| III. MARCO TEORICO | 9 |
| Cactáceas | 9 |
| • Clasificación | 9 |
| • Morfología | 9 |
| • Distribución | 11 |
| • Hábitat | 12 |
| • Usos | 13 |
| | |
| <i>Cephalocereus senilis</i> | 17 |
| • Clasificación | 17 |
| • Morfología | 18 |
| • Distribución | 19 |
| • Hábitat | 21 |
| • Importancia | 22 |
| | |
| Endomicorrizas | 23 |
| • Clasificación | 25 |
| • Morfología de la MVA | 26 |
| • Distribución | 27 |
| • Etapas de la simbiosis | 28 |
| | |
| IV. MATERIALES Y METODOS | 30 |
| • Características del área de experimentación | 30 |
| • Sustratos empleados | 31 |
| • Endomicorrizas empleadas | 31 |
| • Tratamientos | 34 |
| • Diseño experimental | 36 |
| | |
| V. RESULTADOS Y DISCUSION | 39 |
| | |
| VI. GRAFICAS | 49 |
| | |
| VII. CONCLUSIONES | 54 |
| | |
| VIII. BIBLIOGRAFÍA | 55 |
| | |
| IX. APENDICE | 59 |

I. RESUMEN

Existe una gran variedad de cactáceas en México, pero cada vez se encuentran más especies en peligro de extinción, factores como el saqueo desmedido y la invasión de su hábitat son causas fundamentales de su desaparición. Es por eso que se deben encontrar alternativas de propagación para preservar este recurso.

Hay varios métodos para propagar cactáceas, pero en cuanto al empleo de endomicorrizas se tiene poca información. Esta investigación realizada en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, estudia el papel que tienen las endomicorrizas en el desarrollo vegetativo de plántulas de *Cephalocereus senilis* mediante la aplicación de 2 inoculantes de diferente composición, para comparar que tipo y dosis son las más adecuadas. Después de 11 meses de fase experimental los parámetros evaluados fueron: altura, diámetro, número de costillas, areolas por costilla y longitud de raíz.

Los estadísticos obtenidos muestran que entre los tratamientos existen diferencias significativas, lo cual indica que los parámetros de los tratamientos inoculados fueron superiores con respecto a las plantas no inoculadas. Los mejores resultados se presentaron en las unidades experimentales a las que se inoculó la marca Burize.

Se considera que el aumento de biomasa de las plantas inoculadas, es debido a la relación simbiótica que se establece con las endomicorrizas ya que se incrementa el área de superficie radicular y, por lo tanto, el potencial de la planta para absorber mayor cantidad de nutrientes y agua.

II. INTRODUCCION

De la enorme diversidad vegetal existente, algunas de las plantas que han llamado la atención de botánicos, ecólogos y fisiólogos son las cactáceas debido a que los hábitats que ocupan son agrestes para otro tipo de plantas. Las extraordinarias variaciones a sus formas biológicas y las complejas adaptaciones metabólicas, sin duda las hacen organismos especiales. Además destaca la importancia comercial que han adquirido y se debe a sus variadas formas y coloridas flores, que son de gran atractivo para los horticultores y coleccionistas de todo el mundo. (Bravo, 1937).

Por este último hecho muchas cactáceas están sujetas a presiones de colecta y a la destrucción de su hábitat. En consecuencia, un número significativo de cactáceas mexicanas se han incluido en listados de plantas amenazadas. (Hernández, 1994).

La legislación mexicana determina a las especies de flora y fauna con problemas de sobrevivencia. La Norma Oficial Mexicana 059, del 16 de mayo de 1994, enlista las cactáceas en dicha situación, 257 plantas que equivalen aproximadamente al 34.2% de los cactus de México.(Hernández y Sánchez, 1999).

Tal es el caso de ***Cephalocereus senilis***, esta especie esta considerada como vulnerable (Anónimo 1980; Vovides, 1981), es decir, que las poblaciones experimentan una disminución, debido a una explotación inadecuada de la cual es

objeto (Bravo y Sanchez, 1978) y de seguir así pasarán a la categoría de peligro de extinción.

Por otra parte de acuerdo con Chacon, 1984, uno de los principales problemas de la especie es que son individuos muy apreciados por horticultores y coleccionistas, poniendo a las especies en peligro de extinción debido a las colectas inmoderadas tanto de flores, frutos e individuos pequeños con fines comerciales afectando las poblaciones.

Cephalocereus senilis es una cactácea considerada como amenazada de la flora de México por la norma oficial mexicana 059, por lo que su propagación ha sido sugerida; las acciones para la conservación de las cactáceas son demandantes y urgentes. Una de las opciones más viables, propuestas para contribuir a la protección de especies con peligro en su sobrevivencia, es su reproducción artificial (Fuller y Fitzgerald, 1987).

En relación con los estudios realizados sobre ***Cephalocereus senilis*** se tienen el de Mastrangel (1953), quien indica que la tasa de crecimiento es baja, por lo general de una pulgada por año.

Por otra parte Field, 1963, sembró semillas de la especie y menciona que a los 3.97 m. tenían una edad de 37 años; Greenwood, 1964, hace notas sobre la orientación fototrópica del pseudocefalio en dos especies mexicanas de ***Cephalocereus***. Sobre distribución poblacional se encuentran los de Bravo y

Sánchez, 1978, que lo mencionan en la Barranca de Meztlán, Hgo.; Bracamontes, 1978, como endémico de la Barranca de Tolantongo, Hgo.; Britton y Rose, 1963, para los estados de Hidalgo y Guanajuato; Mastrangel (op.cit.), lo menciona nativo de los estados de Guanajuato e Hidalgo, y Ramírez, 1980, para el estado de Veracruz

Corona y Yáñez, 1983, realizaron un estudio de distribución poblacional de ***Cephalocereus senilis*** en la barranca de Meztlán, Hgo. y en 1984 realizaron trabajos de propagación mediante cultivo de tejidos.

Además de los distintos métodos de propagación, existen técnicas para la aceleración en el crecimiento de las cactáceas, se han empleado diversos fertilizantes tanto orgánicos como inorgánicos, pero se tiene poco conocimiento en la aplicación de micorrizas; entre los pocos trabajos localizados que abordan este aspecto se encuentra el de reportado por Rincón et, al. 1993 que encontraron un aumento significativo en la biomasa de las plántulas de ***Pachycereus pecten-aboriginum*** inoculando micorrizas vesiculo arbusculares (MVA).

En un estudio realizado por Nava et, al. 1997, en el estado de Tlaxcala se encontraron hongos micorrizicos del genero ***Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora* y *Sclerocystis*** asociados a cactáceas principalmente del género ***Opuntia* y *Mammillaria***, indicando que esta asociación es funcional, de ahí el

interés de realizar mas trabajos con estos organismos, para difundir su utilización y aprovechar sus beneficios.

Por otro lado Arcela et. al, 1999, estudiaron la variación estacional en azúcares solubles, fósforo inorgánico y factores climáticos con el proceso de colonización por hongos micorrizicos asociados a una población silvestre de ***Stenocereus queretaroensis***, para determinar las condiciones fisiológicas y ambientales presentes al inicio y durante el desarrollo de la simbiosis micorrizica.

También Kirwan 2002, cuantificó esporas de micorrizas en un gradiente altitudinal del cerro “El Cutac” pertenecientes a los distintos géneros de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) asociados a la rizósfera de cactáceas de la especie ***Neobuxbamia tetetzo*** en la cuenca baja del río salado en Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

El uso integral de la micorriza como herramienta, junto con otras prácticas de cultivo y el empleo de hongos para la inoculación micorrícica de plántulas contribuye a la producción de plantas vigorosas (Molina y Trappe, 1984).

El estudio de las endomicorrizas, ha cobrado creciente interés en los últimos años. Esta forma de simbiosis, que se establece entre ciertos hongos y una alta diversidad de especies vegetales, permite a muchas plantas que crecen en suelos infértiles absorber fósforo y otros nutrientes poco móviles en forma más eficiente que en la condición no micorrizada.

Como consecuencia del mejoramiento en la absorción bajo estas condiciones, las plantas pueden crecer mejor y producir más biomasa. Con la micorrización puede incrementarse la eficiencia de absorción de ese elemento, lo cual permite ahorrar fertilizantes fosfatados. (Gomez, 1999).

También se han hecho numerosas investigaciones sobre el efecto de las micorrizas con el transporte de metabolitos que producen reguladores de crecimiento y antibióticos que pueden proteger a la raíz de la invasión de patógenos, actuando como barrera natural y química de ciertos hongos y nematodos patógenos del suelo. (Op.cit.).

La inoculación con endomicorrizas es esencial para el establecimiento y supervivencia de las plántulas después de que estas son transplantadas en el campo, siendo que las plantas preinoculadas tienen mayor capacidad para absorber nutrientes y tolerar más el estrés del transplante. (Gómez, 1999).

Existe una abundante literatura científica en la que se describen los aspectos ecológicos, anatómicos y citológicos referentes a la formación de las micorrizas, así como los cambios fisiológicos que los endomicorrizicos inducen en las plantas y lo que ello representa en el crecimiento y supervivencia de estas, especialmente en situaciones de estrés nutritivo, sequía y otros. (Garfias, 1993). Sin embargo, son muy escasos los estudios que se realizan sobre la relación existente entre cactáceas y endomicorrizas.

Con base a lo anterior, es decir, a la escasez de estudios realizados sobre la relación endomicorrizas-cactáceas, y particularmente con ***Cephalocereus senilis***, el presente trabajo, elaborado en el Jardín Botánico de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, coadyuva al estudio sobre la conservación adecuada de las cactáceas, por medio de métodos que mejoren la propagación y el desarrollo y propone contribuir de manera particular al conocimiento de la función endomicorrizica y sus beneficios.

- **OBJETIVOS**

OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de las endomicorrizas en el crecimiento de plántulas de ***Cephalocereus senilis*** (Haw.) Pfeiff. desarrolladas en vivero.

OBJETIVOS PARTICULARES

Comparar el efecto de dos inoculantes endomicorrizicos de diferente composición biológica, con el propósito de encontrar la dosis en la que esta especie de cactácea gane el mayor incremento de biomasa.

Contribuir en los programas dedicados al rescate y conservación de cactáceas en peligro de extinción, mejorando los métodos para su reproducción y desarrollo.

III. MARCO TEORICO

CACTACEAS

- **Clasificación**

La clasificación taxonómica de las cactáceas es la siguiente:

(Cronquist, citado por Jones, 1979).

| | |
|----------|----------------|
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Subclase | Caryophyllidae |
| Orden | Caryophyllales |
| Familia | Cactaceae |

- **Morfología**

Dentro del mundo vegetal, una de las familias botánicas más fascinantes por sus formas y adaptaciones son las cactáceas. Esta familia se caracteriza por tener árboles, arbustos, o hierbas con tallos carnosos y espinas aunque se tienen algunas excepciones en los géneros *Lophophora*, *Aztekium*, *Astrophytum* y en algunas especies de *Epiphyllum*, *Opuntia* y *Rhipsalis*. No presentan hojas, o si las hay, estas son muy pequeñas (excepto el género *Pereskia*). (Reyes, 1994).

Generalmente los cactus cuentan con una raíz principal de forma cónica que se halla ramificada dando lugar a un sistema radicular superficial, 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 rapidez el agua disponible. (Aguirre y Montalvo, 1996)

El tallo de las cactáceas puede presentar varias formas y tamaños, pueden ser cilíndricos, esféricos, aplanados, ramificados y segmentados entre otros, la principal función de este órgano es llevar a cabo la fotosíntesis y almacenar agua, su consistencia puede ser leñosa o suculenta, una de las características distintivas de esta familia son las estructuras llamadas areolas, áreas donde se originan espinas, pelos, cerdas, hojas, flores y frutos. **Las hojas** solo presentes en ejemplares como *Pereskia*, *Opuntia*, *Parodia*, *Rhodocarpus*, son suculentas, el limbo se reduce a escamas pequeñas o primordios, solo algunos géneros cuentan con hojas grandes y aplanadas. **Las espinas** que son hojas modificadas, se originan de las areolas, y según las especies se pueden presentar de diversas formas y colores, la función de la espina es de dar protección, sombra y reducir la pérdida excesiva de agua. El tamaño oscila desde 1mm a 35 cm. Algunos de los tipos son: radiales, cónicas, pectinadas, y con ganchos.

