

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Influencia de Hongos Micorrízicos sobre el Crecimiento de Especies de Cactáceas

Por:

REBECA SILVESTRE MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Influencia de Hongos Micorrízicos sobre el Crecimiento de Especies de Cactáceas

Por:

REBECA SILVESTRE MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Influencia de Hongos Micorrizicos sobre el Crecimiento de Especies de Cactáceas

Por:

REBECA SILVESTRE MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría



Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo
Asesor Principal Interno



Dr. Francisco Castillo Reyes
Asesor Principal Externo



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2018

AGRADECIMIENTOS

A mis padres. Por haberme apoyado durante la realización de mis estudios, nunca dejarme sola y brindar el apoyo económico con esmero en cuanto les fue posible.

A mis hermanos Carlos y Alondra. Por estar conmigo en todo momento, darme alegría y alivio cuando fue necesario.

A todos mis familiares. Por de una forma u otra brindarme su apoyo cuando fue necesario y estar ahí en los buenos y malos momentos.

A mi esposo Eduardo. Por apoyarme académicamente, emocionalmente y moralmente durante toda mi carrera y estar ahí para todo. Por saber ser no solo mi esposo sino también un compañero, amigo y aportador de sus enseñanzas para el término de mis estudios.

Doctores de INIFAP C.E. Saltillo. Por haberme orientado, y motivado a elegir la carrera de ingeniero agrónomo parasitólogo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Dr. Francisco Castillo Reyes. Por haberme apoyado ampliamente, aportado de sus conocimientos y haber colaborado en la realización de este trabajo dedicándome gran parte de su valioso tiempo, por la paciencia que me tuvo y los consejos que me brindo.

Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo. Por brindar su colaboración, su amistad, entrega, tiempo y dedicación en la realización de este trabajo.

Dr. Gabriel Gallegos Morales. Por su valiosa aportación y tiempo en la revisión de este trabajo, así como sus valiosas sugerencias y apoyo.

A mis compañeros de generación por compartir cada momento de alegría e incertidumbre en cada salón y clases, así como haberme cuidado durante mi embarazo.

A mi hijo Octavio. Por ser el motivo que tengo para salir adelante, por el tiempo de convivencia que le quite para concluir este trabajo y mis estudios y por darme una gran alegría con su llegada y enseñarme a ser más fuerte para enfrentar la vida. Ser mí ser más amado ypreciado.

A la señora Dora. Por demostrarme que podía contar con ella siempre, y saber escucharme y dar un consejo se lo agradezco de todo corazón.

DEDICATORIAS

A:

Dios, por estar conmigo en cada uno de los pasos que doy, por darme la fortaleza, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que son mi soporte y compañía durante mis estudios. Por mostrarme el camino a seguir y cuidarme durante toda mi vida.

A mis padres:

Cristina Martínez Acosta y Joel Silvestre Cadenas, quienes supieron encaminar mis pasos en la dirección correcta, por haber confiado en mí a pesar de todo, por estar ahí para mí siempre. Por sus oraciones; hoy puedo asegurar que su optimismo, esfuerzo y sacrificio empiezan a reflejarse en mi vida. Los amo!!

Mis hermanos:

Alondra Silvestre Martínez y Carlos Joel Silvestre Martínez, muchas gracias por los ánimos brindados en los momentos más difíciles de mi carrera y la vida, por sus sacrificios, por tolerarme en mis momentos de desesperación y darme animo siempre para seguir adelante para lograr mi meta.

A mi esposo e hijo:

Eduardo Argueta Ruiz muchas gracias por estos casi 5 años de estar a mi lado, durante los cuales hemos vivido muchas cosas, las cuales han sido algunas difíciles, pero otras más, llenas de alegría. Por perdonar a veces mis faltas de atención y los momentos en los que no pude estar para ti. Te doy gracias por todo el apoyo que me has brindado para continuar y concluir mis estudios, gracias por estar conmigo en todo momento y haberme dado la alegría de ser madre de Octavio quien solo nos ha dado alegrías y más motivos para siempre salir adelante. Recuerdes que son muy importantes para mí. Lo hemos logrado!!

A mis abuelos:

María Luisa Acosta Herrera y Genaro Martínez García por apoyarme siempre y procurar a mi hijo Octavio cuando yo no pude estar con él por no solo ser sus abuelos sino a veces tomar el papel de sus padres y estar con él siempre. Por quererme tanto y estar conmigo en los buenos y malos momentos. Gracias !.

