

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de la Nutrición Química en el Desarrollo de *Cephalocereus senilis* (Haw.)

Pfeiffer Cactácea Ornamental de

Importancia Comercial

Por:

YESENIA ELIZABETH LÓPEZ RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de la Nutrición Química en el Desarrollo de *Cephalocereus senilis* (Haw.)
Pfeiffer Cactácea Ornamental de Importancia Comercial

Por:

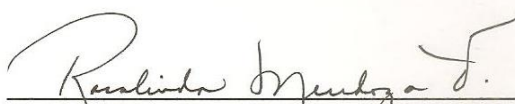
YESENIA ELIZABETH LÓPEZ RODRÍGUEZ


TESIS

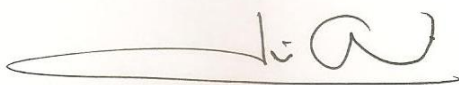
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA


Aprobada


Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Asesor Principal


M.C. Juan David Sánchez Chaparro
Coasesor


Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía


Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Junio 2014

AGRADECIMIENTOS

A DIOS PADRE

Por darme la oportunidad de estar en esta vida y tener el deseo de superarme, porque a pesar de todos los obstáculos estoy concluyendo esta etapa de mi vida. Y más aún por la hermosa familia que me ha dado.

A MI ALMA TERRA MATER Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”

Por brindarme la oportunidad de formar parte de esta honorable institución, lo cual es un privilegio y un gran orgullo.

A MIS ASESORES

Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar

Por brindarme su confianza y apoyo, gracias a su experiencia y conocimientos compartidos, he aprendido a manejar nuevas herramientas que han sido parte fundamental y me seguirán siendo útiles en el proceso de mi vida laboral.

A MI ASESOR EXTERNO MC. Juan David Sánchez Chaparro Investigador INIFAP C.E. Saltillo

Por depositar su confianza en mí para colaborar en un trabajo de meses de investigación, por sus conocimientos y también regaños, gracias a usted ahora tengo nuevas visiones en la vida

AL INIFAP

Por dejarme realizar el presente trabajo de tesis dentro del proyecto de investigación nacional “Generación de tecnología para la propagación de nochebuena y cactáceas ornamentales de importancia comercial”, el cual me ha permitido conocer el potencial de mi formación académica para la solución de problemas

A MIS AMIGAS María Flora Ramos Sánchez Beatriz Adriana Constantino Díaz Berenice Bonilla Morales

Que me supieron comprender a pesar de todo y me acompañaron durante mi formación, gracias por la gran amistad que me brindaron.

A

Toda la familia “LÓPEZ RODRÍGUEZ” que siempre será mi fuente de inspiración para superarme día a día.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Rafael López Alvarado.

Elda E. Rodríguez López

Gracias **mamita** primero que nada por darme la vida, por apoyarme en lo que he decidido emprender, por tus consejos que me han servido muchísimo para enfrentar todos los obstáculos, por aquellas palabras de ánimo, muchas gracias recuerda que te amo muchísimo.

Gracias **papito**, por la decisión de que un día yo naciera. Por creer en mí, por tu apoyo incondicional, por la confianza; quiero decirte que te admiro y te amo mucho porque has trabajado muchísimo para sacarnos adelante, eres mi gran ejemplo de superación.

A MIS HERMANOS

Gracias hermanos lindos por apoyarme siempre, por confiar y nunca haber dudado de lo mucho que lograría por ustedes, por estar siempre para mí y nunca olvidar la gran unión que tenemos, para ustedes todo mi amor, respeto y agradecimiento.

A MI NOVIO

Juan Antonio López López

Gracias amor primeramente por estar a mi lado, por apoyarme en todas las decisiones sin dudarlo, por hacer que mi estancia por este mundo sea bella y llena de satisfacciones. Por hacerme feliz te deseo lo mejor...que Dios te bendiga siempre...Te amo mi vida.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS.....	6
INDICE DE CUADROS.....	6
RESUMEN.....	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
II. OBJETIVOS.....	9
III. HIPÓTESIS.....	10
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
<i>Cephalocereus senilis</i> (Haw.) Pfeiffer.....	11
Origen y clasificación Botánica de <i>Cephalocereus senilis</i>	12
Anatomía y morfología de <i>Cephalocereus senilis</i>	13
Importancia económica de las cactáceas.....	14
Vulnerabilidad de las cactáceas a la extinción.....	17
Anatomía de las cactáceas.....	19
Epidermis e hipodermis.....	20
Clorénquima (región fotosintética).....	21
Xilema y floema.....	21
Requerimientos edafoclimáticos.....	22
Métodos de propagación en cactáceas.....	24
Propagación por semilla.....	24
Nutrición con macronutrientes (N,P y K).....	26
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
Localización y características del sitio experimental.....	28

Establecimiento y manejo del experimento.....	28
Material vegetal.....	28
Fertilizantes.....	28
Materiales	29
Descripción de los tratamientos	29
Aplicación de los tratamientos	30
Variables evaluadas.....	30
Altura de la planta	30
Diámetro de la planta.....	31
Diseño Experimental.....	31
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
Resultados de diámetro y altura de la planta.....	32
Diámetro	32
Altura	34
VII. CONCLUSIONES.....	37
VIII. LITERATURA CITADA	38
IX. ANEXOS	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Cabeza de viejito en etapa de comercialización	12
Figura 4.2 Principales cactáceas comerciales	15
Figura 4.3 Cabezas de viejito en etapa adulta como ornamental.	16
Figura 4.4 Tejido del parénquima	20
Figura 4.5. Tejido de xilema y floema	22
Figura 4.6. A) Semillas de <i>cephalocereus senillis</i> en el depósito de una flor seca, B) Semillas contadas y seleccionadas.	25
Figura 5.1 Plantulas de cabeza de viejito de 3 meses de edad	28
Figura 6.1. Resultados del diámetro promedio presentado por <i>Cephalocereus senillis</i> a los 30 días de tratamiento en respuesta a las distintas aplicaciones de fertilización química. Tukey ($p<0.05$).	33
Figura 6.2. Resultados de la altura promedio presentado por <i>Cephalocereus senillis</i> a los 30 días de tratamiento en respuesta a las distintas aplicaciones de fertilización química. Tukey ($p<0.05$).	35

INDICE DE CUADROS

Cuadro 5.1. Fertilizantes y cuadyuvantes utilizados	29
Cuadro 5.2 Soluciones nutritivas evaluadas	30
Cuadro 6.1 Comparación de medias para diámetro de la planta.	32
Cuadro 6.2 Comparación de medias para altura de la planta.	34

RESUMEN

La baja tasa de crecimiento de las cactáceas ornamentales es el principal problema que enfrentan los productores de este tipo de plantas. Con este fin se estudió el efecto de soluciones nutritivas para acelerar la etapa de crecimiento de *Cephalocereus senilis* (Haw.) Pfeiffer también conocida como “viejito” en un vivero de producción comercial. La investigación se llevó a cabo en el vivero de cactáceas ornamentales que se encuentra en el Museo del Desierto A.C. ubicado en la ciudad de Saltillo, Coahuila.

Se evaluaron cinco soluciones nutritivas y una solución testigo (productor) elaboradas a partir de fertilizantes de alta solubilidad; la aplicación de las soluciones nutritivas se realizó con una frecuencia de 10 días durante un período de 30 días. Las variables a evaluar fueron diámetro y altura de planta. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente bajo un diseño de bloques completamente al azar con una prueba de medias Tukey ($P > 0.05$).

Como resultado se encontró una diferencia significativa entre tratamientos. El tratamiento con mejor efecto en diámetro y altura fue HakaphosD (N, P, K: 18-18-18) en combinación con el agente biológico *Glomus intraradices* (Micorriza INIFAP® 14800 esporas⁻¹ gr de producto formulado). Los resultados de este estudio indican que la aplicación del fertilizante químico HakaphosD (N, P, K: 18-18-18) en combinación con *Glomus intraradices* (Micorriza INIFAP®) permite incrementar significativamente el crecimiento en un 41 y 36% para diámetro y altura respectivamente en esta importante cactácea ornamental.

Palabras clave: *Cephalocereus senilis*, nutrición, micorriza.