En la familia de las cactáceas existen varios tipos de **flores** que se originan en las areolas, mismas que pueden encontrarse como grandes flores individuales o en varias flores pequeñas; pueden desarrollarse sobre los costados de los tallos

(cactus columnares), o bien areolas. No tienen una diferenciación clara entre las piezas del cáliz, pueden estar soldadas entre sí únicamente en su parte basal, o bien pueden estar unidas a lo largo del tubo floral. (Ballesteros, 1978). **Los frutos** son bayas de tipo carnosos, puede ser seco o jugoso, de tipo indehiscente o dehiscente, con ornamentaciones y espinas. Presentan gran cantidad de semillas que tienen variaciones en forma tamaño y color según la especie.

- **Distribución**

Las cactáceas son endémicas del continente Americano. Estas plantas se localizan en ambientes áridos y semiáridos. Su distribución geográfica se presenta desde el sur de Canadá hasta la Patagonia en Argentina. En nuestro país existen 66 géneros y alrededor de 850 especies, 45% del total de la familia, siendo el 80% de las especies endémicas, lo que convierte a México en el país de mayor riqueza a nivel específico. (Reyes, 1994). Su grado de endemismo sitúa a este *taxón* en el primer lugar entre las familias botánicas de México, lo cual constituye, aproximadamente, el 36% de los géneros y el 72% de las especies (Rzedowski, 1991).

En México las zonas áridas abarcan una superficie de 887,868 kilómetros cuadrados lo que representa el 45% del territorio nacional. La mayor parte de las especies de cactáceas habitan en las regiones áridas y semiáridas del país, particularmente en la porción sureste del desierto Chihuahuense, incluyendo la zona árida Queretano-Hidalguense. (Hernández y Godínez, 1994). Fuera de las

regiones áridas de México, en donde se concentran la mayor parte de los representantes de esta familia, su diversidad disminuye drásticamente. Sin embargo existen en América algunas otras regiones relativamente ricas en especies de cactáceas, como por ejemplo el suroeste de los Estados Unidos de América, el noreste de Brasil (Andrade Lima, 1981), y la porción norte de Argentina junto con algunas regiones de Perú. (Hernández y Godinez, op.cit. 1994).

Las cactáceas han cobrado gran interés en otras partes del mundo, principalmente en Europa donde ya se han formado grandes sociedades de colección, es por eso que existe un saqueo excesivo de ejemplares y semillas en territorio mexicano y como consecuencia algunas especies están en peligro de extinción.

- **Habitat**

La mayoría de las cactáceas son plantas xerófitas, es decir que viven en climas áridos y semiáridos, aunque las podemos encontrar en casi todos los tipos de vegetación a excepción de los acuáticos. (Reyes, 1994).

Las cactáceas pueden soportar un amplio rango de temperatura que va desde 4°C mínima y 28°C máxima, pero no soportan heladas continuas. Sin embargo, (Cullman, 1986), menciona que se han encontrado cactus en zonas que registran 52°C de temperatura, sin que las plantas muestren daños.

En cuanto al suelo, las cactáceas se desarrollan en suelos profundos y someros, derivados de substratos rocosos y pedregosos en regiones montañosas y aluviales provenientes de rocas sedimentarias e ígneas (Moreno, 1995)

En relación al pH, México posee grandes extensiones de suelos calcáreos donde viven muchas especies de cactáceas; un ejemplo es el valle de Tehuacan, donde los suelos presentan un pH de 8.2 (alcalino) y niveles de carbonato de calcio de 30% (Salvat, 1977). Aunque la biznaga *Ferocactus histrix* requiere para su desarrollo de un pH de 5.5 a 7.5 (Castillo, 1983). En lo concerniente a humedad, las cactáceas soportan largos periodos de sequía, pero necesitan las lluvias anuales para reponer el agua que pierden los tejidos. (Moreno, op.cit.)

- **Usos**

Como alimento humano: El hombre en su búsqueda de alimentos encontró que las cactáceas eran importantísimas, pues en su lucha por la supervivencia descubrió que enteras o en partes (flores, tallos, frutos y semillas) eran agradables al paladar, además de que poseían un gran contenido de agua. (Moreno, 1995).

Entre los tallos mas utilizados como alimento humano destacan los de las especies del género *Opuntia*, en particular los cladiolos (tallos aplanados, comúnmente llamados “pencas”) característicos del género *Opuntia* principalmente los de las especies pertenecientes a las series *Phaecanthae*, *Ficus-indicae*, *Streptacanthae* y *Robustae*, que en estado juvenil son conocidos vulgarmente con el nombre de “nopalitos”. (Bravo H. Y Sánchez M., 1991)

Las flores de las cactáceas son en general comestibles pero poco usadas en la alimentación humana; sin embargo, los pétalos y aún toda la flor de algunas especies de **Opuntia**, **Myrtillocactus**, **Echinocereus** y **Ferocactus** son empleados por los campesinos como un alimento de subsistencia en épocas de escasez, tal como lo hicieron algunas tribus indígenas en la época prehispánica. Normalmente se les prepara como verdura, y en ciertos casos como confitura (Bravo H. y Sánchez M., op.cit.).

Los frutos de la mayoría de las especies de cactáceas, con excepción de los pertenecientes a la subfamilia Pereskioideae, son comestibles. En general, la pulpa, integrada por los funículos de las semillas que al madurar el fruto se llena de líquidos azucarados, constituyen un alimento fresco y dulce, muy gustado en el país. Su importancia alimenticia radica en su alto contenido de azúcares y de cantidades considerables de vitaminas B, C y E (Bravo H. y Sánchez M., op. cit.) Entre los frutos comestibles, destacan, por su importancia la tuna, la pitaya, y el xoconostle.

Utilidad de las cactáceas como forraje: Las pencas o cladodios de los nopales (Opuntia, subgénero **Opuntia**), los tallos de algunos órganos y cardones (**Cereus sensu lato**), y los tallos de algunas biznagas (**Echinocactus** y **Ferocactus**) son ampliamente utilizados como forraje. A pesar del escaso valor nutritivo de estos tallos, se ha constatado que el ganado en el campo en ocasiones puede sobrevivir durante las grandes sequías alimentándose de

nopales, aprovechando así el gran contenido acuífero de los parénquimas (Bravo H. y Sánchez M., 1991)

Usos medicinales: Las cactáceas, al igual que otras muchas plantas, han venido siendo usadas en la medicina tradicional de México desde épocas anteriores a la conquista, ya sea por sus propiedades farmacológicas o bien por las mágico- adivinatorias que les han sido atribuidas por chamanes, brujos o sacerdotes en prácticas médico-religiosas. (Bravo H. y Sánchez M., op. cit.)

Diversas especies de cactáceas son empleadas como remedios para curar, inflamaciones musculares, dolores reumáticos, fracturas, constipación intestinal, diarrea, úlceras gástricas, diabetes, cáncer de estomago y afecciones cardiovasculares.

Otros usos: Debido a las características del sistema radicular amplio y superficial de las cactáceas, unidos a la rapidez de crecimiento de algunas especies, a la facilidad de su propagación vegetativa, a su adaptabilidad a los suelos más inhóspitos, y a su resistencia a factores climáticos, resultan excelentes medios de detener la erosión eólica y pluvial (Bravo H. y Sánchez m., op. Cit.)

En tiempos prehispánicos, el uso de las cactáceas como combustible fue una práctica común, sobre todo en aquellas zonas desérticas donde no existen especies maderables. En el desierto sonorense se utilizan principalmente los ejemplares secos de las diversas especies del subgénero ***Cylindropuntia***, cuyos

haces vasculares producen una flama larga, característica que fue aprovechada por las tribus indígenas de la región para usarlas a modo de antorchas (Diguët, 1928; Bravo, 1937, Felger et Mosser, 1974 a.)

Los haces vasculares en los miembros del subgénero *Cylindropuntia* integran, por anastomosis, un cilindro reticulado muy ligero y resistente. Cuando seco, debido a su singular aspecto y a su resistencia, es utilizado en artesanías para la fabricación de objetos diversos, tales como bastones (Uphof, 1968), pies de lámparas, marcos para cuadros y espejos, muebles de estilo y otros elementos decorativos.

Puesto que los frutos de las cactáceas tienen un alto contenido de sacáridos, se ha sugerido su aprovechamiento para la obtención de azúcar, para la producción de alcohol, Johnston, 1924; ácido oxálico, amoníaco y carbonato de potasio, así como de hule, Cruse, 1949.

En la actualidad se fabrican diversos cosméticos con los extractos de algunas cactáceas. Debido a la abundancia de sustancias hidrosκόpicas en los tallos de las cactáceas, los extractos de diversas especies son utilizados en la preparación de jabones y cremas embellecedoras, humectantes, comercializadas por diversas firmas cosmetológicas en varios países del mundo. (Piña et al. 1979).

Como plantas de ornato: Desde el primer contacto europeo con la flora del Nuevo Mundo, las cactáceas llamaron la atención por sus formas caprichosas, su fiero aspecto, el variado colorido de sus espinas, la belleza de sus flores, y por la

utilidad que le brindaban al hombre americano. Los exploradores y conquistadores europeos llevaron al Viejo Mundo muestras de estas flora, para ellos tan exótica, introduciendo su cultivo (Bravo H. y Sánchez M., 1991).

Como Planta ornamental las cactáceas han sido utilizadas para adornar lugares, debido a la peculiaridad de sus formas y la belleza de sus flores que son un gran atractivo para mucha gente. El hombre las ha adaptado como parte de si mismo, las cuida, las cultiva y propaga por su afición a la jardinería y su atención hacia las plantas de ornato (Serrano, 1983). Pero algunas son colectadas y extraídas de su entorno sin medida, aunado al lento crecimiento de estas plantas, se esta provocando la desaparición de algunas especies.

Cephalocereus senilis

- **Clasificación**

La clasificación taxonómica de ***Cephalocereus senilis***, dentro de las cactáceas, es la siguiente. (Bravo H. y Sánchez M., 1978).

| | |
|------------|-----------------------------|
| Orden | Caryophyllales |
| Familia | Cactaceae |
| Subfamilia | Cactoideae |
| Tribu | Pachycerae |
| Subtribu | Cereinae |
| Genero | <i>Cephalocereus</i> |
| Especie | <i>senilis</i> |

- **Morfología**

Plantas de 6 a 10 y aun 15 m de altura, columnares, simples o rara vez con algunas ramificaciones, al principio color verde claro, después grisáceo. *Costillas numerosas*, 12 a 15 al principio, después 30 o más, poco prominentes, redondeadas, surcos angostos. *Aréolas* próximas, grandes, circulares, ligeramente prominentes, provistas cuando jóvenes de 20 a 30 cerdas blancas, de 12 a 30 cm de largo o más, que en las plantas viejas casi desaparecen. *Espinas* 1 a 5, amarillas, en las aréolas jóvenes de 1 a 2 cm de largo y en las viejas como de 5 cm. (Figura 1) Cefalio semi-periferico y lateral, en el ápice de los tallos, con abundante lana color beige claro y espinas setosas de 4 a 6 cm de largo. *Flores* nocturnas, de 5 a 9 cm de largo y como 6 cm de ancho, parcialmente ocultas en el cefalio, de color rosa claro; podarios del pericarpelo algo numerosos, con escamas muy pequeñas que llevan algunos pelos sedosos largos; tubo receptacular con podarios escasos y escamas muy pequeñas con pelos cortos; segmentos del perianto cortos y algo carnosos, color rosa; ovario amplio con óvulos numerosos insertos en funículos ramificados; cavidad nectarial amplia, cerrada parcialmente por la curvatura de la base de los estambres primarios: estilo grueso; lóbulos del estigma cortos. *Fruto ovoide*, de 3 cm de largo y 2 a 2.5 cm de ancho, provisto de escamas distantes, diminutas, que llevan algo de lana, color rosa claro cuando fresco, después, ya seco adquiere una coloración moreno obscura, está capitado por la base del perianto que queda adherida como una cúpula más clara, a veces conservando todo el perianto seco. *Semillas* muy numerosas, en forma de gorro-

casco, de 2.5 mm de largo y 2 mm de ancho, testa negra, brillante con ornamentación celular y con puntuaciones. (Bravo H, y Sánchez M., 1978)



Figura 1. *Cephalocereus senilis* cultivado en vivero.