RESUMEN

Para la realización de este trabajo se utilizaron las especies *Ferocactus pilosus*, *Echinocactus grusonii* y *Echinocactus platyacanthus*. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial, se realizaron cinco tratamientos distribuidos en lotes de 15 plantas de cada tratamiento, tres repeticiones con cinco plantas cada repetición. Los tratamientos se realizaron a base de Fertilizante (20-30-10) y micorriza. En el primer tratamiento se realizó una única aplicación de fertilizante, el segundo tratamiento con una única aplicación de micorriza, el tratamiento tres con fertilizante en conjunto con micorriza cada siete días, el tratamiento cuatro en conjunto fertilizante y micorriza cada 30 días y el testigo. La preparación de soluciones se llevó a cabo vertiendo 5 gr de micorriza en 400 ml de agua y aplicando 27 ml por planta; 3 gr de fertilizante en 600 ml de agua y aplicando 40 ml por planta. Las mediciones de diámetro y altura se realizaron al inicio del experimento y posteriormente cada 30 días, a los 223 días se efectuó una evaluación del peso de raíz, la cual se obtuvo de un grupo de cinco plantas de cada tratamiento para cada una de las especies.

Los resultados indican que los tratamientos a base de micorriza y a base de fertilizante arrojan resultados diferentes para cada especie. En especies como *F.pilosus* y *E.grusonii* se obtienen mejores resultados con la aplicación fertilizante-micorriza en diámetro y altura, mientras que en *E.platyacanthus* se obtiene mejor resultado para diámetro y altura con aplicación de fertilizante.

Palabras clave: cactácea, micorriza, raíz, arbuscular

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo	2
Hipótesis	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Origen de las Cactáceas	3
Descripción de las Cactáceas.....	4
Clasificación de las Cactáceas en México	4
Subfamilia Pereskioideae.....	5
Subfamilia Opuntioideae	5
Subfamilia Cactoideae	5
<i>Echinocactus platyacanthus</i> L & O.....	6
Clasificación taxonómica.....	6
Relevancia de la especie	7
<i>Echinocactus grusonii</i> Hildm 1891.....	7
Clasificación taxonómica.....	8
Relevancia de la especie	8
<i>Ferocactus pilosus</i> (Galeotti) Werderm.	8
Clasificación taxonómica.....	9
Relevancia de la especie	9
Legislación Aplicable a las Cactáceas en México.....	9
Hongos Micorrizicos Arbusculares (HMA).....	10
Clasificación de los HMA	10
Importancia de la micorriza arbuscular en los procesos del suelo.....	11

MATERIALES Y MÉTODOS	14
Localización del Experimento	14
Parámetros de Medición	16
Riegos	16
Colecta de Datos	17
Diseño Experimental	17
RESULTADOS Y DISCUSION	18
Comportamiento de Diámetro y Altura por Efecto de Tratamientos	18
<i>Ferocactus pilosus</i>	18
<i>Echinocactus grusonii</i>	19
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	22
Estimulación de Crecimiento de Raíces por Efecto de Tratamientos Micorrizicos en las Especies <i>F. pilosus</i>, <i>E. grusonii</i> y <i>E. platyacanthus</i>.	25
CONCLUSIONES	28
LITERATURA CITADA	29
APENDICE	35

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de hongos micorrizicos según Morton & Benny (1990) y Morton & Redecker (2001).	11
Cuadro 2. Distribución de tratamientos y frecuencia de aplicación.	15
Cuadro 3. Dosis a aplicar de micorriza y fertilizante por planta.....	15
Cuadro 4. Dosificación de fertilizante y micorriza por tratamiento y planta.	16

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro. 1 ANOVA obtenido para diámetro los cero días de los tratamientos para <i>F.pilosus</i>	36
Cuadro. 2 Cuadro de medias obtenidas para diámetro a los cero días de tratamientos para <i>F.pilosus</i>	36
Cuadro. 3 ANOVA obtenido para diámetro los 97 días de los tratamientos para <i>F.pilosus</i>	36
Cuadro. 4 Cuadro de medias obtenidas para diámetro a los 97 días de tratamientos para <i>F.pilosus</i>	37
Cuadro. 5 ANOVA obtenido para altura a los cero días de los tratamientos para <i>F.pilosus</i>	37
Cuadro. 6 Cuadro de medias obtenidas para altura a los cero días de tratamientos para <i>F.pilosus</i>	37
Cuadro. 7 ANOVA obtenido para altura a los 120 días de los tratamientos para <i>F.pilosus</i>	38
Cuadro. 8 Cuadro de medias obtenidas para altura a los 120 días de tratamientos para <i>F.pilosus</i>	38
Cuadro. 9 ANOVA obtenido para diámetro a los cero días de los tratamientos para <i>E.grusonii</i>	38
Cuadro. 10 Cuadro de medias obtenidas para diámetro a los cero días de tratamientos para <i>E.grusonii</i>	39
Cuadro. 11 ANOVA obtenido para diámetro a los 120 días de los tratamientos para <i>E.grusonii</i>	39
Cuadro. 12 Cuadro de medias obtenidas para diámetro a los 120 días de tratamientos para <i>E.grusonii</i>	39
Cuadro. 13 ANOVA obtenido para altura a los cero días de los tratamientos para <i>E.grusonii</i>	40