I. INTRODUCCIÓN

La flora de México es considerada una de las más ricas y variadas del mundo, producto de su particular ubicación geográfica, historia ecológica, topografía accidentada y diversidad climática. Tal riqueza florística está compuesta por 282 géneros, localizados en su mayoría en las regiones áridas y semiáridas, en las cuales ha evolucionado una flora peculiar en el mundo; las cactáceas, constituyen un importante recurso filogenético, que debe ser protegido. La familia de las cactáceas es un grupo distintivo del continente Americano, La familia Cactaceae contiene entre 1500 y 1800 especies, tradicionalmente divididas en tres subfamilias: Pereskioideae, Opuntioideae y Cactoideae, siendo sugerida una cuarta subfamilia: Maihuenioideae (Nyffeler, 2002; Mihalte *et al.*, 2010). La subfamilia Opuntioideae contiene entre 220 y 350 especies (Griffith y Porter, 2009).

El comercio mundial de cactáceas ornamentales, genera un ingreso superior a los cuatro mil millones de dólares anuales. En México la producción es menor, generando anualmente un millón de plantas que representan un ingreso aproximado de 1.5 millones de dólares. Sin embargo, para las especies de los géneros; *Epithelantha*, *Ariocarpus*, *Astrophytum*, *Aztekium*, *Coryphantha*, *Disocactus*, *Echinocereus*, *Escobaria*, *Mammillaria*, *Melocactus*, *Obregonia*, *Pachycereus*, *Pediocactus*, *Pelecyphora*, *Sclerocactus*, *Strombocactus* y *Turbinicarpus* la producción de plantas no supera el 5% de dicho volumen, por lo que es necesario atender este nicho de mercado nacional e internacional (Villavicencio *et al.*, 2010).

El 60% del territorio nacional está conformado por zonas donde la lluvia es escasa y poco predecible, sin embargo en estas regiones se concentra una parte importante de la biodiversidad mexicana, incluyendo gran número de endemismos, es decir, especies que solo se desarrollan en áreas restringidas, tal como las cactáceas (Martínez, 2000).

La demanda de las cactáceas como plantas de ornato ha ocasionado que muchas de ellas sean extraídas directamente del campo en forma de manera ilegal, por lo que las poblaciones silvestres están siendo mermadas constantemente, lo cual conlleva a estragos ecológicos irreversibles y causa prácticamente la exterminación completa de algunas especies, prácticas como la recolección excede a la tasa natural de reproducción. Las poblaciones naturales de muchas de las especies han sido afectadas por las presiones del desarrollo humano, principalmente debido a la conversión del terreno para usos agrícolas y/o pecuarios y a las actividades de extracción de las plantas en su hábitat, para su venta en mercados nacionales e internacionales.

En la producción masiva de cactáceas, los productores se enfrentan a diversos problemas fitosanitarios, técnicos y de manejo, algunas especies son difíciles de cultivar por; escaso desarrollo de sus raíces, pudrición radical por sensibilidad a la humedad, crecimiento muy lento y falta de pigmentos fotosintéticos en algunas especies (Reyes, 1997).

En el manejo de la nutrición se habla de relaciones de los tres principales nutrientes (N, P y K), pero no hay una solución nutritiva específica que se haya utilizado en el desarrollo de éstas especies.

II. OBJETIVOS

General

Determinar el efecto de la nutrición química (N-P-K) en el desarrollo de *Cephalocereus senilis* (Haw.) Pfeiffer cactácea ornamental de importancia comercial.

Específicos

- a) Evaluar el efecto de la fertilización química en el desarrollo de plantas de *Cephalocereus senilis*.
- b) Determinar el mejor tratamiento con efecto en el desarrollo de esta importante cactácea ornamental.
- c) Generar nuevo conocimiento para la producción de cactáceas ornamentales.

III. HIPÓTESIS

- El desarrollo de *Cephalocereus senilis* será afectado por la aplicación de nutrición química.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

Cephalocereus senilis (Haw.) Pfeiffer

Cephalocereus senilis (Haw.) Pfeiffer, o mejor conocido como “cabeza de viejito” o “viejito” es una cactácea columnar que puede llegar a mediar hasta 15 m de altura y que por lo general solo presenta un tallo simple aunque a veces se ramifica desde la base. Su diámetro mide hasta 40 cm, es de color claro cuando es joven adquiriendo una tonalidad grisácea conforme va creciendo; presenta de 12 a 15 costillas en etapas juveniles, no obstante puede llegar a tener más de 30. Sus areolas son grandes, poco prominentes, circulares y juntas entre sí, provistas de numerosas cerdas blancas que miden 12 a 30 cm de largo conservándose solo en la parte superior del tallo cuando la planta alcanza su etapa adulta. Sus espinas (de una a cinco), son de color amarillento y miden hasta 5 cm.

Una característica distintiva de esta especie es la formación de un pseudocefalio semiperiférico y lateral que se caracteriza por la abundancia de cerdas criniformes y espinas setosas de color blanco a grisáceo; aparece en el ápice del tallo cuando el cacto alcanza la etapa reproductiva siendo esta la zona fértil de la planta. Las flores aparecen en los meses de abril y mayo, son solitarias y brotan de una en una, son nocturnas de color rosa claro y se desarrollan ocultas en un pseudocefalio. El fruto aparece de tres a cuatro semanas después de que la flor cerró, es de forma ovoidal y presenta escamas pequeñas con presencia de tricomas, difícilmente se desprende de las plantas por lo que la dispersión de semillas es realizada por las aves que abren el fruto estando aún en el pseudocefalio (Bravo-Hollis, 1978). Es una especie endémica de la Barranca de Metztitlán y que se encuentra citada en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 en categoría de amenazada. Debido a que es una especie potencialmente comercial y a que en la región de Metztitlán

se ha creado invernaderos que intentan su propagación, es necesario realizar estudios sobre germinación de sus semillas para realizar sugerencias útiles a los productores. Según reportes *C. senilis* es endémica de México cuya distribución se restringe al estado de Hidalgo, y parte de los estados de Guanajuato y Veracruz en México (Bravo y Sánchez, 1991).

Comercialmente *Cephalocereus senilis* (haw.) Pfeiffer es una de las cactáceas ornamentales más solicitadas en el mercado, en Saltillo, Coahuila su volumen de ventas es de aproximadamente 80, 000 plantas por año, volumen que de acuerdo a información proporcionada por el productor cooperante es insuficiente para satisfacer la demanda por parte del mercado.



Figura 4.1 Cabeza de viejito en etapa de comercialización

Origen y clasificación Botánica de *Cephalocereus senilis*

Género – *Cephalocereus*

Especie - *Cephalocereus senilis*

El centro de origen primario de *Cephalocereus Senilis* es el Continente Americano, siendo las regiones áridas y semiáridas las de mayor número de especies en nuestro país, la porción sureste del desierto Chihuahuense, y la

zona árida Querétaro-Hidalguense, la diversidad de especies es sobresaliente, fuera de estas regiones su diversidad disminuye drásticamente. En América existen algunas otras regiones relativamente ricas en especies de cactáceas, como el suroeste de los Estados Unidos de América, el noreste de Brasil y la porción norte de Argentina junto con algunas regiones de Bolivia y Perú (Bravo y Scheinvar, 1995).

Anatomía y morfología de *Cephalocereus senilis*

Las cactáceas han evolucionado características anatómicas y fisiológicas particulares, que les han permitido colonizar los ambientes áridos. Entre ellas podemos mencionar la estructura suculenta o crasa de sus troncos, la cuál les permite acumular gran cantidad de agua en sus tejidos. Sus hojas se han reducido o prácticamente están ausentes, con lo cual reducen la evapotranspiración, y la fotosíntesis se lleva a cabo entonces en la superficie de sus tallos. El pecíolo, que es la estructura que normalmente sostiene a la hoja en las plantas comunes, está transformado en una estructura llamada podario o tubérculo, y las yemas de crecimiento están transformadas en unas estructuras denominadas areolas, en las cuales se desarrollan espinas, lana, cerdas y pelos, cuya abundancia, número y tamaño varían dependiendo de la especie. La función de estas estructuras es de protección, tanto para evitar la depredación como los daños derivados de una exposición prolongada a la radiación solar directa. En las areolas también se desarrollan las estructuras reproductoras: las flores y los frutos (Jiménez-Sierra y Reyes, 2003).