- **Distribución**

Estado de Hidalgo, cuenca alta del río Quetzalapa. Esta cactácea gigante forma espectaculares asociaciones en las laderas de las barrancas de los ríos Metztitlán, Almolón. Tolantongo y Amajaque. En la barranca de Metztitlán y sus afluentes, se le encuentra desde poco al este de Venados hasta la Laguna de Metztitlán, y por

los ríos de Santa María y Santiago, en el límite con el estado de Veracruz, donde penetra a dicha entidad. En el valle del Mezquital se le encuentra cerca de Cardonal en el límite de las vertientes del río Tula y las de los afluentes del Quetzalapa. (Bravo, Sánchez M. 1978). (Figura 2).

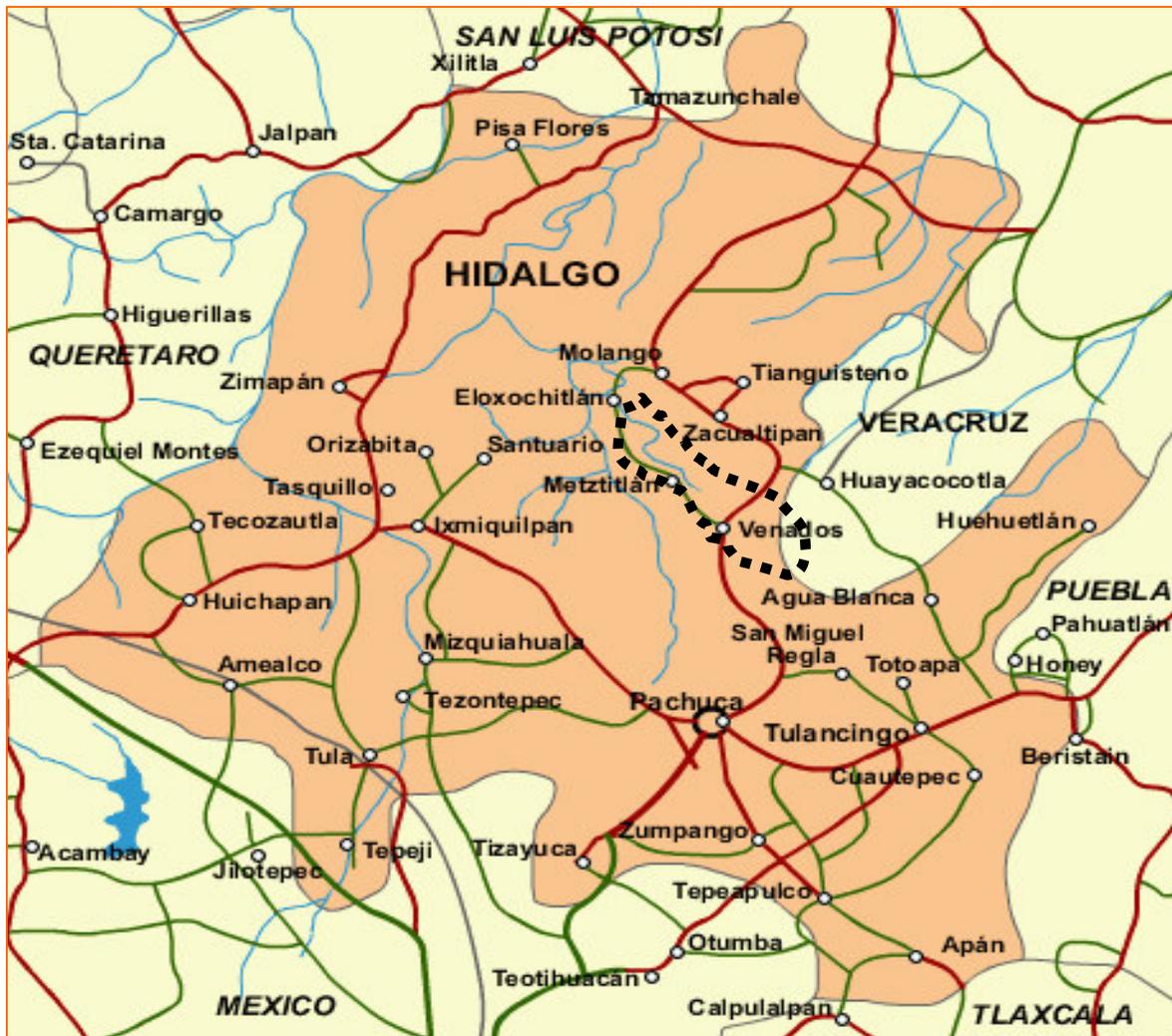


Figura 2. Distribución de *Cephalocereus senilis*

- **Habitat**

Se determina que *Cephalocereus senilis* vive bajo el rango altitudinal de 1150-2200 m. en pendientes muy pronunciadas y como elemento del matorral Crasicaule en grandes extensiones sobre laderas ricas en carbonato de calcio, areniscas y lutitas (Figura 3), y en climas del tipo BS, pueden soportar el frío, pero a las plantas jóvenes les conviene una temperatura no menor de 8 °C, un intervalo de 10 a 15° C, en invierno le sería muy adecuado; ésta especie llega a medir hasta 15 m. de altura.



Figura 3. Hábitat de *Cephalocereus senilis*

- **Importancia**

Las plantas jóvenes son muy apreciadas por coleccionistas y horticultores, siendo objeto de colectas inmoderadas que amenazan con la extinción de la especie, su crecimiento es lento, se le atribuye una edad de unos 200 años a los ejemplares que en el hábitat original poseen unos 10-12 m. de alto., su floración es nocturna, mayo-junio, estas plantas comienzan a ser floríferas cuando alcanzan casi 6 m. de alto. Su reproducción es fácil por semilla, también por esquejes, y se comienzan a reproducir por cultivo de tejidos. En algunos países de Europa se injerta sobre especies columnares, observándose buenos resultados.

- **CARACTERISTICAS DE ENDOMICORRIZAS**

El termino micorriza significa literalmente “hongo de la raíz” y se refiere a la asociación simbiótica mutualista que se desarrolla entre ciertos hongos del suelo y las raíces de las plantas superiores (Brock et al., 1987). Se trata de una simbiosis prácticamente universal, aproximadamente 97% de las familias vegetales tiene especies susceptibles de formar micorriza vesículo arbuscular. (Garfias, 1993).

En esta simbiosis el hongo coloniza de forma biotrófica la corteza de la raíz. La planta le suministra sustratos carbonados procedentes de la fotosíntesis, mientras que el mico simbiote heterótrofo ayuda al vegetal a captar nutrimentos minerales del suelo. (Azcón-Aguilar et al., 1991).

Tipos de micorriza:

| Tipos | Subtipos |
|---------------|--|
| Ectomicorriza | Ectendo micorriza Monotropoide micorriza |
| Endomicorriza | Encoide micorriza Arbutoide micorriza Micorriza Micorriza vesiculo arbuscular |

El hongo micorrízico puede absorber con mayor eficacia que la raíz, y las raíces micorrizadas viven mas tiempo y son menos sensibles a enfermedades que las raíces no infectadas (Brock et al., 1987). Las micorrizas vesiculo arbusculares (MVA) son en la práctica, raíces fisiológicamente modificadas por la presencia del hongo. Las MVA son parte integral de la planta y que, ciertamente, son el “órgano” encargado de la captación de nutrimentos y minerales del suelo. Los hongos MVA son simbiosis fisiológicamente obligados que no han podido ser aislados en cultivo puro y que necesitan estar colonizando a la raíz para completar su ciclo de vida.

- **Clasificación**

Los hongos MVA se clasifican entre los zygomycetes, debido a la presencia de micelio cenocítico, así como la presencia de quitina y quitosano en sus paredes (Griffin, 1981) y la gran similitud de las zigosporas producidas por los zygomycetes.

Clasificación de hongos MVA:

(Morton y Benny, 1990)

| CLASE | ORDEN | SUBORDEN | FAMILIA | GENERO |
|-------------|----------|---------------|-----------------|-----------------------------|
| | | | | <i>Glomus</i> |
| | | | Glomaceae | |
| | | | | <i>Sclerocystis</i> |
| | | Glomineae | | |
| | | | | <i>Acaulospora</i> |
| | | | Acaulosporaceae | |
| | | | | <i>Entrophospora</i> |
| Zygomycetes | Glomales | | | |
| | | | | <i>Gigaspora</i> |
| | | Gigasporineae | Gigasporaceae | |
| | | | | <i>Scutellospora</i> |

El orden Glomales consiste, como se mencionó anteriormente, de seis géneros que forman asociaciones mutualistas con las raíces de casi todas las angiospermas (Persad et al; 1992).

- **Morfología de la MVA.**

El hongo, forma con la raíz un consorcio fisiológico caracterizado por la presencia de estructuras típicas en la epidermis de la misma (Sieverding, et al., 1985) de las cuales se da el acrónimo de hongos micorrizicos vesiculo-arbusculares (MVA).

Los hongos que forman MVA se caracterizan por penetrar tanto intercelularmente como intracelularmente. Dentro de las células, las hifas del hongo emiten repetidas ramificaciones dicotómicas que dan lugar a los arbusculos, que son estructuras transitorias, especializadas fisiológicas y morfológicamente para el intercambio de nutrimentos. (Garfias,1993).

En algunos casos también se forman vesículas, que son estructuras de almacenamiento de reservas de tipo lipidico, las cuales tienen forma de saco con pared delgada y, se originan por el engrosamiento intercalar o terminal de las hifas intrarradicales (Schenck y Perez, 1990).

Las estructuras del hongo dentro de la raíz de la planta están en contacto con el micelio externo que rodea en forma de red difusa a la raíz, lugar en donde son formadas las azigosporas o clamidosporas del hongo libremente o en

esporocarpos: estructuras con cuya morfología es posible realizar la identificación de especies (Sieverding, et al 1985).

- **Distribución.**

Las MVA son el tipo de micorriza más frecuente, la cual es formada por un gran número de angiospermas (herbáceas, arbustivas y leñosas), gimnospermas, pteridofitas, particularmente Lycopodiaceae y Equisetaceae (Koske, 1981).

No se conoce, en general, una especificidad entre especies de hongos MVA y especies de plantas para la formación de la simbiosis. Las MVA se han encontrado distribuidas mundialmente. Su presencia es escasa, solamente en regiones acuáticas y en sitios donde predominan los hongos formadores de ectomicorriza.

Aunque los hongos que forman MVA se encuentran en todos los climas y en suelos en forma natural, su presencia cuantitativa puede variar considerablemente. Se observa que la distribución de las especies es heterogénea tanto en número de especies como también en su cantidad en los diferentes sitios.

- **Etapas de la simbiosis**

Las etapas principales de la simbiosis entre los hongos MVA y las plantas es la siguiente:

La raíz de una planta, susceptible en una circunstancia dada del ambiente puede infectarse con hongos MVA siempre y cuando este presente una estructura infectiva del hongo, la cual, es estimulada a germinar crecer cuando la raíz pasa por donde se encuentre este hongo (etapa A). Se consideran órganos o unidades infectivas y otras estructuras del hongo u otra raíz ya infectada.

Una vez que el hongo ha infectado la raíz, se redistribuye en ella, creciendo en la corteza, inter o intracelularmente, o en la superficie infectándola a ciertas distancias no definidas. En la corteza de la raíz se desarrollan las formas características: micelio interno arbusculos y vesículas (etapa B).

En la época de desarrollo dentro de la raíz, el hongo empieza a formar micelio externo, estructura por la que , absorbe los nutrimentos y los transporta a la raíz y es, en ese momento, cuando la simbiosis empieza a funcionar en forma benéfica para la planta (etapa C).

Ya en la raíz, el hongo empieza a reproducirse formando esporas asexuales en el micelio externo (etapa D) (Figura 4). La formación de esporas requiere aparentemente de carbohidratos de la planta, como también de algunos

nutrimentos. Las esporas son consideradas estructuras de supervivencia del hongo por largo tiempo en el suelo, especialmente en épocas en que no hay hospedero a su alcance (Sieverding et al., 1985). La fase interna de un hongo micorrizico no encuentra competencia ni antagonismo de otros microorganismos del suelo y tiene asegurada la fuente de nutrientes del hospedero. Esta ventaja los capacita para conseguir una biomasa más grande y funcional en contacto más íntimo con la raíz, aumentando por lo tanto, sus oportunidades de ejercer más efecto sobre las plantas que otras especies microbianas restringidas a la rizósfera (Gavito, 1991).