Cuadro. 14 Cuadro de medias obtenidas para altura a los cero días de tratamientos para <i>E.grusonii</i> .	40
Cuadro. 15 ANOVA obtenido para altura a los 120 días de los tratamientos para <i>E.grusonii</i> .	40
Cuadro. 16 Cuadro de medias obtenidas para altura a los 120 días de tratamientos para <i>E.grusonii</i> .	41
Cuadro. 17 ANOVA obtenido para diámetro al día cero del experimento para <i>E. platyacanthus</i> .	41
Cuadro. 18 Cuadro de medias obtenidas para diámetro al día cero de los tratamientos para <i>E. platyacanthus</i> .	41
Cuadro. 19 ANOVA obtenido para diámetro a los 120 días de los tratamientos para <i>E. platyacanthus</i> .	42
Cuadro. 20 Cuadro de medias obtenidas para diámetro a los 120 días de tratamientos para <i>E. platyacanthus</i> .	42
Cuadro. 21 ANOVA obtenido para altura a los cero días de los tratamientos para <i>E. platyacanthus</i> .	42
Cuadro. 22 Cuadro de medias obtenidas para altura a los cero días de tratamientos para <i>E. platyacanthus</i> .	43
Cuadro. 23 ANOVA obtenido para altura a los 120 días de los tratamientos para <i>E. platyacanthus</i> .	43
Cuadro. 24 Cuadro de medias obtenidas para altura a los 120 días de tratamientos para <i>E. platyacanthus</i> .	43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Especie <i>Echinocactus platyacanthus</i>	6
Figura 2. Especie <i>Echinocactus grusonii</i>	7
Figura 3. Especie <i>Ferocactus pilosus</i>	8
Figura 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) campus Saltillo.....	14
Figura 5. Diámetro promedio a los 97 días después de la aplicación de los tratamientos en <i>Ferocactus pilosus</i>	18
Figura 6. Altura promedio a los 120 días después de la aplicación de los tratamientos en <i>Ferocactus pilosus</i>	19
Figura 7. Diámetro promedio al inicio de tratamientos en la especie <i>Echinocactus grusonii</i>	20
Figura 8. Diámetro promedio a los 120 días después de la aplicación de tratamientos en <i>Echinocactus grusonii</i>	21
Figura 9. Altura promedio a los 120 días después de la aplicación de tratamientos en <i>Echinocactus grusonii</i>	22
Figura 10. Diámetro promedio a los cero días después de la aplicación de tratamientos en <i>Echinocactus platyacanthus</i>	22
Figura 11. Diámetro promedio a los 120 días de la aplicación entre tratamientos en <i>Echinocactus platyacanthus</i>	23
Figura 12. Altura promedio a los 120 días después de la primera aplicación de tratamientos en <i>Echinocactus platyacanthus</i>	24
Figura 13. Raíces con presencia de micelio micorrízico.	25
Figura 14. Comparación entre las raíces de las diferentes especies de cactáceas con el tratamiento tres (A) <i>F.pilosus</i> , (B) <i>E.grusonii</i> y (C) <i>E.platyacanthus</i>	26
Figura 15. Comparación de peso seco de raíz en miligramos entre los diferentes tratamientos para las especies <i>F.pilosus</i> , <i>E.grusonii</i> y <i>E.platyacanthus</i>	27

INTRODUCCIÓN

Las micorrizas forman el tipo más común de simbiosis en los sistemas naturales. Son uno de los tipos más abundante de la biosfera, mejoran la absorción de agua y nutrientes de la raíz, permiten que colonicen los suelos más pobres. Este tipo de asociación se forma entre hongos pertenecientes al orden Glomales y las raíces de la mayor parte de Angiospermas y Gimnospermas. En esta asociación, la planta provee al hongo de entre el 10 y 20% de su producción fotosintética total, mientras que el hongo incrementa la absorción de nutrimentos minerales del suelo como el nitrógeno y el fosforo, minerales básicos e indispensable para la sobrevivencia de las plantas. Esto se lleva a cabo, gracias a que las micorrizas absorben azúcares de la raíz e introducen minerales (P, N, K, Ca, S, Zn, Cu, Sr, etc.) al sistema vascular de las plantas, por lo cual presentan un papel decisivo en la absorción del fósforo.