La mayoría de las cactáceas no muestran diferencias morfológicas entre las ramas vegetativas o juveniles y aquellas maduras que portan las estructuras reproductivas. El área de las ramas o tallos asociados a la reproducción en el que se producen los cambios morfológicos recibe el nombre de zona florífera. Las zonas floríferas han sido denominadas indistintamente cefalios o pseudocefalios (Anderson, 2001)

La producción de semilla de cactáceas se puede realizar a partir de “plantas madre” mantenidas o conservadas *ex situ* en bancos de germoplasma, como: jardines botánicos o colecciones ordenadas de plantas. Sin embargo este tipo de colecciones *ex situ*, presenta la desventaja de que en ellos se mantiene muy pocos ejemplares por especie, representando una baja diversidad genética intraespecífica (León-lobos, 2008)

Importancia económica de las cactáceas

En México la familia de las cactáceas está representada por 67 géneros con alrededor de 625 especies, lo que la constituye como un grupo importante de la flora nativa de nuestro país. Dentro de esta familia se encuentran plantas con valor evolutivo, ecológico, histórico, cultural y económico incuestionable (Bárceñas, 2006). Los frutos, néctar y polen son básicos para la permanencia de otras especies que son parte fundamental de muy complejos ensambles biológicos; algunas especies son altamente ornamentales, por lo que son condicionadas por coleccionistas estadounidenses, europeos y asiáticos, lo que aunado a la destrucción de sus hábitats las han llevado al borde de la extinción (Villavicencio, 2002).

De las especies de cactáceas mexicanas se estima que más del 35% están clasificadas en diversos grados de riesgo, ya sea amenazadas, en protección especial o en peligro de extinción, lo que significa que estamos acabando con nuestros recursos genéticos, sin tener una idea precisa de la utilidad que representan para la humanidad (Aldete *et al.*, 2006; Guzmán *et al.*, 2007; Villavicencio *et al.*, 2010)

Por lo peculiar de sus flores, formas, hábitos de crecimiento, tipo y forma de espinas (figura 2.2) así como su resistencia a la falta de agua hace de las cactáceas un grupo muy demandado en horticultura ornamental mundial. La fascinación que existe por las cactáceas como plantas de ornato es una de las

razones por la cual se les considera como uno de los grupos más amenazados de la flora mexicana (Espinosa *et al.*, 2003).

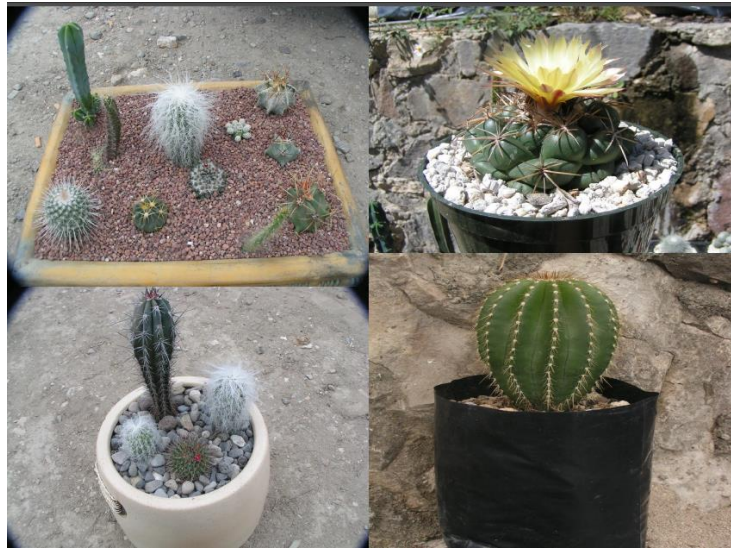


Figura 4.2 Principales cactáceas comerciales

Numerosas investigaciones científicas confirman que los productos derivados de los cactus pueden ser utilizados eficientemente como una fuente de fitoquímicos, tales como mucílagos, fibras, pigmentos y antioxidantes (Nazareno, 2010).

Entre los usos más importantes de las cactáceas diversos autores citan los siguientes:

a) Ornamental

Los cactus ornamentales son plantas de sol que se comercializan con propósitos decorativos como plantas de maceta de interior o exterior; sin embargo, en viveros o invernaderos de plantas ornamentales (figura 2.3) donde se requiere de una propagación intensiva, es necesario que las especies de dominio público y sus variantes como es el caso de *E. micromeris conservensus* caracteres morfológicos (forma de la planta, tamaño, color de la flor, textura de los tubérculos, presentación de espinas, color de la pubescencia, etc.) para que

la producción de plantas mantenga sus características de distinción, homogeneidad y estabilidad en forma continua durante el tiempo de su propagación(Sistema Nacional Certificación de Semillas (SNICS), 2001; Aboites y Martínez , 2005)



Figura 4.3 Cabezas de viejito en etapa adulta como ornamental.

b) Alimento

La mayoría de los frutos de las cactáceas son comestibles, tales como las tunas, xoconoxtles, garambullos, pitayas, pitahayas, quiotillas, tunillos, teteches, etc. Asimismo se pueden consumir los tallos o cladodios como hortaliza. Por otra parte, de algunas biznagas se elabora confitería como el dulce de acitrón. También se puede mencionar el aprovechamiento de flores de varias especies en forma de verdura (Mercado y Granados, 2002)

El valor alimenticio de estos frutos se debe a su alto contenido de agua, azúcares, vitaminas y minerales que aportan, los cuales son básicos en la dieta de los pobladores mestizos e indígenas que viven en las zonas áridas y semiáridas del país (López, 2006).

Las semillas de *Polaskia chichipe* y *Escontria chiotilla* se consumen sus frutos en fresco (Luna y Aguirre, 2001).

La utilización de frutos de cactus con el propósito de elaborar jugos ha tenido creciente interés porque implica la utilización de pigmentos naturales asociados a su vez a las propiedades benéficas para la salud que estos confieren. La pulpa de frutos de cactus ha sido empleada en la formulación de bebidas con el propósito de aprovechar el poder pigmentante de las betalaínas; compuestos con propiedades antioxidantes (Sáenz *et al.*, 2006; Guzmán-Maldonado *et al.*, 2010).

Nazareno (2010) realizó una exposición en la que presentó una revisión de los usos tradicionales y populares de los productos de cactus y de los resultados de los estudios científicos más recientes sobre las propiedades medicinales. El interés de muchas investigaciones se enfoca en el análisis de pigmentos (betacianinas y betaxantinas) y de otras, aunque pocas refieren a los flavonoides de especies y variedades de cactus (Moussa-Ayoub *et al.*, 2010).

Vulnerabilidad de las cactáceas a la extinción

Una de las razones por las cuales muchas especies de cactáceas se encuentran en riesgo, se debe al gran endemismo de sus poblaciones. El endemismo se refiere a que sus poblaciones sólo se encuentran en una determinada área geográfica. De los 913 taxones registrados para México, 518 especies (25 géneros) y 206 subespecies son endémicas de México. Es decir, que el 80% de los taxones que habitan en nuestro país, no se encuentran en ninguna otra parte del mundo. La extensión geográfica ocupada por una especie endémica es muy variable.

Algunas, aunque son endémicas de México, tienen una amplia distribución, ocupando varios estados, como es el caso del garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), que se encuentra distribuido en 18 estados, o la tuna cardana, *Opuntia streptacantha*, que se encuentra en 13 estados. Otras especies tienen rangos más estrechos de distribución, como la biznaga *Ferocactus glacescens*, que se encuentra sólo en cuatro estados del centro

(San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro e Hidalgo) o la pequeña *globosa* *Mammillaria standleyi*, que se encuentra distribuida en cuatro estados del norte (Sonora, Chihuahua, Durango y Sinaloa). Otras especies tienen rangos de distribución aún más estrechos. Por ejemplo, la columnar *Neobuxbaumia macrocephala*, sólo se ha registrado en el estado de Puebla; la *Obregonia denegii*, en Tamaulipas, y la *Turbincarpus horripilus*, sólo se ha encontrado en Hidalgo (Guzmán *et al.*, 2007).

Entre los géneros más vulnerables se encuentran: *Ariocarpus*, *Aporocactus*; *Astrophytum*, *Astekium*, *Cephalocereus*, *Echinocactus*, *Epithelantha*, *Obregonia*, *Geohintonia*, *Leuchtembergia*, *Strombocactus* y *Lophophora*. La actividad humana está teniendo fuerte impacto en las poblaciones de cactáceas, se da la destrucción de hábitats naturales debido a la construcción de caminos, la agricultura, La minería y la extracción de plantas por coleccionistas o comerciantes (Boyle y Anderson, 2002).