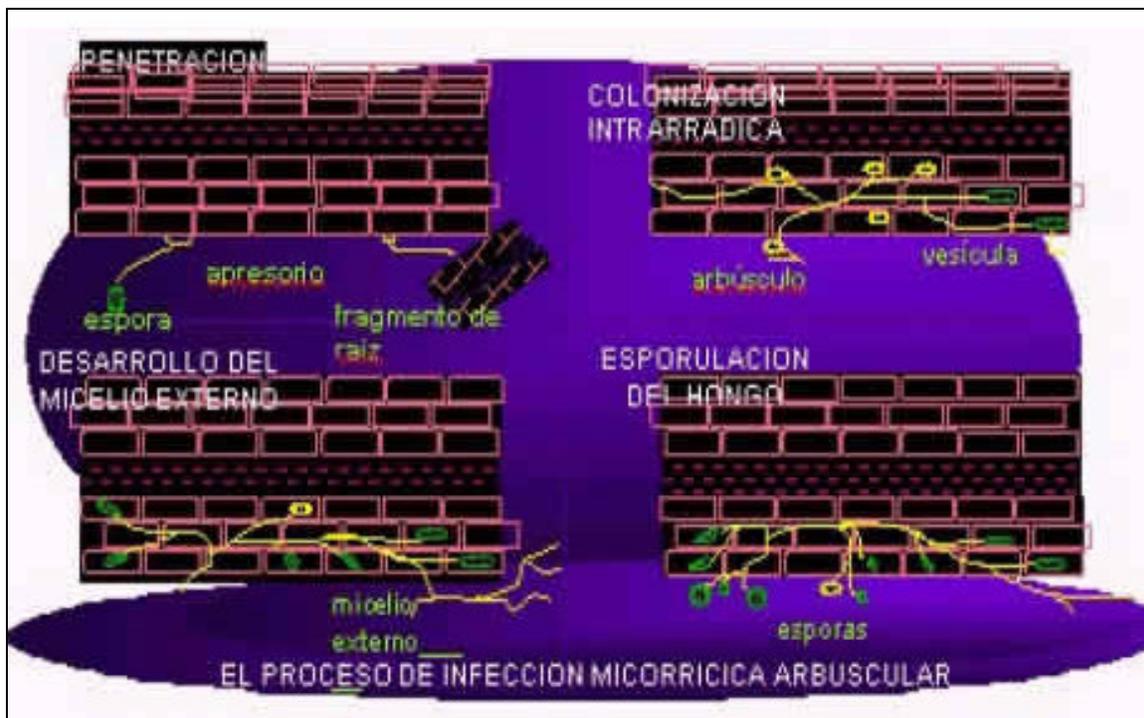


Figura 4. Proceso de infección de las raíces con micorrizas vesiculo arbusculares.

IV. MATERIALES Y METODOS

- **Características del área de experimentación.**

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 Koppen modificado por García.

El presente trabajo de investigación se realizó a partir del mes de marzo del 2001 y terminó en un lapso de 11 meses, se llevó a cabo en un invernadero con cubierta de plástico tipo túnel cubierto con malla de sombra de un 50% de cobertura.

Las plántulas de *Cephalocereus senilis* fueron proporcionadas por el jardín botánico de la FES Cuautitlán. Estas plantúlas se cultivaron en el laboratorio de botánica a partir de semilla y presentaron un tiempo de desarrollo de un año, y las cuales se desarrollaron en un sustrato compuesto por tezontle y tepojal (1:1) (Figura 5).

Para el desarrollo del experimento se utilizaron charolas de plástico para galletas con base de 15 cm de largo por 12 cm de ancho y 6 cm de profundidad, la altura del domo es de 7.5 cm, para proporcionar un ambiente húmedo necesario para el crecimiento. A todas las charolas se les realizaron perforaciones en la base para el drenaje.

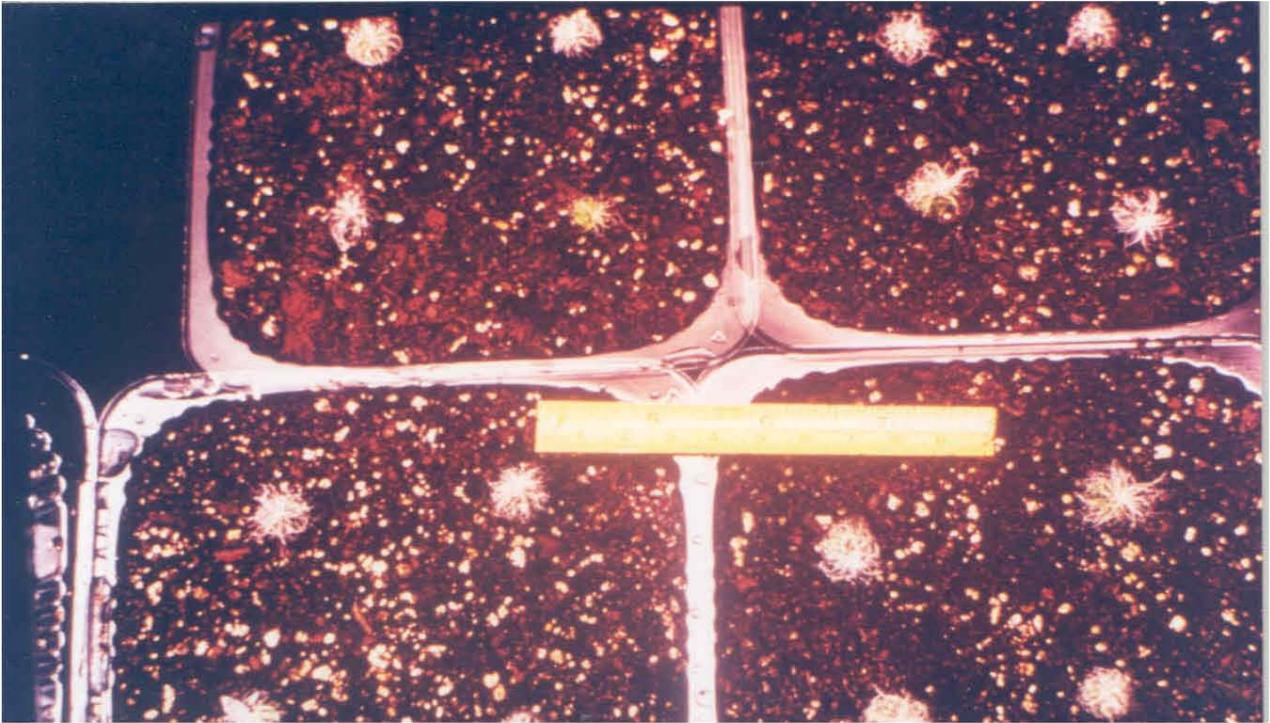


Figura 5. Plántulas de *Cephalocereus senilis* al inicio del experimento.

- **Sustratos empleados**

En la composición del nuevo sustrato se utilizaron peat moss, tezontle y tepojal, en proporción 1:1:1 esterilizados en autoclave por 15 minutos a 15 libras de presión (121°C).

- **Endomicorrizas empleadas**

En este experimento se emplearon los inoculantes de hongos endomicorrizicos comerciales Burize y PHC HortiC Plus (Figura 6), los cuales se integran de los siguientes elementos:

-El Burize se presenta en polvo y se mezcla con un líquido especial, contiene esporas que provienen de la familia Glomaceae.

-PHC Hortic Plus esta preparado en forma de polvo y presenta hongos MVA, ***Entrophospora columbiana***, ***Glomus intraradices***, ***G. Etunicatum***, ***G. clarum***; extractos de ***Yuca shidigera***, algas marinas (***Ascophylum nodosum***), y ácidos húmicos.

Cabe mencionar que la endomicorriza de la marca Burize, debe presentar un manejo adecuado, ya que es un producto con un costo elevado, además de que su viabilidad es corta.

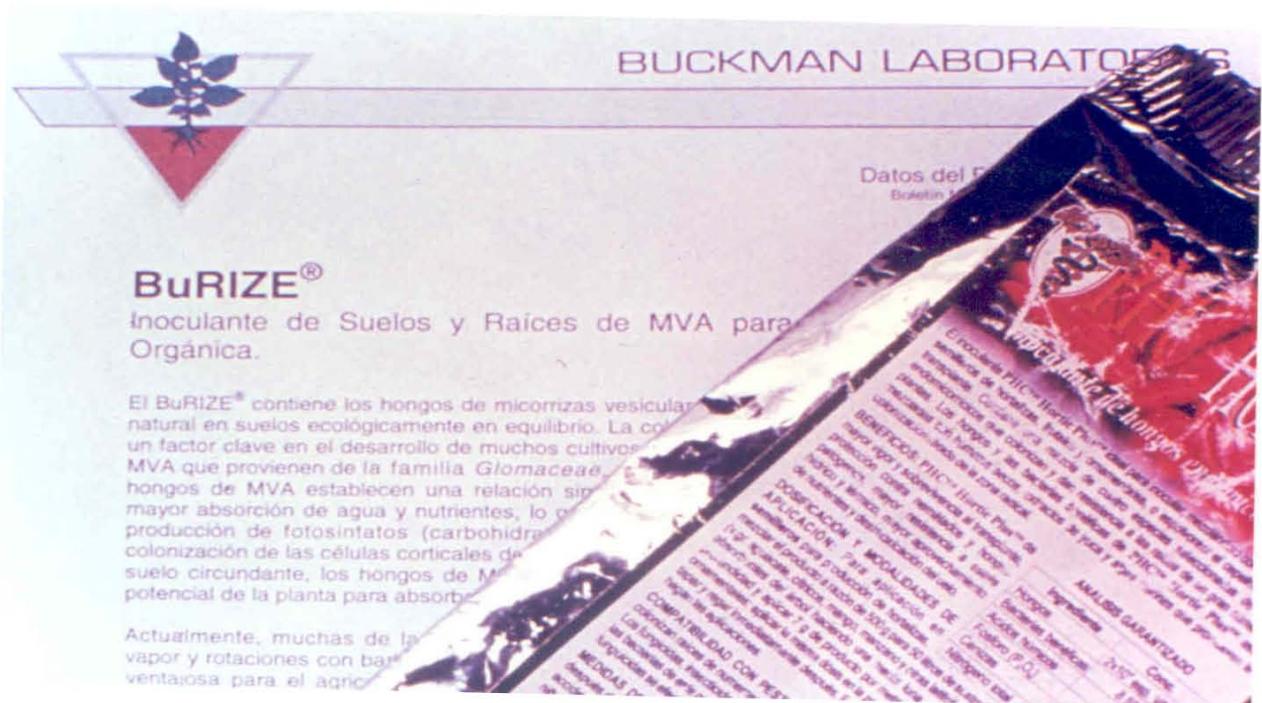


Figura 6. Endomicorrizas comerciales utilizadas: Burize y PHC Hortic Plus

COMPOSICION

| Inoculantes | Ingredientes | Concentración |
|--------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Burize | <i>Glomus intraradix</i> | 1.00 propágulo /cc 1.0 kg./l. |
| PHC Hortic plus | Hongos | 2x10 ⁸ esp .MVA/kg. |
| | Bacterias benéficas | 8500 UFC/g. |
| | Ácidos húmicos | 7.88% |
| | Fósforo | 10.53% |
| | Cenizas | 47.39% |
| | Nitrógeno total | 0.74% |

- **Tratamientos**

En las charolas se colocó el sustrato inoculado con las micorrizas a analizar, las mezclas empleadas se presentan en las siguientes proporciones:

Con Burize:

| | Cantidad |
|---------------------|-----------------|
| Testigo (T) | - |
| Tratamiento 1 (BT1) | 22.5 ml./0.5 l. |
| Tratamiento 2 (BT2) | 45 ml./0.5 l. |
| Tratamiento 3 (BT3) | 90 ml./0.5 l. |

Con PHC Hortic Plus:

| | Cantidad |
|---------------------|-----------------|
| Testigo (T) | - |
| Tratamiento 4 (HT4) | 2.5 gr./500 ml. |
| Tratamiento 5 (HT5) | 5 gr./500 ml. |
| Tratamiento 6 (HT6) | 10 gr./500 ml. |

Posteriormente estas mezclas previamente esterilizadas, se humedecieron con agua destilada, hasta la escala de 8 en el aparato medidor de humedad relativa Instamatic Duo, con el propósito de homogenizar la humedad en todos los

tratamientos, cada semana se aplicaron 100 ml. de agua destilada a cada unidad experimental para mantener una humedad constante.