En el ámbito del comercio internacional de cactáceas, nuestro país presenta baja participaciones relación con la diversidad de especies que tiene. Bárcenas (2006) menciona que los líderes del comercio de cactáceas en orden de importancia son los Estados Unidos, el Reino Unido y Alemania seguidos de Suecia, México, España, Italia y Canadá, por lo que es necesario impulsar proyectos productivos en todas las áreas, ya que actualmente la demanda mundial está siendo abastecida por las naciones ya antes mencionadas, quienes tienen un gran número de especies de estas plantas y cuentan con una infraestructura hortícola más desarrollada.

La importancia de los hongos Micorrízicos en las cactáceas radica en que estas habitan las zonas áridas y semiáridas de América y se encuentran sometidas a diversos tipos de estrés, como las temperaturas contrastantes encontradas en el día y la noche, además de la baja disponibilidad de agua y minerales provocados por la poca precipitación y por los suelos rocosos y pedregosos poco profundos, en donde el fósforo está en formas insolubles y de difícil asimilación para las plantas. Estas son condiciones favorables para el desarrollo de la simbiosis micorrízica arbuscular. Además, se ha encontrado que las cactáceas forman asociación con micorrizas arbusculares tanto en zonas áridas y semiáridas, como en selvas bajas caducifolia

A pesar de que se han realizado algunos estudios sobre la simbiosis existente entre cactáceas y micorrizas, son pocos los estudios sobre el tema.

Se considera que los hongos Micorrízicos representan hoy en día una alternativa de gran influencia en el crecimiento de plantas con interés económico. En este sentido el uso de micorrizas en el desarrollo de cactáceas, puede mejorar la calidad de planta y abastecer la demanda que se requiere en el país como plantas de ornamento.

Objetivo

Determinar el efecto de las micorrizas en el crecimiento de cactáceas ornamentales.

Hipótesis

Los hongos Micorrízicos tienen influencia en el crecimiento y desarrollo en plantas *Echinocactus grusonii*, *E. platyacanthus* y *Ferocactus pilosus*.

El uso de micorrizas en cactáceas incrementa la calidad de planta para mercado.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen de las Cactáceas

Las primeras plantas tipo “Cactácea”, parecidas a las Pereskias (género ancestral), datan de alrededor de 32 millones de años, en el Eoceno tardío, tiempo en el cual también aparecieron muchas otras familias de plantas actuales, justo después de un periodo de extinciones masivas a nivel mundial (Berggren y Prothero, 1992; Axelrod, 1979 y Moore and Jansen, 2006).

La familia de las Cactáceas, comprende aproximadamente 2500 a 4000 especies. Las especies endémicas del Continente Americano están distribuidas desde los 59° de latitud Norte (Cánada), hasta los 52° de latitud Sur (Patagonia en Argentina). Se les puede encontrar desde las Dunas Costeras a nivel del mar hasta los 5 100 m de altitud en Perú. Soportando intensos inviernos de las Planicies Norteamericanas hasta las tremendas sequías y elevadas temperaturas de los Desiertos Sudamericanos (Nobel, 1998).

México, es considerado como un país con una de las floras más ricas del mundo, estimándose que existen en él, alrededor de 30,000 especies de plantas vasculares. De este total 6000 a 9000 son especies endémicas ubicando su máxima riqueza en las regiones áridas y semiáridas, en donde la familia Cactaceae cuenta con la mayor diversidad de especies (687) (Rzedowski, 1978; Toledo, 1988).

El Desierto Chihuahuense es el más grande de Norteamérica y alberga la mayor riqueza de cactáceas en el mundo (329 especies), pero se ubica entre los menos estudiados del continente. Las Cactáceas de esta área ecológica se caracterizan por sus tamaños, que van desde pequeños hasta medianos, donde los cactus presentan una distribución geográfica restringida con una lenta tasa de crecimiento.