México posee 925 especies de cactáceas que equivalen al 60% de todas las especies del mundo. Casi el 80% de las especies mexicanas son endémicas, 285 especies están clasificadas en alguna categoría de riesgo (amenazadas, protección especial o en peligro de extinción),entiéndose por especie amenazadas aquellas especies o poblaciones de las mismas, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad biológica, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

Las especies sujetas a protección especial, son aquellas especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación (Benítez y Dávila. 2002).

En peligro de extinción se clasifican a aquellas especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

Los campos de aplicación de la NOM-O59-ECOL-2002 son: posesión, uso, aprovechamiento y colecta científica de ejemplares, partes, productos, subproductos y derivados procedentes de su medio natural o de criaderos y viveros o cualquier otro medio de reproducción donde intervenga el hombre; las mismas disposiciones aplican a la conservación, protección, transformación, uso o aprovechamiento del hábitat donde ocurren las especies y subespecies de flora y fauna listadas en esta Norma (Benítez y Dávila. 2002).

Anatomía de las cactáceas

Sin duda algunas de las plantas más desarrolladas y sofisticadas que existen en el mundo, son las cactáceas, donde su morfología y fisiología están encaminadas al aprovechamiento eficiente del agua, es decir mejores canales de captación y almacenamiento. Para ello, estas plantas han desarrollado cualidades morfológicas y fisiológicas que les permiten perder el mínimo de agua de sus tallos (Ortíz, 2000).

Estas especies presentan un tallo carnoso que puede crecer en forma de órgano, globular, cilíndrico y candelabro. La diferencia entre las cactáceas y las plantas C3 y C4 es que presentan un tipo de metabolismo conocido como Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (MAC), que les permite sobrevivir en ambientes secos. Éste tipo de plantas son de crecimiento lento, lo que las obliga a desarrollar grandes tejidos de reserva, donde almacenan durante el día moléculas llenas de energía química y por la noche producen ácido málico como resultado de la fijación de CO₂ atmosférico. Para guardar estos ácidos

nocturnos, las plantas son forzadas a formar tejido no fotosintético que les permite guardar agua (Ordoñez, 2003; Mauseth, 2004; Nobel y Barrera, 2004).

En el tallo se distribuyen meristemos laterales frecuentemente latentes compuestos por dos yemas, que producen espinas y otras que producen brotes axilares o yemas florales (Buxbaum, 2000).

Los tejidos de almacenamiento (parénquima) (figura 2.1) están muy desarrollados lo que les permite conservar agua y nutrientes durante prolongados periodos de sequía.

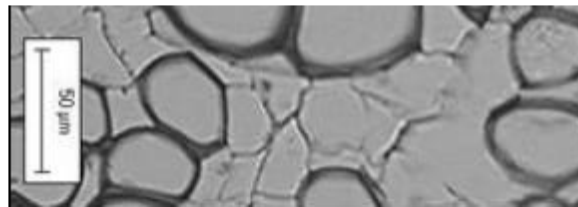


Figura 4.4 Tejido del parénquima

En las cactáceas a nivel general, el estudio de los tejidos que integran los tallos son:

Epidermis e hipodermis

La epidermis está formada por una gruesa cutícula impermeable de células cuya estructura varía con el tiempo, pues son distintas las que existen en la zona de crecimiento de las células que cubren la parte media del tallo o de las que se encuentran en las proximidades de la raíz.

La pared exterior de la epidermis está cubierta por una capa de secreciones cerosas, la cual recibe el nombre de cutina y tienen como función proteger al tejido verde fotosintético y reducir la pérdida de agua (Cordero, 1999).

Las principales funciones de la epidermis son:

- Retención de agua dentro del cuerpo de la planta.
- Protección contra la intensidad de la luz, plagas y enfermedades
- Control del intercambio gaseoso.

La hipodermis está compuesta de un tipo de células llamadas colénquima, que son usadas por la planta como soporte mecánico, esta zona está formada por un número variable de hileras de células que presentan contornos irregulares que se caracterizan porque sus partes comúnmente están engrosadas y contienen altas concentraciones de pectina y hemicelulosa, pero no de lignina; la pectina retiene el agua con la cual llena las paredes y lo hacen duro pero flexible, con lo cual los tallos pueden extenderse y contraerse al perder agua sin sufrir daños (Cordero, 1997).

Clorénquima (región fotosintética)

Debajo de la hipodermis se distingue una capa de células de color verde intenso que constituye este tejido, es aquí donde se transforma el agua y el CO₂ en azúcares en presencia de luz, mediante el proceso conocido como fotosíntesis, la luz atraviesa la epidermis y llega al clorénquima, donde es absorbida por la clorofila y carotenos presentes en los cloroplastos.

Xilema y floema

El xilema (elementos vasculares) se localiza entre la médula y el tejido parenquimatoso siendo su función abastecer a los tejidos con agua y minerales del suelo vía las raíces y transportarlos azúcares del clorénquima hasta el resto de la planta. (Cruz., *et al* 1995).

El tejido de almacenamiento parenquimatoso (floema) está muy desarrollados, lo que les permite a las cactáceas conservar agua y nutrientes durante prolongados periodos de sequía.

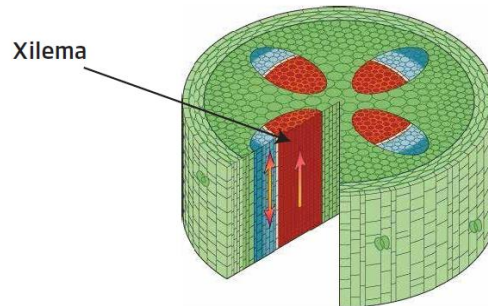


Figura 4.5. Tejido de xilema y floema

Debe su color al reducido número de cloroplastos y a la presencia de vacuolas grandes, los cuales ocupan el 95% del volumen celular, técnicamente a este tejido se le conoce como parénquima medular (Arévalo, 2000).

El parénquima está formado por células largas esferoides y pared celular delgada que permite la entrada del agua fácilmente, en algunas cactáceas se puede presentar en estos tejidos una estructura mucilaginoso, actúa como elemento de absorción y almacenamiento de agua. El mucílago de las células en los tallos parece envolver primero el córtex y posteriormente la médula (Cordero, 1997).

Requerimientos edafoclimáticos

En el cultivo de cactáceas los sustratos son fundamentales, para el desarrollo de estos, un buen sustrato es el que sirve para obtener plantas de buena calidad comercial a un bajo costo y en el menor tiempo posible. Los sustratos recomendados para el cultivo de cactus, deberán ser de buena capacidad de drenaje, porosidad y densidad adecuada, textura gruesa que

permita la fácil penetración de las raíces, buena aireación, bajos porcentajes de nitrógeno, disponibilidad y bajo costo (Bastida, 1999).

El exceso de lluvia provoca la caída y pudrición de las flores por lo que no se recomienda la siembra en zonas lluviosas (Rodríguez, 1997). Para que las plantas se desarrollen sin problemas es necesario que haya en la zona un período seco bien marcado. Además las plantas necesitan estar a plena exposición de los rayos del sol, pues necesitan de diez a doce horas de luz por día. Si las plantas están bajo sombra son raquíticas y no producen flores ni frutos.

Nunca se debe regar sobre las espinas de las cactáceas (sobre la planta), ya que al hacerlo se contribuye a la formación de hongos y bacterias; por otra parte, el agua de la llave (Contiene sales minerales), es dañina, puesto que estas sales se acumulan sobre las espinas. Las cactáceas deben encontrarse en un ambiente donde circule el aire y donde la humedad atmosférica no sea intensa, aunque existen casos particulares como las cactáceas procedentes de la costa o las epífitas, que necesitan más humedad (Bravo y Scheinvar, 1995). Si se cultivan los cactus bajo invernadero este tendrá que estar orientado de Norte a Sur, dependiendo de la ubicación del lugar y los vientos predominantes, para proporcionar una buena ventilación para evitar la presencia de problemas fungosos, y una luminosidad uniforme (Reyes, 1997).

De acuerdo a Díaz, (2000) la lluvia y la luz juegan un papel crucial en el comienzo del proceso de imbibición y la exposición de la semilla a la luz, induce el fitocromo para que germine la semilla y se desarrolle la plántula.