Una vez realizado el trasplante en el nuevo sustrato a razón de 4 plántulas por charola, se taparon las charolas con el domo y se colocaron dentro de una bolsa de plástico para evitar la pérdida de humedad. Se mantuvo una temperatura máxima de 35°C y mínima de 25°C día/noche, con la ayuda de un tapete eléctrico, con termostato, un calentador eléctrico y además se utilizaron lámparas fluorescentes colocadas a 25 cm. sobre las charolas para otorgar luz adicional en las noches y completar un fotoperiodo de 16 horas de luz por 8 de oscuridad. Estos factores se controlaron por medio de un dispositivo automático (Figura 7).



Figura 7. Condiciones del experimento.

Al término del experimento los puntos a evaluar fueron, el aumento de altura y diámetro, número de areolas por costilla, número de costillas, así como la longitud de las raíces.

- **Diseño experimental**

Para el desarrollo del experimento se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, presentándose de la siguiente manera:

| Inoculantes | | Tratamientos | | |
|--------------------|-----|---------------------|-------|-------|
| Burize(B) | (T) | (BT1) | (BT2) | (BT3) |
| PHC Hortic plus(H) | (T) | (HT4) | (HT5) | (HT6) |

Se realizaron 6 tratamientos con 6 repeticiones cada uno, con 6 unidades experimentales como testigo, resultando 42 unidades experimentales, cada unidad experimental se conformó de 4 plántulas, dando un total de 168 plantas.

Se practicó mensualmente al azar, una redistribución de las unidades experimentales para evitar que factores como la incidencia de luz, o la temperatura de determinados lugares como las orillas del tapete influyera en el proceso de este experimento.

BLOQUES

| I | II | III | IV | V | VI |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. BT1 | 14. T | 15. BT1 | 28. T | 29. BT1 | 42. HT6 |
| 2. BT3 | 13. HT6 | 16. HT5 | 27. HT6 | 30. HT5 | 41. BT2 |
| 3. HT4 | 12. HT4 | 17. BT3 | 26. BT3 | 31. HT4 | 40. HT4 |
| 4. BT2 | 11. BT2 | 18. BT2 | 25. BT1 | 32. BT3 | 39. T |
| 5. HT5 | 10. HT5 | 19. HT4 | 24. HT5 | 33. BT2 | 38. BT1 |
| 6. HT6 | 9. BT3 | 20. HT6 | 23. BT2 | 34. HT6 | 37. BT3 |
| 7. T | 8. BT1 | 21. T | 22. HT4 | 35. T | 36. HT5 |

En este experimento se determinó la influencia de dos inoculantes micorrizicos, el de la marca Burize y el PHC HorticPlus, los cuales presentan diferente composición, se aplicaron con la finalidad de identificar al más eficaz en cuanto al aumento de crecimiento de plántulas de *Cephalocereus senilis*.

Se trabajo con 168 plántulas de *Cephalocereus senilis*, las cuales se buscaron fueran en lo posible homogéneas en su tamaño inicial. Todas las plántulas se mantuvieron bajo las mismas condiciones ambientales, además de que se realizó una distribución para evitar que diferentes factores como luz, temperatura y aireación alteraran el desarrollo del estudio.

En el tercer mes de iniciado el experimento se tomo al azar parte de tejido de las raíces de las plántulas inoculadas para observar mediante microscopia óptica la infección micorrizica y determinar estructuras fúngicas, se utilizó el ensayo de la colonización de la raíz por infección, la prueba dio como resultado la presencia de

vesículas, arbusculos y algunas esporas, pero en poca cantidad, por lo que se aplicó una segunda dosis a las mismas proporciones antes inoculadas.

Se aplicó el fertilizante soluble Hummert's DYNA GREEN (10-55-10), como complemento nutritivo para las plantas. En los últimos riegos se aplicaron 10 gotas por litro de ácido fosforico para regular el pH alrededor de 6.5

Al finalizar el experimento se midió la altura de la planta, el diámetro, se contó el no. de costillas, el no. de areolas por costilla y se midió la longitud de la raíz, fueron significativamente superiores con respecto a las plantas no inoculadas.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hay pocos estudios con respecto a la fisiología y ecología de los hongos micorrizicos en cactáceas, sin embargo, la micorriza arbuscular se ha encontrado relacionada con las raíces de la familia cactaceae

Es frecuente que las plantas vivan en condiciones de perturbación ambiental en las zonas áridas y semiáridas, por lo que en estos ecosistemas la micorriza es fundamental. (Ferrera – Cerrato, 1983).

En este trabajo se considera que los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que se logró determinar que la aplicación de endomicorrizas en ***Cephalocereus senilis*** es favorable para su desarrollo, además se encontró que tipo de micorriza puede ser más eficaz (Figura 8).

En el siguiente estudio, las micorrizas tienen la función de arraigar y disparar la biomasa. Sin embargo no todos los tratamientos mostraron los resultados esperados.

Las plantas con endomicorrizas presentaron mayor crecimiento que los tratamientos testigo, y las unidades experimentales que se les aplicó la marca Burize resultaron con un mejor desarrollo en sus plántulas que los tratamientos con PHC Horti Plus. (Gráficas 1, 2, 3, 4, 5).



Figura 8. Resultado de los tratamientos.

Con el objetivo de dar validez a los resultados se llevo a cabo un análisis de varianza ANOVA, el que determinó la diferencia entre los dos inoculantes, y para conocer las diferencias mínimas significativas entre los tratamientos, se utilizo la prueba de Tukey para cada parámetro estudiado.

En los análisis de varianza elaborados para cada parámetro en general, se observa que entre los distintos tratamientos existen diferencias significativas.

En el análisis de varianza se observa que la altura presento diferencias significativas causadas probablemente por efecto de la inoculación micorrizica, que influyo en el desarrollo de las plántulas (cuadro 1). En una relación simbiótica mutualística, la cual implica un intercambio de nutrientes fundamentalmente, la

planta cede al organismo hidratos de carbono procedentes de la fotosíntesis mientras que el hongo transfiere nutrientes (Reyes, 1993), en cuanto al desarrollo de *Cephalocereus senilis* bajo condiciones apropiadas la colonización micorrizica origina o promueve un gran incremento en el crecimiento vegetal (Tinker, 1984).

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | P | Ft |
|--------------|----|---------|--------|---------|------------|------|
| Bloques | 5 | 29.1733 | 5.8346 | 16.1079 | 1.0124E-07 | 2.53 |
| Tratamientos | 6 | 10.0733 | 1.6788 | 4.6349 | 0.0019 | 2.42 |
| Error | 30 | 10.8666 | 0.3622 | | | |
| Total | 41 | 50.1133 | | | | |

Cuadro1. Análisis de varianza para la variable altura.

F.V. Factor de variabilidad

GL Grados de libertad

SC Suma de cuadrados

CM Cuadrado medio

Fc F calculada

Ft F de tablas

P Probabilidad

Para el parámetro de altura, la prueba de Tukey indica que los tratamientos BT3 y BT2 presentan una diferencia significativa con respecto al testigo, el tratamiento BT3 mostró un mejor resultado en el desarrollo de la altura (Tabla 1).

De acuerdo con la prueba de Tukey, los tratamientos que mejores efectos produjeron en la altura de las plántulas fueron los enlistados en la tabla 1.

| |
|------------------------|
| $Q=7,30. .3622/6=1.09$ |
| BT3-T=1.45* |
| BT3-HT5=1.3* |
| BT3-HT4=1.1* |
| BT2-T=1.12* |

Tabla1. Tratamientos con los mejores resultados en cuanto al parámetro altura, según la prueba de Tukey.

Para el diámetro de la planta, la ANOVA muestra una diferencia significativa entre los tratamientos, infiriendo que el efecto de la inoculación micorrícica influye en el desarrollo de las plántulas (cuadro 2). En cuanto al desarrollo óptimo de la biomasa en *Cephalocereus senilis* puede ser causa de la utilización de peat moss como sustrato, ya que según Johnson, 1998, la materia orgánica favorece el desarrollo de la micorriza, y este sustrato contiene un 90% de dicho elemento.

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | P | Ft |
|--------------|----|---------|--------|---------|------------|------|
| Bloques | 5 | 1.5529 | 0.3105 | 10.6994 | 5.7126E-06 | 2.53 |
| Tratamientos | 6 | 0.7321 | 0.1221 | 4.2038 | 0.00348352 | 2.42 |
| Error | 30 | 0.8708 | 0.0291 | | | |
| Total | 41 | 31.1559 | | | | |

Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable diámetro.

En la prueba de Tukey para analizar el diámetro, los resultados nos indican que hay diferencia significativa entre el tratamiento BT2 y el testigo, el mismo caso para el tratamiento BT3, los otros tratamientos no muestran diferencias

significativas. Esta prueba nos señala que el tratamiento más eficaz para el desarrollo en cuanto a diámetro es el BT2 (Tabla 2).

Se observa que los tratamientos que mejor efecto produjeron en el diámetro de las plantas, son los que se detallan en la tabla 2.

| |
|------------------------------|
| $Q=7,30 \cdot .0291/6=.3104$ |
| BT2-T=.37* |
| BT3-T=.34* |

Tabla 2. Tratamientos con los mejores resultados, el parámetro de diámetro de acuerdo con la prueba de Tukey.

El análisis de varianza del número de costillas indico también diferencias estadísticas significativas causadas probablemente por la endomicorriza (cuadro 3).

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | P | Ft |
|--------------|----|----------|---------|---------|-----------|------|
| Bloques | 5 | 99.8333 | 19.9666 | 15.6261 | 1.393E-07 | 2.53 |
| Tratamientos | 6 | 44.8095 | 7.4682 | 5.8447 | 0.0003973 | 2.42 |
| Error | 30 | 38.3333 | 1.2777 | | | |
| Total | 41 | 182.9761 | | | | |

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable de no. de costillas.

La prueba de Tukey realizada para hacer el análisis entre los tratamientos y el testigo, en relación al no.de costillas, muestra que los tratamientos BT2, BT3, BT1 HT4 muestran diferencias significativas en comparación al testigo, destacando por su mejor resultado el tratamiento BT2 (Tabla 3).

La prueba de Tukey nos muestra los tratamientos con mejores resultados en cuanto al incremento de no. de costillas.

| |
|-------------------------|
| $Q=7,30. 1.2777/6=2.05$ |
| BT2-T=3.33* |
| BT3-T=3* |
| BT1-T=2.67* |
| HT4-T=2.5* |

Tabla 3. Tratamientos con mayor no. de costillas.

Para el análisis del parámetro areolas por costillas, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (cuadro 4).

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | P | Ft |
|--------------|----|----------|---------|--------|--------|------|
| Bloques | 5 | 19.7142 | 3.9428 | 0.9542 | 0.4611 | 2.53 |
| Tratamientos | 6 | 71.4761 | 11.9126 | 2.8832 | 0.0243 | 2.42 |
| Error | 30 | 123.9523 | 4.1317 | | | |
| Total | 41 | 215.1428 | | | | |

Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable no. de areolas por costilla.

En el parámetro areola por costilla, la prueba de Tukey muestra que el único tratamiento que presenta diferencia significativa con el testigo, es el BT2. (Tabla 4).

La prueba de Tukey señala que el siguiente tratamiento presento el mejor resultado.

| |
|-------------------------|
| $Q=7,30. 4.1317/6=3.70$ |
| BT2-T=4* |

Tabla 4. Tratamiento con mayor número de areolas por costillas, aplicando la prueba de Tukey.

El análisis de varianza para la longitud de raíz también muestra diferencias significativas por la probable interacción con la micorriza (cuadro 5). Al parecer los efectos de la micorriza arbuscular en las cactáceas son incrementar la longitud de las raíces, propiciar mayor capacidad de exploración de los recursos del suelo, favorecer la cantidad de biomasa radical y facilitar la absorción de agua y nutrimentos. (Rincón et al. 1993).