Méndez (2010) dió a conocer a numerosos autores que consideraban a la luz y la temperatura como factores importantes para la germinación de las cactáceas donde se señalaba de modo general, que bajo temperaturas

constantes entre 20 y 30 °C, se obtenían los mayores porcentajes de germinación de las semillas.

Métodos de propagación en cactáceas

La propagación convencional en cactáceas representa una alternativa para los países carentes de tecnología y recursos económicos que permitan el aprovechamiento comercial de sus recursos naturales. No obstante, estos métodos de multiplicación de bajo costo se han utilizado tradicionalmente en Europa, Japón y Estados Unidos, donde se inició la comercialización de las cactáceas como plantas de ornato (Reyes, 1997).

Existen dos métodos para la propagación de cactáceas: los métodos de propagación biotecnológica (a través del cultivo de tejidos) y los de propagación convencional. Los métodos de propagación convencional comprenden la propagación por semilla y vegetativa (hijuelo, esquejes o injerto) (Vázquez, 2000).

Propagación por semilla

La propagación por semilla en cactáceas es un proceso difícil de darse en su medio natural, debido a los problemas de germinación que presentan las semillas producto de las condiciones ambientales adversas a las cuales se encuentran sometidas (Maiti *et al.*, 2002). Este método de propagación, es el más importante desde el punto de vista comercial. La mayoría de las cactáceas producen gran cantidad de semilla y por lo tanto permiten la obtención de miles de plantas con variación genética (Álvarez y Montaña, 1997).



A)



B)

Figura 4.6. A) Semillas de *cephalocereus senillis* en el depósito de una flor seca, B) Semillas contadas y seleccionadas.

También está la propagación por vástagos o hijuelos son brotes que proliferan en algunas cactáceas globosas como *Mammillarias*, *Epithelanthas*, *Echinocereus*, etc. Esta técnica de multiplicación es fácil, ya que se trata de desprender los brotes que emergen alrededor de la planta madre. Una vez separados se dejan cicatrizar entre 10 y 15 días en un sitio seco y ventilado; posteriormente se plantan. La ventaja de este método es la rápida obtención de plantas adultas y la desventaja consiste en la carencia de recombinaciones genéticas, importantes en la conservación de especies (López, 2006).

Este es un método de propagación muy eficiente ya que las plántulas propagadas de manera asexual tienen mayor vigor que las propagadas por medio de semilla. Dividir los cactus y otras plantas suculentas es una tarea relativamente sencilla y supone una forma única de propagación de híbridos, formas selectas y plantas variegadas que no suelen reproducirse fielmente a partir de semillas (Harman y Kesters's, 2002).

Algunos cactus y otras plantas suculentas no florecen bien y no siempre es fácil comprar semilla por lo que los esquejes se convierten en la opción más viable para su propagación, los esquejes de plantas suculentas tienen la ventaja que, gracias a su tejido carnoso, conserva nutrientes y agua que utilizara hasta el momento que se establece en maceta (Harman y Kester's, 2002). El método asexual es el más fácil para propagar cactáceas, el cual consiste en fragmentar

un tallo en varios trozos, que deben dejarse cicatrizar en un lugar seco y ventilado (López, 2006).

El mejor momento del año para tomar los esquejes de la mayoría de los cactus es a finales de la primavera sobre todo en las zonas de clima frío, ya que es el mejor momento en el cual inicia la época de calor, el ambiente está seco y las plantas inician su crecimiento más intenso otra alternativa es proporcionarle a los esquejes las condiciones adecuadas de temperatura, humedad y luz para su enraizamiento (Toogood, 2002). La mayor parte de cactus columnares se pueden propagar mediante esquejes de tallo. Plantas de *Epiphyllum* o *Schlumbergera*, suelen enraizar fácilmente a partir de esquejes de su propio tallo plano (Cordero, 1999).

Nutrición con macronutrientes (N,P y K)

El nitrógeno es el elemento más limitante en el suelo para el crecimiento de las cactáceas, ya que cuando el nitrógeno está presente en más del 2% del peso seco en el clorénquima de agaves y cactus, se promueve la actividad metabólica. Los niveles de nitrógeno en el tejido se correlacionan positivamente con la acumulación nocturna de ácidos y de CO₂, así mismo, se obtiene un crecimiento óptimo para ambas especies cuando los niveles de N en el suelo son superiores al 0.1% en relación al peso seco del mismo (Nobel, 1988).

Stefanis y Langhans (1980), reportan que al incrementar el nivel de nitratos en la solución hidropónica se incrementó el crecimiento de plantas de *Agave desertí*, *Carnegia gigantea*, *Ferocactus acanthodes* y *Trichocereus chilensis*. Nobel *et al.*, (1987) reportaron que en *Opuntia phateacantha* y *Opuntia rastrera*, conforme incrementa los niveles de Nitrógeno en el suelo, incremento la acumulación de biomasa.

En la mayoría de ellas necesitan tres factores: agua, temperatura y luz, para lograr que las semillas germinen (Vázquez *et al.*, 1995). Maiti *et al.*, (1994)

desarrollaron una técnica sencilla para inducir la germinación de varias especies de cactáceas; la técnica consiste en la germinación de las semillas dentro de cajas petri con arena fina y material orgánico, dentro de una cámara de crecimiento con un fotoperiodo de 14 h, considerándose a la luz necesaria para la germinación, al incluir al fotocromo para la germinación.

Al incrementar la concentración de K^+ en las células, se incrementa la presión osmótica de la misma, al respecto Nobel, (1988) reportó que ocurren pequeños cambios en plantas de un año de edad en *Carnegia gigantea*, *Ferocactus acanthodes* y *Trichocereus chilensis*, que fueron cultivadas por seis meses en solución hidropónica, se incrementó el nivel de K en un 10% en peso seco de los brotes incorporando a la solución K en proporción 0.1 mM. Metral, (1995), reportó que las aplicaciones de 18-46-00 al suelo de 5 ó 10 g de K m² no ocasionan cambios significativos sobre la productividad de *Opuntia cochenillifera*.

Para el caso del cultivo de la pitahaya a nivel comercial no es necesario realizar aplicaciones de potasio. Por su parte Ortiz (2000), reportó que se deben aplicar 33.9 kg ha⁻¹ de urea, esto para el caso de la fertilización de *Hylocereus* sp.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y características del sitio experimental

La investigación se llevó a cabo en el vivero de producción de cactáceas ornamentales que se encuentra en el Museo del Desierto A.C. ubicado en la ciudad de Saltillo, Coahuila en las coordenadas Latitud N 25°24'44.75", Longitud 101°57'48.32" quien participó como productor cooperante.

Establecimiento y manejo del experimento

Material vegetal

Se utilizaron plántulas de *Cephalocereus senilis* (Haw.) Pfeiffer de 3 meses de edad (Figura 5.1) obtenida mediante propagación por semilla.



Figura 5.1 Plántulas de cabeza de viejito de 3 meses de edad

Fertilizantes

Se utilizaron fertilizante con distintas concentraciones observadas en el Cuadro (5.1).

Cuadro 5.1. Fertilizantes y cuadyuvantes utilizados

Fertilizantes	Concentración (%)		
Hakaphos	18.0 N	18.0 P	18.0 K
Grofol	20.0 N	30.0 P	10.0 K
Coadyuvantes	Ingrediente activo		
Tachigaren	Hymexazol al 30% (adherente)		
Micorriza INIFAP®	<i>Glomus intraradices</i> (14,800 esporas por gramo de producto formulado)		

Materiales

Charolas de poliestireno de 200 cavidades

Potenciómetro portátil

Medidor portátil de conductividad eléctrica

Bascula electrónica

Vernier digital

Descripción de los tratamientos

Se evaluaron cinco soluciones nutritivas y una solución testigo (productor) a partir de fertilizantes comerciales de alta solubilidad, como se muestra en la cuadro (5.2) La unidad experimental constó de 10 plantas y tres repeticiones por tratamiento, para un total de 180 plantas, las cuáles se establecieron en charolas de poliestireno con una mezcla de peatmoss y perlita como sustrato; el agua a utilizar se ajustó a pH 6 previo a la aplicación de las soluciones nutritivas, las cuáles se realizaron por cinco días durante un período de 30 días complementados con riegos ligeros con solamente agua acondicionada a pH 6 con una interferencia de 3 días entre cada uno de ellos.

Cuadro 5.2 Soluciones nutritivas evaluadas

Tratamientos		Conductividad eléctrica de la solución
T1	Grofol A(testigo productor cooperante)	0.89 dS m ⁻¹
T2	Grofol B	0.93 dS m ⁻¹
T3	HakaphosA	1.03 dS m ⁻¹
T4	HakaphosB	1.35 dS m ⁻¹
T5	HakaphosC+Tachigaren	1.05 dS m ⁻¹
T6	HakaphosD+Micorriza INIFAP®	1.45 dS m ⁻¹

Una vez que el 50 % de la planta de los tratamientos establecidos presentó las características requeridas tanto en diámetro como en altura para ser trasplantado a maceta comercial, lo cual ocurrió a los 30 días de establecidas en charola de crecimiento, se procedió a realizar la evaluación de todos los tratamientos.

Aplicación de los tratamientos

El día 03 de julio de 2013, se trasplantaron plantas de *Cephalocereus senilis* provenientes de charolas de germinación a charolas de poliestireno que contenían como sustrato una mezcla de peatmoss + perlita (3:1) previamente humedecida con agua acondicionada a pH 6. Se dejaron 3 días sin riego ni aplicación de ningún producto para favorecer la etapa de adaptación de charola germinadora a charola de crecimiento.

Variables evaluadas

Altura de la planta

Las plantas se midieron desde la base del tallo hasta la parte más alta de la misma, esta medición se realizó a todas las plantas evaluadas en el trabajo, utilizando un vernier digital.

Diámetro de la planta

Para determinar el diámetro del tallo se utilizó un vernier digital, el cual se colocó en la parte media de la planta para tomar la lectura.

Diseño Experimental

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente bajo un diseño de bloques completamente al azar con una prueba de comparación de medias Tukey ($P > 0.05$) utilizando el programa estadístico SAS.

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = variable de respuesta

μ = media general

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = efecto de bloque

ϵ_{ij} = efecto del error experimental

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de diámetro y altura de la planta

Diámetro

En el Cuadro (6.1) se observa el tratamiento con mejor efecto en la variable diámetro que fue HakaphosD (N, P, K: 18-18-18) en combinación con el agente biológico *Glomus intraradices* (micorriza INIFAP), así como el tratamiento GrofolB (N, P, K: 20-30-10). Que son estadísticamente iguales.

Cuadro 6.1 Comparación de medias para diámetro de la planta.

Comparación de medias Tukey		
Tratamientos	Media	
HakaphosD+Micorriza INIFAP®	10.39	a
GrofolB	9.84	a b
HakaphosB	8.06	a b
HakaphosA	7.82	a b
Grofol A	7.33	a b
HakaphosC+Tachigaren	7.06	b

En la Figura (6.1) se observa gráficamente los resultados del diámetro promedio presentado por *Cephalocereus senillis* a los 30 días de tratamiento en respuesta a las distintas aplicaciones de fertilización química antes presentadas con un diseño completamente al azar y una comparación de medias con la prueba Tukey ($p < 0.05$).

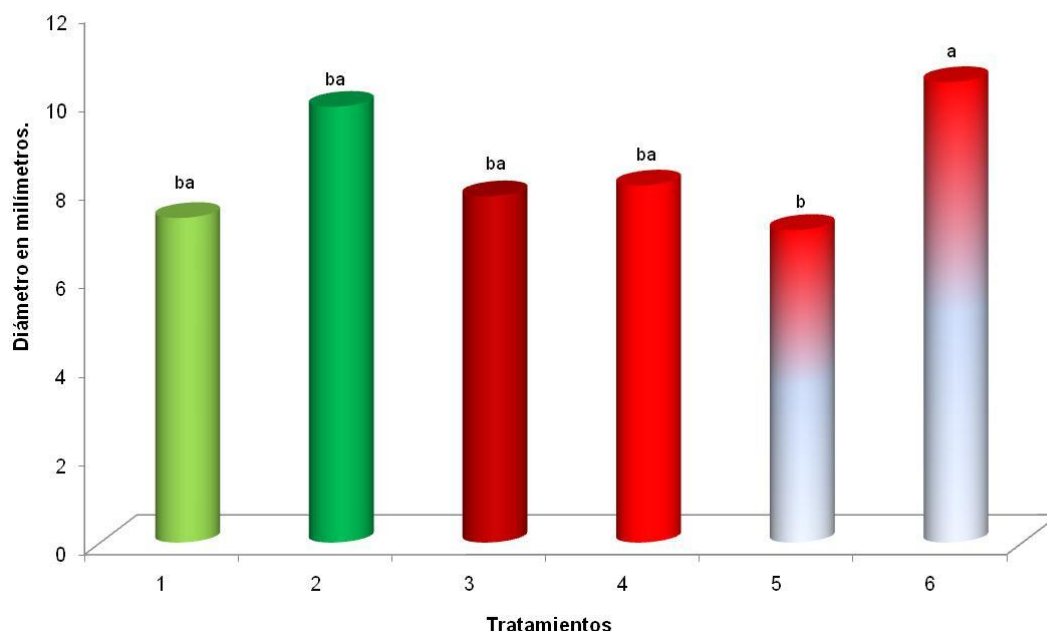


Figura 6.1. Resultados del diámetro promedio presentado por *Cephalocereus senillis* a los 30 días de tratamiento en respuesta a las distintas aplicaciones de fertilización química. Tukey ($p < 0.05$).

Estos resultados difieren a los encontrados por Miranda *et al.* (2013). Quienes al realizar una evaluación de soluciones nutritivas en plantas de *Cephalocereus senilis* (Haw.) Pfeiffer durante un periodo de 200 días no encontraron resultados significativos, debido a un efecto negativo en el desarrollo probablemente ocasionado por las altas concentraciones de las soluciones nutritivas aplicadas.

Las cuales presentaron una conductividad eléctrica entre 2.6 a 2.7 dSm^{-1} y sin un acondicionamiento previo del pH del agua a utilizar en la solución nutritiva, lo cual aunado quizá a un comportamiento distinto en la fisiología de *Cephalocereus seniles*, que parece responder positivamente a soluciones nutritivas con una conductividad eléctrica entre 0.90 y 1.5 dS m^{-1} como fue el caso de los tratamientos evaluados; esto coincide con lo reportado por Nonami *et al.*, (1992) citado por Preciado (2003) respecto al efecto de las concentración de la solución nutritiva en el desarrollo de las plantas ya que un exceso de sales

en la solución utilizada y, en ocasiones, la misma naturaleza del agua, incrementan la salinidad total y el pH del medio, inhibiendo el crecimiento de la planta.

Altura

En el Cuadro (6.2) se observa el tratamiento con mejor efecto en la variable altura que fue HakaphosD (N, P, K: 18-18-18) en combinación con el agente biológico *Glomus intraradices* (micorriza INIFAP), así como el tratamiento GrofolB (N, P, K: 20-30-10). Que son estadísticamente iguales.

Cuadro 6.2 Comparación de medias para altura de la planta.

Comparación de medias Tukey		
Tratamientos	Media	
HakaphosD+Micorriza INIFAP®	15.03	a
GrofolB	14.79	a b
HakaphosB	12.23	a b
HakaphosA	11.48	a b
Grofol A	11.03	a b
HakaphosC+Tachigaren	9.87	b

En la Figura (6.2) se observa gráficamente los resultados de la altura promedio presentado por *Cephalocereus senillis* a los 30 días de tratamiento en respuesta a las distintas aplicaciones de fertilización química antes presentadas con un diseño completamente al azar y una comparación de medias con la prueba Tukey ($p < 0.05$).