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | P | Ft |
|--------------|----|---------|--------|--------|------------|------|
| Bloques | 5 | 31.36 | 6.272 | 7.8739 | 7.8234E-05 | 2.53 |
| Tratamientos | 6 | 13.4947 | 2.2491 | 2.8235 | 0.02671574 | 2.42 |
| Error | 30 | 23.8966 | 0.7965 | | | |
| Total | 41 | 68.7514 | | | | |

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz.

Para la longitud de raíz, en la prueba de comparación de promedio de Tukey, se obtiene que solo el tratamiento BT3 muestra diferencias significativa en cuanto al testigo, es el tratamiento que proporciono mayor desarrollo en este parámetro (Tabla 5).

Con la aplicación de la prueba de Tukey, el resultado en longitud de raíz fue el siguiente:

| |
|------------------------|
| $Q=7,30. .7965/6=1.62$ |
| $BT3-T=1.65^*$ |

Tabla 5. Tratamiento con mayor longitud de raíz, según la prueba de Tukey.

Sobresalieron con los mejores resultados los tratamientos compuestos con la endomicorriza de la marca Burize, específicamente los tratamientos BT2 y BT3, es decir a la inoculación de concentraciones media y alta de endomicorriza se observó mejor desarrollo en todos los parámetros, altura, diámetro, número de costillas, areola por costilla y longitud de raíz.

Por otro lado, las asociaciones micorrizicas pueden incrementar la actividad nitrogenasa mejorando la capacidad de adquisición directa o indirecta de nitrógeno.

La presencia de nitrógeno en la endomicorriza PHC Hortic plus aunado con el que adquieren las micorrizas pueden ser causa de una inhibición en el desarrollo de las plántulas de *Cephalocereus senilis*, ya que según Cullmann (1986) la utilización de compuestos nitrogenados 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. Probablemente esta sea la principal razón, de porque la endomicorriza PHC Hortic plus, mostro niveles más bajos de desarrollo

en las plántulas de ***Cephalocereus senilis***, que los obtenidos con la endomicorriza Burize.

Para considerar los beneficios micorrizicos es necesario tener presente otras características en el desarrollo de la especie. En particular, el establecimiento de la plántula y el crecimiento también son afectados por factores como la luz, temperatura, pH, agua, aereación, eficacia del fertilizante y organismos patógenos.

Dentro de los factores que afectan el establecimiento, desarrollo y función de la asociación micorrízica se encuentran:

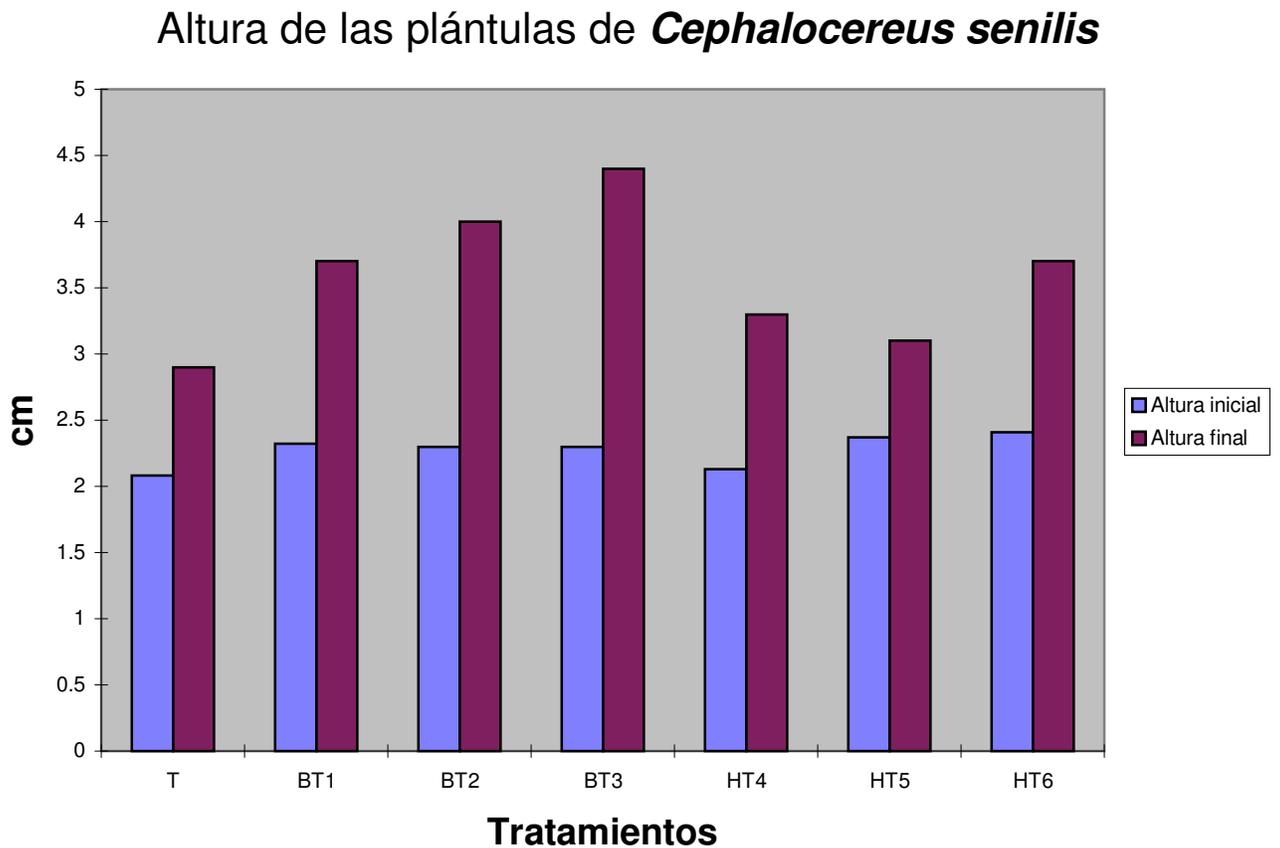
- 1) especie vegetal (dependencia micorrízica), 2) endófito (especificidad), 3) tasa de fotosíntesis, 4) condiciones del suelo y 7) aplicación de pesticidas (Barca y Azcón-Aguilar. 1983).

La respuesta de crecimiento de las plántulas de ***Cephalocereus senilis*** apoya la idea de que la aplicación de endomicorrizas estimula el desarrollo vegetativo. La parte micótica de la micorriza recibe azúcares de la planta hospedante y esta obtiene una mejor absorción de fosfato y en general, nutrimentos del suelo, N, Cu, Zn, entre otros. (Salisbury, 1984), esta micorrización mejora el crecimiento gracias al sistema hifal que se desarrolla fuera de la raíz y permite una mayor exploración del suelo, se extiende normalmente más allá de la zona de agotamiento de nutrimentos poco móviles e incrementan la captación de dichos elementos.

Sin embargo, aún se necesitan más investigaciones para estimar la influencia de la micorriza arbuscular en el crecimiento y atributos fisiológicos de plantas

crasuláceas, en particular de la influencia de la micorriza en la eficiencia de absorción de agua y nutrimentos en sistemas de variación estacional. (Rincón et. al. 1993).

VI. GRAFICAS



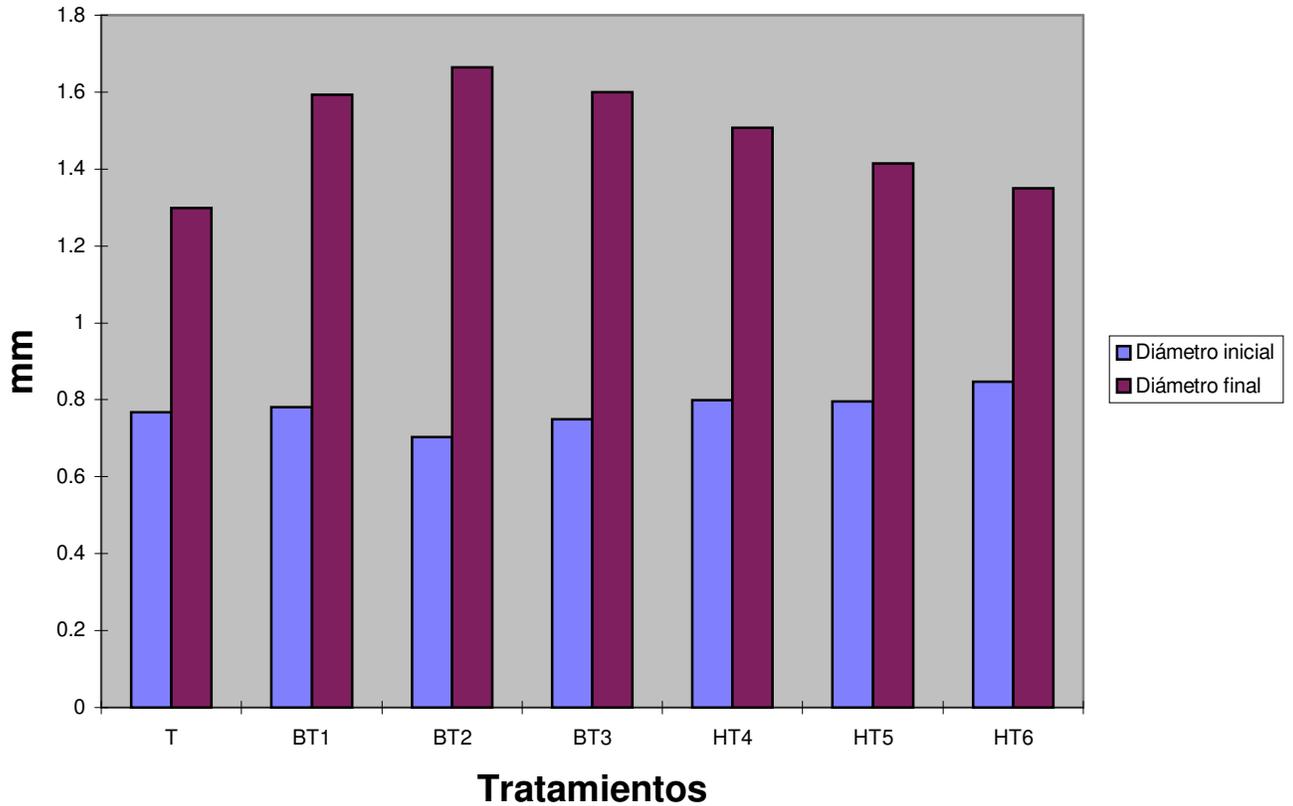
Grafica 1. Comparación de los tratamientos en el parámetro altura con relación a los dos tipos de inoculantes y el testigo. Se puede observar que los tratamientos con endomicorrizas presentaron mayor altura, destacando los tratamientos con Burize, y sobresaliendo el tratamiento BT3.

T Testigo

BT1, BT2, BT3 Tratamientos con Burize.