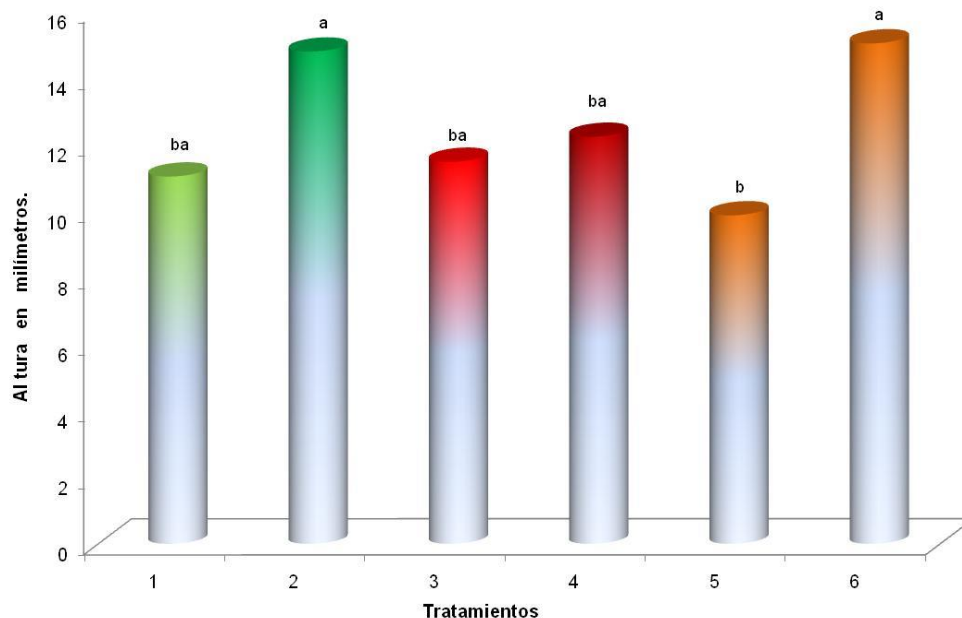


Figura 6.2. Resultados de la altura promedio presentado por *Cephalocereus senillis* a los 30 días de tratamiento en respuesta a las distintas aplicaciones de fertilización química. Tukey ($p < 0.05$).

El efecto positivo de la relación entre hongos benéficos de la especie *Glomus intraradices* con plantas del desierto ha sido ampliamente reportado por Montano *et al.* (2007). La nutrición química en la producción de cactáceas de importancia comercial es posible si se estima de manera apropiada los requerimientos nutrimentales para la obtención de biomasa, lo cual coincide con lo reportado por Blanco *et al.* (2006) al determinar las normas de diagnóstico de nutrimento compuesto en *Opuntia ficus-indica* L. Miller, esto es de suma importancia ya que la incorporación de fertilizantes químicos al sistema de producción implica una inversión por parte del productor (Valdez-Cepeda *et al.*, 2007).

En estudios del estado nutrimental, el análisis de tejidos vegetales se ha utilizado porque la composición de la planta es un indicador de respuesta de la planta más sensible que el rendimiento; sin embargo, es mucho más difícil de explicar (Melsted *et al.* 1969). Sin embargo, Parent y Dafir (1992) introdujeron el

concepto de Diagnóstico de Nutrimiento Compuesto (DNC) para considerar los efectos de la naturaleza multivariada de las interacciones nutrimentales. Este método permite calcular las proporciones multivariadas de los nutrientes que son más representativas de la composición natural de los tejidos vegetales. La técnica de DNC ha sido probada en cultivos anuales (Parent *et al*, 1994) y en especies perennes (Magallanes *et al.*, 2003).

Dado lo anterior habrá que continuar evaluaciones de respuesta a las mejores soluciones nutritivas para determinar el programa de nutrición más adecuado de acuerdo a los requerimientos de cada especie en particular de cactáceas ornamentales de importancia comercial como en este caso *Cephalocereus senilis* (Haw.) Pfeiffer.

VII. CONCLUSIONES

Se determinó que *Cephalocereus senilis* (Haw) Pfeiffer responde a la fertilización química, la cual en combinación con el agente biológico *Glomus intraradices* (Haw) permite incrementar tanto su diámetro como su altura. El presente trabajo pretende sentar las bases para el inicio de una línea de investigación en cactáceas ornamentales.

Es importante considerar que estando ubicada la UAAAN dentro de la región semi desértica de México y siendo esta un área potencial rica en este tipo de especies, se presenta una gran oportunidad para incursionar en el Paisajismo de Zonas Áridas.

VIII. LITERATURA CITADA

Anderson, E.F. 2001. *The Cactus Family*. Timber Press. Portland. Mundi-prensa pp 128-156.

Aboites M., G. y F. Martínez G. 2005. La propiedad intelectual de variedades vegetales en México. *Revista Agrociencia*. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 39(2):237-245.

Álvarez A., y C. Montaña. 1997. Germinación y supervivencia de cinco especies de cactáceas del Valle de Tehuacán: implicaciones para su conservación. *Acta de Botánica Mexicana*. 40:35-58.

Aldete, M., J. da Fonseca, M. Magali V. da Silva W. y A. Celso C. 2006. El Estado del Arte de los Recursos Genéticos en las Américas: Conservación, Caracterización y Utilización del Procitropicos con el apoyo de la Secretaría Técnica de FORAGRO en el Área Tecnología e Innovación de la Dirección de Liderazgo Técnico y Gestión del Conocimiento del IICA y desarrollado en el ámbito de las Líneas de Acción del FORAGRO: Desarrollo de la Agenda Regional de Investigación y Desarrollo Tecnológico y Temas Prioritarios del Foro, respectivamente 61p. (Disponible En: [www.iica.int/foragro/cd_prior/ Docs / RecFitog](http://www.iica.int/foragro/cd_prior/Docs/RecFitog). (Consulta: 13 abril de 2014).

Arévalo G., M. 2000. Análisis entre la relación patrón-injerto entre cactáceas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo Estado de México. Agt. pp 12-19.

Barcenas, A. P. 2006. Determinación de zonas potenciales para el Establecimiento de Plantaciones de Pitahaya. Tesis de Postgrado. Montecillo, Texcoco Estado de México. Oxford pp 24-45.

Bastida, T. A. 1999. El medio de cultivo de las plantas “Sustratos para hidroponía y producción de plantas ornamentales”. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp 233-267.

Benítez, H. y P. Dávila. 2002. Las cactáceas mexicanas en el contexto de la CITES. [En línea]. Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx> (Revisado el 14 de Enero de 2007).

Boyle, T.H. and E.F. Anderson. 2002. Biodiversity and conservation. In: Cactus. Biology and uses. Charter 8. Nobel, P.L. (ed.). University of California. U.S.A. Montreal pp 246-287.

Blanco, M. F., A. Lara H, Valdez C. 2006. Interacciones nutrimentales y la técnica de nutrimento compuesto en nopal (*Opuntia ficus-indica Millar*). Revista Chapingo. Serie Horticultura, Julio-Diciembre 2(12) 165-175.

Bravo, H. y Sheinvar, L. 1995. El interesante mundo de las cactáceas. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo de Cultura Económica, México. Mundi prensa pp 89-122.

Buxbaum, F. 2000. Morphology of cacti Section III. Fruits and seed. Abbey Garden Press. Pasadena. U. S. A. pp 76-145.

Cordero H., F. 1997. Injertos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) sobre otras cactáceas. Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. 254 p.

Cordero H., F. 1999. Injertos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) sobre otras cactáceas y su relación con el contenido de azúcares. Tesis de Maestría. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. 381 p.

Cruz R., A., G. Pérez S., P. Bárcenas-Abogado, y R. Castillo M. 1995. Fertilización nitrogenada de la pitahaya (*Hylocereus spp.*) en la Palma, Estado de Hidalgo. Oxford pp 43-49.

Díaz D., C. 2000. Estudio morfo-anatómico de dos especies de Mammillarias (Hawort. SYN. PL. 177, 1812) e inducción de germinación a través de un método de propagación en laboratorio y evaluación del funcionamiento de un vivero para cactáceas. Tesis profesional de licenciatura, Departamento de Química y Biología, Universidad de las Ameritas (UDLA), Sta Catarina, Puebla. México.

Espinosa, A., Gonzalez, H. Mejia, J. 2003. Plantas nativas de México con potencial ornamental. La comercializacion de plantas en peligro de extincion. Universidad Autonoma Chapingo. AMEHOAC (Asociacion Mexicana de Horticultura Ornamental, A.C) 2160. 297p.

Griffith, M. Patrick and Porter, J. Mark. 2009. Phylogeny of Opuntioideae (Cactaceae). International Journal of Plant Sciences. 170(1):107-116.

Guzmán, U., A. Arias y P. Dávila. 2007. Catálogo de cactáceas mexicanas. UNAM., CONABIO. ISBN 970-9000-20-9. México, D. F. 315 p.