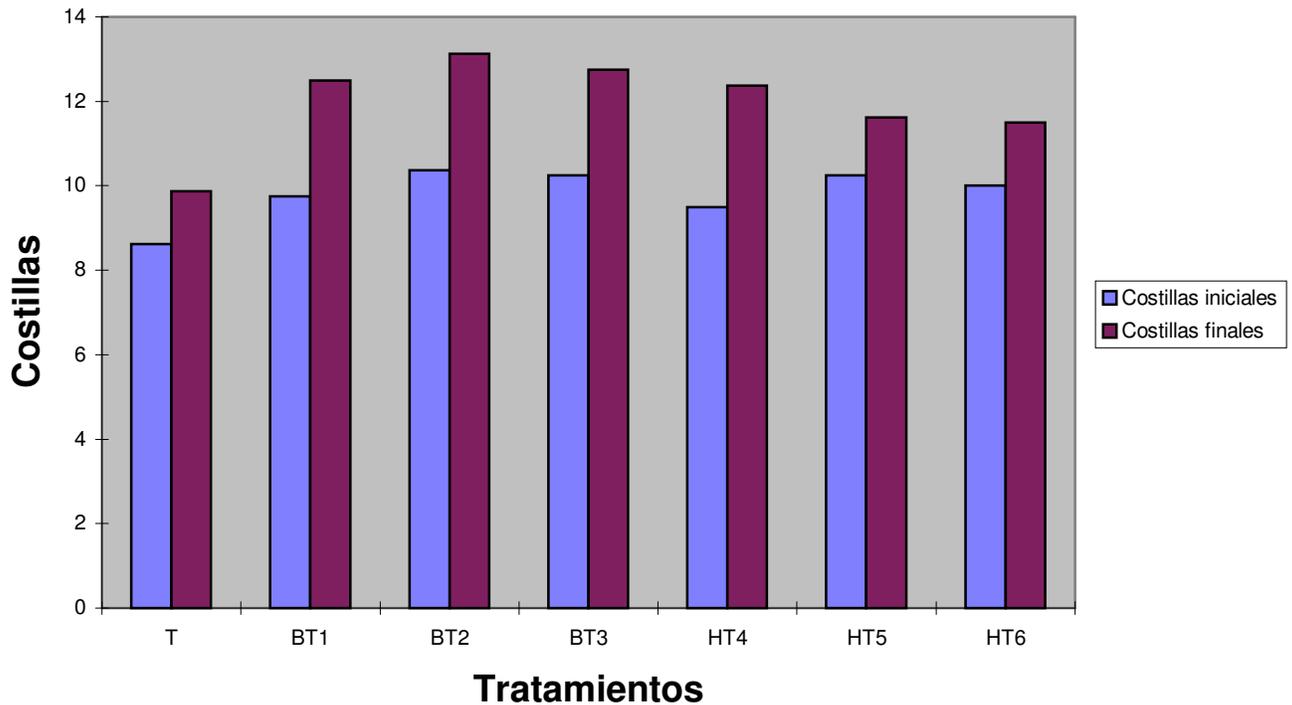
HT4, HT5, HT6 Tratamientos con PHC Hortic plus.

Diámetro de las plántulas de *Cephalocereus senilis*



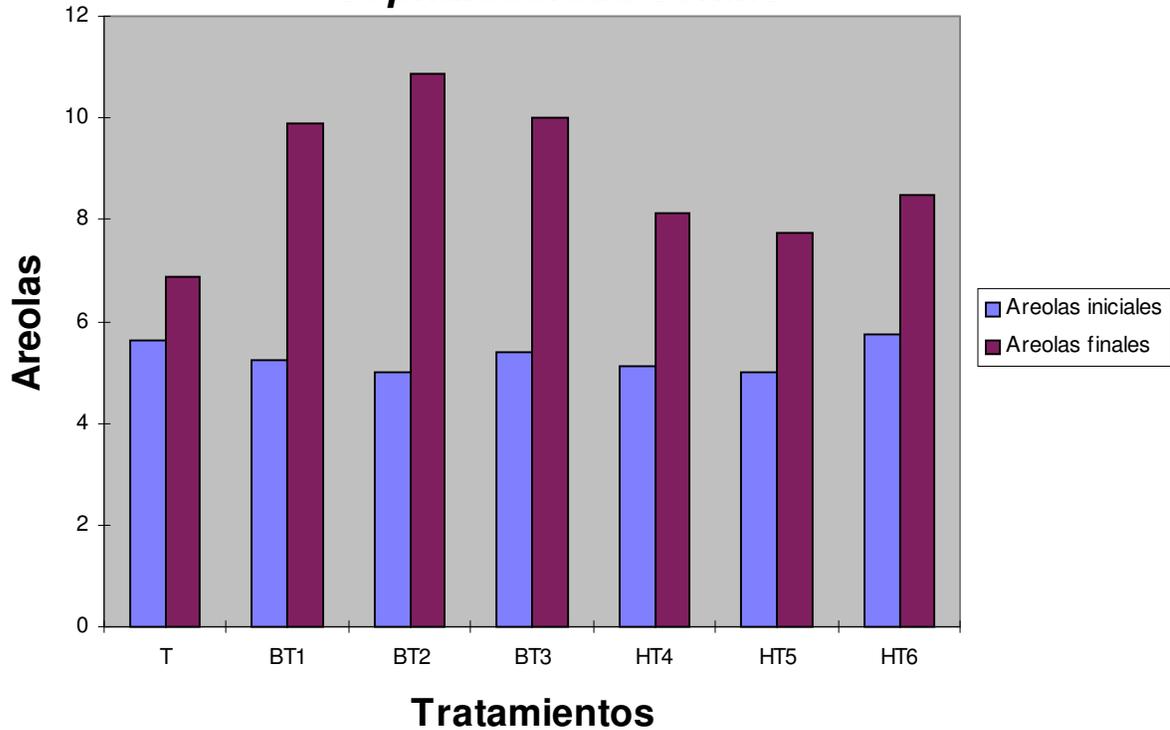
Grafica 2. Comparación de los tratamientos en el parámetro diámetro con relación a los dos tipos de inoculantes y el testigo. Se muestra que los tratamientos con endomicorizas presentaron más diámetro que el tratamiento testigo, también los tratamientos con Burize mostraron mejores resultados, particularmente el tratamiento BT2.

Número de costillas de las plántulas de *Cephalocereus senilis*



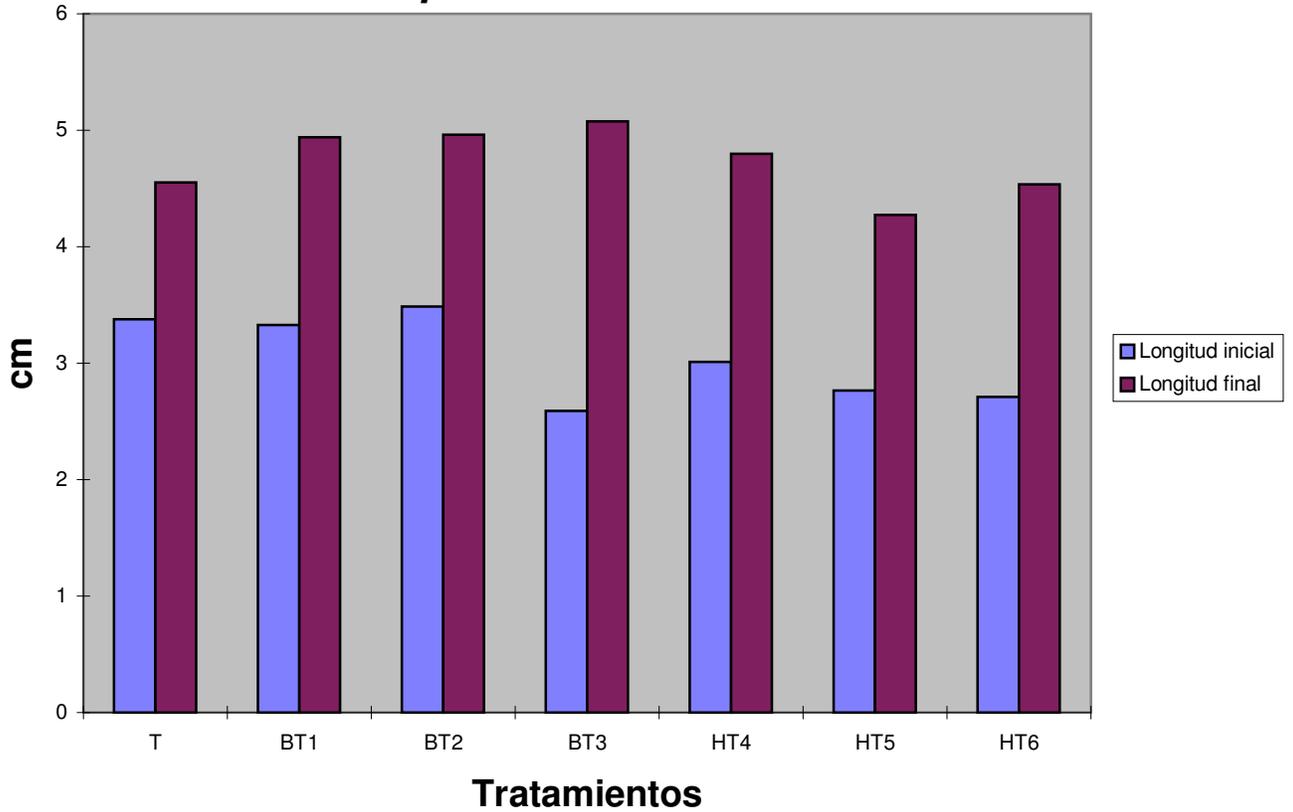
Grafica 3. Comparación de los tratamientos en el parámetro número de costillas con relación a los dos tipos de inoculantes y el testigo. Aquí también se presenta la diferencia entre los tratamientos con endomicorriza y el testigo, pero aunque siguen resaltando los tratamientos con Burize, no es tan marcada la diferencia. El tratamiento que presenta el mayor número de costillas fue el BT2.

Areolas por costillas de plántulas de
Cephalocereus senilis



Grafica 4. Comparación de los tratamientos en el parámetro areolas por costilla con relación a los dos tipos de inoculantes y el testigo. Se observa que los tratamientos con endomicorrizas obtuvieron mejores resultados, y el tratamiento BT2 fue el mas alto.

Longitud de la raíz de las plántulas de *Cephalocereus senilis*



Grafica 5. Comparación de los tratamientos en el parámetro longitud de la raíz con relación a los dos tipos de inoculantes y el testigo. Las diferencias de resultados entre los tratamientos ya no son tan notables, pero siguen siendo los tratamientos con Burize los de mejores resultados, destacando el tratamiento BT3.

VII. CONCLUSIONES

- Los tratamientos con endomicorrizas presentan un aumento en crecimiento, además de que se observan más vigorosas en contraste con los tratamientos sin endomicorriza.
- La inoculación con Burize proporcionó a la planta mayor desarrollo vegetativo en comparación con el otro inoculante, y se observó una mayor biomasa.
- Los efectos de la asociación micorrizica son principalmente atribuidos a una extensión del sistema radical y el consecuente mejor acceso de nutrientes.
- El método de propagación empleando endomicorrizas debe utilizarse como una alternativa mas para la conservación de esta especie.
- Este estudio contribuye a conocer los requerimientos de esta cactácea en su desarrollo y crecimiento.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, K.E., y Montalvo M.A. 1996. Evaluación del crecimiento inicial de *Mammillaria plumosa* Web. Bajo dos sustratos y tres fertilizantes. Tesis profesional. FESC-UNAM.
- Andrade-Lima, D. 1981. The caatingas dominium. Revista Brasil. Bot. 4: 149-163.
- Anónimo. 1980. Plantas en peligro de extinción. Biótica 8(3): 64-67.
- Arcela I., et al. 1999. Caracterización fonológica y fisiológica de una población silvestre de pitayo *Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum asociada con micorrizas vesiculo-arbusculares. Agrociencia 33: 91-98.
- Azcón Aguilar C., F. García- García y J. M. Barea. 1991. Germinación y crecimiento axénico de los hongos formadores de micorrizas vesículo- arbuscular. Fijación y movilización biológica de nutrientes. Consejo superior de investigaciones científicas. Madrid.
- Barea, J.M. and C. Azcon – Aguilar. 1983. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen fixing plant. Adv. Agronomy 36: 1-54.
- Ballesteros, O.J. 1978. Los cactus y otras plantas suculentas. Ed. Roberto G. para Floraprint. Valencia. España. 144.
- Bracamontes, R. 1978. Notas sobre la Barranca de Tolantongo, Hgo. Cact. Suc. Méx..23(2). 42-46.
- Bravo, H. 1937. Las Cactáceas de México. UNAM. pp. 204-211.
- Bravo, H. y Sánchez, M. 1978. Las Cactáceas de México. Vol. I. UNAM. Pp. 666-671.
- Bravo, H. Y Sánchez, M. 1991. Las cactáceas de México, Vol. II, III. UNAM, México.
- Britton y Rose.1963. The Cactaceae. Description and illustration of plants of the cactus family. Dover Publ.
- Brock T. D.,D. W. Smith y M. T. Madigan. 1987. Microbiología. Cuarta edición. Prentice Hall Hispanoamericana. México. 906 p.
- Castillo, S. R. Ferocactus hixtrix distribución geográfica y hábitat, revista Cactáceas y suculentas de México, vol. 28. 1er bimestre de 1983.
- Chacon, H. 1984. Ecología de las poblaciones de *Cephalocereus senilis*. Tesis de Licenciatura. FESI. UNAM. México. P. 48.

- Corona y Yañez, 1983. Estudio de dos poblaciones de *Cephalocereus senilis* en la barranca de Meztlán, Hgo., Cactaceas y suculentas Mexicanas. Organó de la Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. Octubre-Noviembre. No. 4.
- Corona y Yañez, 1984. Propagación de *Cephalocereus senilis* mediante cultivo de tejidos. Cactaceas y suculentas. Enero-Marzo. No.1.
- Cruse, R.R. 1949. "Chemurgie survey of the desert flora in American Southwest". Econ. Bot. 3: 111-131.
- Cullmann, W,E, Götz, G. Gröner, 1986. The encyclopedia of cacti. Ed. British Library Cataloguing. Rep. Fed. Of Alemania.
- Diguét, León. 1928. Las cactáceas útiles du Mexique. Sec. Nat. d'Acclimation de France. IV. Paris.
- Felger, Richard S. et M.B.Mosser. 1974 a. «Columnar cacti Seri Indian food plant: Desert subsistence without agriculture». Ecol. Food Nutr. 5: 13-27.
- Ferrera- Cerrato, R. 1983. La micorriza vesículo-arbuscular en los diferentes agroecosistemas. Pp. 13-17. In: Simposium La sequía y su impacto. Colegio de postgraduados, Montecillos, Edo. de México.
- Field, R. 1963. Notas de Australia. Bol. Soc. Suc. Méx. 13(3):74.
- Fuller, D. and S. Fitzgerald. 1987. Conservation and comerce of cacti and other suculents. World Wildlife Fund. Washington, D.C. 264 PP.
- Garfias, A. 1993. Germinación In vitro de esporas de hongos micorrícicos vesículo arbuscular. Tesis de Licenciatura. IPN. ENCB. Pp.7-17.
- Gavito P. M. E. 1991. Estudio de los HMVA asociados al maíz en el volcán Malitzin Tlaxcala. México. Tesis (Mastria en Edafología). Facultad de Ciencias. U.N.A.M.
- Gómez. 1999. Efecto del Burize sobre la producción de tomate bajo un análisis de retorno a la inversión en el valle de Guasave, Sinaloa. Congreso Nacional de Micología, Jornadas Científicas. P. 12.
- Greenwood, E. 1964. Notas sobre la orientación fototrópica del Pseudophalio en dos especies mexicanas de *Cephalocereus*. Soc. Bot. Méx. 8(1): 3-7.
- Griffin, D.H. 1981. Fungal Physiology. John Willey & Sons. Nueva York.

- Hernández, H. y Godinez H. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana*. 26:33-52.
- Hernández, M. y Sánchez M. 1999. Propagación de cactáceas Mexicanas con problemas de sobrevivencia. *Amaranto* 12 (1) 22-27. ITESM Campus Queretaro.
- Johnson, N.C. 1998. Responses of *Salsola Kali* and *Panicum virgatum* to mycorrhizal fungi phosphorus and soil organic matter: implications for reclamation *J. Appl, Ecol.* 35: 86-94.
- Johnston, Ivan M. 1924. "Expedition of the California Academy of Sciences to the Gulf of California in 1921". *Proc. Calif. Acad. Scien.* IV 12: 951-1228.
- Jones Luchsinger 1979. *Plant Systematics*. Ed. Mc. Graw-Hill. P.388.
- Kirwan, A. 2002. Variación de la cantidad de esporas de micorrizas en un gradiente altitudinal del cerro "El Cutac". UNAM. ENEP Iztacala. UBIPRO. Laboratorio de Microbiología.
- Koske R. E. 1981. Multiple germination by spores of *Gigaspora gigantea*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 76: 328-330.
- Mastrangel, W. 1953. The mexican old man. *Cac. Jour. Suc. Amer.* 25(2):55-56
- Molina, R. y J.M. Trappe. 1984. Mycorrhiza Management in Barerrot Nurseries. In: Durye, M.L. y T.D. Landis (eds.), *Forest Nursery Manual: Production of Barerrot Seedlings*. Martinus Nijhoff/ Dr. W. Junk Publishers, La Haya, Oregon. 211-223.
- Moreno, Ma. Paloma. 1995. Las cactáceas: Producción y comercialización y medidas de protección. Tesis Profesional. FESC- UNAM. Pp. 4-7, 17-43.
- Morton, J. B. y G. L. Benny. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporinae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporeaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon*. 37: 471-479.
- Nava G., J.A., H. Luna Zendejas, A. Estrada Torres y J.L. Martínez. P. 1997. Condición micorrízica de algunas cactáceas del estado de Tlaxcala. Pp. 256 In: VI Congreso nacional de Micología. IX Jornadas Científicas. Tapachula, Chiapas.
- Persad-Chinnery S. B., L. E. Chinnery y R. B. G. Dales. 1992 Enhancement of in vitro spore germination of *Gigaspora rosea* by a cellulase preparation. *New. Phytol.* 40. 626- 628.
- Piña Luján, Héctor Zelaya de la Parra et. Elsa Martinez Gálvez. 1979. "Producción de grana o cochinilla fina en el estado de Oaxaca". *Tecnología LANFI* 4:3-7.

- Ramírez, R. y G. Palma. 1980. Proyecto para una reserva ecológica en Huacayotla, Ver. INIREB.
- Reyes, M.A. 1993. La micorriza vesículo arbuscular en la asociación soya maíz con énfasis en la transferencia de fósforo y nitrógeno. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de Edafología. Montecillo, Edo de México. Pp. 5-9.
- Reyes S. J., 1994. Métodos para propagación de cactáceas. *Amaranto*. 7(2): 1-12.
- Rincón, E., P. Huante and J. Ramírez. 1993. Influence of vesicular arbuscular mycorrhizae on biomass production by the cactus ***Pachycereus pecten-aboriginum***. *Mycorrhizae* 3:79-81.
- Rzedowski, J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana; una apreciación analítica preliminar. *Acta Bot. Mex.* 15: 47:64.
- Salisbury, F.B. y C. W. Ross. 1984. *Fisiología Vegetal*. Iberoamericana. México. P.152.
- Salvat, Enciclopedia de jardinería y Flora, número del 135-140. España. 1997.
- Serrano, M.J. 1983. Diseño para el establecimiento de una unidad de demostración y cultivo de cactáceas silvestres del Valle de México. Tesis de licenciatura de Ingeniería Agrícola. FES Cuautitlán. UNAM. México. 1983.
- Shenck N. C. y Y. Pérez. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. 3rd ed. Synergistic Publications, Gainesville.
- Sieverding E., M. Sánchez de Prager y O. N. Bravo. 1985. Investigación sobre micorrizas en Colombia. Memorias del 1er. Curso Nacional sobre micorriza. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Colombia.
- Tinker, P.B. 1984. The role of microorganisms in mediating and facilitating the uptake of plant nutrients from soil. *Plant and soil* 76:77-91.
- Uphof, J.C. 1968. *Dictionary of economic plants*. J. Graner. Lehre.
- Vovides, G. 1981. Plantas en peligro de extinción. *Biótica* 11(4): 20-35.

IX. APENDICE

Pruebas de Tukey

1 ALTURA

DMSR

Q $\alpha = 0.05$
g. l. error, k medias

Di > DMSR *sig.
Di < DMSR n.s

DMSR = Q CM error/n
N = repeticiones

Q = $\alpha = 0.05$
K medias, g. l. Error . CME/n

Q = 7,30 . .3622/6 Q = 4.46 . .0603 Q = (4.46) 8.2456) = 1.09

| | | | |
|-----------------------------|----------------------------|------------------|-------------|
| BT3⇒4.41-T⇒2.96 = 1.45* | BT2⇒4.08-T⇒2.96 = 1.12* | BT1-HT4 = .48 | HT5-T = .15 |
| BT3⇒4.41-HT5⇒3.11 = 1.3* | BT2⇒4.08-HT5⇒3.11 = .97 | BT1-HT6 = .02 | |
| BT3⇒4.41-HT4⇒3.3 = 1.1* | BT2⇒4.08-HT4⇒3.3 = .78 | HT6-T = .8 | |
| BT3⇒4.41-HT6⇒3.76 = .65 | BT2⇒4.08-HT6⇒3.76 = .32 | HT6-HT5 = .65 | |
| BT3⇒4.41-BT1⇒3.78 = .63 | BT2⇒4.08-BT1⇒3.78 = .3 | HT6-HT4 = .46 | |
| BT3⇒4.41-BT2⇒4.08 = .33 | BT1-T = .82 | HT4-T = .34 | |
| | BT1-HT5 = .67 | HT4-HT5 = .19 | |

2 DIAMETRO

$$Q = \alpha = 0.05$$

K medias, g. l. Error . CME/n

$$Q = 7,30 \cdot .0291/6 = (4.46) (.0696) = .3104$$

| | | | |
|---------------|---------------|---------------|-------------|
| BT2-T = .37* | BT3-T = .34* | BT1-HT5 = .18 | HT6-T = .06 |
| BT2-HT6 = .31 | BT3-HT6 = .28 | BT1-HT4 = .09 | |
| BT2-HT5 = .25 | BT3-HT5 = .22 | HT4-T = .21 | |
| BT2-HT4 = .16 | BT3-HT4 = .13 | HT4-HT6 = .15 | |
| BT2-BT1 = .07 | BT3-BT1 = .04 | HT4-HT5 = .09 | |
| BT2-BT3 = .03 | BT1-T = .3 | HT5-T = .12 | |
| | BT1-HT6 = .24 | HT5-HT6 = .06 | |

3 NUMERO DE COSTILLAS

$$Q = \alpha = 0.05$$

K medias, g. l. Error . CME/n

$$Q = 7,30 \cdot 1.2777/6 = (4.46) (.4614) = 2.05$$

| | | | | |
|----------------|----------------|---------------|---------------|--------------|
| BT2-T = 3.33* | BT3-T = 3* | BT1-T = 2.67* | HT4-T = 2.5* | HT6-T = 1.67 |
| BT2-HT6 = 1.66 | BT3-HT6 = 1.33 | BT1-HT6 = 1 | HT4-HT6 = .83 | |
| BT2-HT5 = 1.5 | BT3-HT5 = 1.17 | BT1-HT5 = .9 | HT4-HT5 = .67 | |
| BT2-HT4 = .83 | BT3-HT4 = .5 | BT1-HT4 = .17 | HT5-T = 1.83 | |
| BT2-BT1 = .66 | BT3-BT1 = .33 | | HT5-HT6 = .16 | |
| BT2-BT3 = .33 | | | | |
| | | | | |

4 AREOLA POR COSTILLAS

$$Q = 7,30 \cdot 4.1317/6 = (4.46) (.8298) = 3.70$$

| | |
|----------------|----------------|
| BT2-T = 4* | BT1-T = 3 |
| BT2-HT5 = 3 | BT1-HT5 = 2 |
| BT2-HT4 = 2.67 | BT1-HT4 = 1.67 |
| BT2-HT6 = 2.33 | BT1-HT6 = 1.33 |
| BT2-BT1 = 1 | HT6-T = 1.67 |
| BT2-BT3 = .83 | HT6-HT5 = .67 |
| BT3-T = 3.17 | HT6-HT4 = .34 |
| BT3-HT5 = 2.17 | HT4-T = 1.33 |
| BT3-HT4 = 1.84 | HT4-HT5 = .33 |
| BT3-HT6 = 1.5 | HT5-T = 1 |
| BT3-BT1 = .17 | |

5 LONGITUD DE LA RAÍZ

$$Q = 7,30 \cdot .7965/6 = 4.46 \cdot .1317 = (4.46) (.3642) = 1.62$$

| | |
|----------------|---------------|
| BT3-T = 1.65* | BT1-T = .75 |
| BT3-HT6 = 1.49 | BT1-HT6 = .59 |
| BT3-HT5 = 1.37 | BT1-HT5 = .47 |
| BT3-HT4 = 1.3 | BT1-HT4 = .4 |
| BT3-BT1 = .9 | HT4-T = .35 |
| BT2-BT2 = .4 | HT4-HT6 = .19 |
| BT2-T = 1.25 | HT4-HT5 = .07 |
| BT2-HT6 = 1.09 | HT5-T = .28 |
| T2-HT5 = .97 | HT5-HT6 = .12 |
| BT2-HT4 = .9 | HT6-T = .16 |
| BT2-BT1 = .5 | |