Guzmán-Maldonado, Salvador Horacio; Herrera-Hernández, Guadalupe; Hernández-López, David; Reynoso- Camacho, Rosalia; Guzmán-Tovar, Abril;Vaillant, Fabrice and Brat, Pierre. 2010. Physicochemical, nutritional and functional characteristics of two underutilised fruit cactus species (*Myrtillocactus*) produced in central Mexico. Food chemistry 121(2):381-386.

Harman, L. and M. Kester's. 2002. Plant propagation Principles and practices Edition seventh. Ed. Hudson T. Prentice Hall New Jersey USA.

López R., G. 2006. Pitaya (*Stenocereus griseus* H.) y nopal (*Opuntia ficus - indica* sp.) como portainjertos de cactáceas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. México pp 393-412.

Luna, M., C. y R., Aguirre J. 2001. Clasificación tradicional aprovechamiento y distribución ecológica de la pitaya mixteca en México. *Interciencia* 26(1): 18-24.

Lobos R. Granal, 2008 en, Conservación ex situ de la flora de la región de Atacama: Métodos, experiencias y desafíos futuros. In: Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación, región de Atacama. Eds., F.A Squeo, G. Aranico & J, R, Gutierrez. Ediciones Universidad de la Serna Chile 20: 347-356.

Magallanes, Q.R., R.D, Cepeda., P.O. Pérez., M. F Blanco., A.B. Murillo., A.B. Márquez., R.R. Garduño., J.L. H. García. 2003. Normas preeliminarias de diagnóstico nutricional en *Opuntia ficus-indica*. In: Memorias del IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional Sobre Conocimiento y Aprovechamiento de Nopal. Zacatecas, Zacatecas. México. pp. 293-297.

Martínez A., J.G. 2000. Propagación de cactáceas. In: Memorias del II Taller regional sobre cactáceas del noreste de México. Del 30 al 31 de Marzo, Cd. Victoria Tamaulipas. México pp 155-178.

Maiti R., K., A. Baquie L., A. Vélez S., P. Ebeling W. and E. Sánchez A. 2002. Propagation and germination of cacti (Including endangered rare and vulnerable) in high land valleys of México. *Crop. Res.* 24(3):538-44.

Mauseth D., J. 2004. The structure of photosynthetic succulent stems in plants other than cacti. *J. Plant. Sci.*, 165 (1): 1-9.

Mercado, B. A y S. Granados D. 2002. La Pitaya. Biología, Ecología, Fisiología, Sistemática y Etnobotánica. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. Trillas pp 81-124.

Metral J.J. 1995. Las cactáceas forrajeras del noreste de Brasil. *Agronomia Tropical* 20: 248-261.

Méndez E. 2010 Germinación de *Echinopsis leucantha* (Cactaceae) Efecto de la temperatura y luz. *Bol. Soc. Latin. Caribe Cact. y Suc.* 7 (3). 21-24.

Mihalte, Lucica; Sestras, Radu E.; Feszt, Gyotgy and Sestras, Adriana, F. 2010. Variability of seed traits in interspecific and intergeneric combinations between different genotypes of Cactaceae. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca.* 38(3):246-252.

Montano Vázquez R. et al. 2007. Utilización agroindustrial del nopal. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO.* pp 162-165.

Moussa-Ayoub, Tamer; Rohn, Sascha; El-Hady, El-Sayed Abd; Omran, Helmy; El- Samahy, Salah; and Kroh, Lothar W. 2010. *Opuntia ficus indica* and *Opuntia macrorhiza*: Promising sources of flavonols-comparison between varieties from different origins. In Proceedings (Oral presentation) of the VIIIth International Congress on Cactus Pear and Cochineal and VIIIth General Meeting of the FAO-ICARDA International Technical Cooperation Network on Cactus Pear and Cochineal. October 17-22. Agadir, Morocco

Nazareno, Mónica A. 2010. New insights about medicinal uses and health beneficial properties of cactus products. In Proceedings (Oral presentation) of the VIIIth International Congress on Cactus Pear and Cochineal and VIIIth General Meeting of the FAO-ICARDA International Technical Cooperation Network on Cactus Pear and Cochineal. October 17-22. Agadir, Morocco.

Nobel P.S., E. Russell C., P. Felker, J. Medina G. and E. Acuña. 1987. Nutrient relations and productivity of prickly pear cacto. *Agronomy Journal*. 79:550-555.

Nobel, P.S. 1988. Environmental biology of agave and cacto. Cambridge Univ. Press. New Yorck. Montreal pp 311-356.

Nobel, P. S. and E. de la Barrera. 2004. CO₂ uptake by the hemiephyphytic cactus, *Hylocereus undatos*. *Ann. Appl. Biol.*, 144(1):1-8.

Nonami, H., K. Mohri, T. Fukuyama y Y. Hashimoto. 1992. Growth regulation of plant seedling by ion concentration management in hydroponic culture. *Acta Hort*. 319: 77-48.

Nyffeler, Reto. 2002. Phylogenetic relationships in the cactus family (Cactaceae) based on evidence from trnK/matK and trnL-trnF sequences. *American Journal of Botany* 89(2):312-326.

Ordoñez M., M. A.2003. Propagación in vitro de *Mammillaria voburnensis* Scheer. (Cactaceae) Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala. 70 p.

Ortiz, H. Y.D. 2000. Hacia el conocimiento y conservación de la pitahaya (*Hylocereus undatus*). IPN, CONACYT, SIBEL y FMCN. México.

Reyes, J. S. 1997. Cultivo y propagación de cactus como plantas de ornato In: *Suculentas Mexicanas, Cactáceas*. Rodríguez, P.L. (ed.). México D.F.

Rodríguez, C. A. 1997. Guía técnica para la producción de plantas de Pitahaya en Vivero. SEDESOL (Secretaria de Desarrollo Social), Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Stefanis, J., P. and W. Langhans R. 1980. Factor influencing the culture and propagation of xerophytic succulent species. HortScience 15: 504-505.

SNICS (Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas), 2001. Solicitudes de título de obtentor. México página web www.sagar.gob.mx/snics

Toogood, A. 2002. Propagating Plant a Darling Kinderley Book. Royal Horticulture Society. Barcelona. España pp 111-117.

Vazquez Y. 2000. Cactus seed germination: a review. Journal of Arid Environments 44: 85-104.

Villavicencio, G. E. 2002. Técnicas de multiplicación para cactáceas ornamentales amenazadas o en peligro de extinción. Comisión Nacional Forestal. Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico Forestal, Nicaragua. 227 p.

Villavicencio G., E. E., A. Arredondo G., M. A. Carranza P., O. Mares A., S. Comparan S., A. González C. 2010. Cactáceas ornamentales del Desierto Chihuahuense que se distribuyen en Coahuila, San Luis Potosí y Nuevo León, México. Libro técnico No. 2 ISBN: 978- 607-425-473-0 Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP, Saltillo Coahuila, México, 345 p.

IX. ANEXOS

ANEXO A1. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) y ANOVA para diámetro de planta de *Cephalocereus senilis* (Haw.) Pfeiffer.

	Agrupamiento	Media	N	trat
	A	10.3933	3	Haka.D
	B A	9.8367	3	Grofol.B
	B A	8.0600	3	Haka.B
	B A	7.8167	3	Haka.A
	B A	7.3267	3	Grofol.A
	B	7.0567	3	Haka.C

CV: 13.14925

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: diametro

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	28.54261667	4.07751667	3.33	0.0420
Error	10	12.24363333	1.22436333		
Total correcto	17	40.78625000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	dia Media
0.699810	13.14925	1.106510	8.415000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloq	2	0.19710000	0.09855000	0.08	0.9233
trat	5	28.34551667	5.66910333	4.63	0.0190

ANEXO A2. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$) y ANOVA para altura de planta de *Cephalocereus senilis* (Haw.) Pfeiffer.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Agrupamiento		Media	N	trat
A		15.037	3	Haka.D
A		14.790	3	Grofol.B
B	A	12.230	3	Haka.B
B	A	11.480	3	Haka.A
B	A	11.037	3	Grofol.A
B		9.870	3	Haka.C

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: altura

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	66.47057222	9.49579603	4.01	0.0237
Error	10	23.65418889	2.36541889		
Total correcto	17	90.12476111			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	alt Media
0.737540	12.39594	1.537992	12.40722

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloq	2	1.07454444	0.53727222	0.23	0.8008
trat	5	65.39602778	13.07920556	5.53	0.0107