La gran demanda nacional e internacional de ejemplares de estas especies con fines hortícolas, ornamentales, forrajeros y medicinales, aunada a sus características biológicas, las colocan como una de las familias botánicas más amenazadas del planeta (Colunga *et al.*, 1986; Casas *et al.*, 1999).

Descripción de las Cactáceas

Las cactáceas poseen características morfológicas y fisiológicas que les han permitido colonizar exitosamente los ambientes cálidos y áridos: tallos suculentos capaces de almacenar y conservar el agua, sustitución de hojas por espinas que además de protección les permiten reflejar parte de la luz solar directa, y desarrollo del metabolismo CAM que les posibilita realizar la fotosíntesis durante la noche, evitando la apertura de los estomas durante el día y, con ello, la pérdida de agua por transpiración. Estas características de las cactáceas se expresan en una gran diversidad de formas y colores que las han hecho sumamente atractivas para los colectores y cultivadores, por lo que tienen gran demanda en el mercado de plantas ornamentales, tanto a nivel nacional como internacional (Sánchez-Mejorada, 1982 citado por Duran, *et al.*, 2011).

Clasificación de las Cactáceas en México

Esta familia botánica abarca alrededor de 1 600 especies con 122 géneros en el mundo, de los cuales México cuenta con el 45% de la diversidad de especies que existen en el mundo. En el Catálogo de Cactáceas Mexicanas (Guzmán *et al.*, 2003), se reconocen 913 taxones, de los cuales 669 son especies y 244 subespecies, agrupadas en 63 géneros. Del total de taxones referidos consideraron que 25 géneros son endémicos para México y en ellos se agrupan 518 especies y 206 subespecies.

Estas dicotiledóneas se dividen en las siguientes tres subfamilias de plantas perennes (Britton and Rose, 1919-1923; Bravo, 1978).

Subfamilia Pereskioideae

Cactáceas primitivas en forma de arbustos espinosos. Tallo y ramas leñosas, de forma cilíndrica, con hojas grandes y persistentes con aréolas y ausencia de gloquidios, flores pedunculadas, similares a las de las rosas primitivas, semillas sin arilo. Las especies de esta subfamilia se distribuyen en el centro de México, Caribe, América Central y parte de los Andes (Bravo,1978).

Subfamilia Opuntioideae

Son plantas de tallo suculento, corto, cilíndrico o globuloso; hojas persistentes con 3 espinas por aréola, flores solitarias y apicales. Esta subfamilia se distribuye en Argentina y Chile. En México esta subfamilia está representada por tres géneros *Pereskopsis*, *Nopalea* y *Opuntia* (Bravo, 1978).

Subfamilia Cactoideae

Es la más diversa con 1300 especies representada por arbustos cespitosos, trepadores o epífitos, con raíces fibrosas o tuberosas, tallos no segmentados y ausencia de gloquidios. Esta subfamilia se subdivide en nueve tribus, en donde una de ellas es la tribu Cacteae.

De la tribu Cacteae los géneros en orden de importancia más representativos para México son: *Mammillaria* y *Echinocereus* (con cerca de 200 especies), *Echinocereae*; *Gymnocalycium*, *Neoporteria*, *Parodia* y *Rhipsalis* (alrededor de 40 a 60 especies cada una) y *Notocactaceae* y *Melocactus* (cerca de 35 especies); sin embargo, existen otros géneros como *Ariocarpus*, *Astrophytum*, *Aztekium*, *Coryphantha*, *Echinocactus*, *Echinomastus*, *Epithelantha*, *Escobaria*, *Ferocactus*, *Geohintonia*, *Leuchtenbergia*, *Thelocactus* y *Turbincarpus*, que aunque tienen menor número de especies, estos

también son representativos porque presentan especies en estatus de riesgo (Nobel, 1998).

***Echinocactus platyacanthus* L & O.**

El nombre de la especie "platyacanthus" como mencionan Link & Otto, (1827) citado por Villavicencio *et al*, (2010) viene del griego platy, que significa " con amplias espinas ", y su nombre común biznaga de dulce es porque con los tallos se prepara un dulce comúnmente llamado acitrón, muy apreciado como confitura.



Figura 1. Especie *Echinocactus platyacanthus*

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Caryophyllidae

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Género: Echinocactus

Especie: platyacanthus Link & Otto

Relevancia de la especie

El crecimiento de la planta es muy lento, puede llegar a alcanzar una edad de 200 a 500 años y llegan a medir más de dos metros de altura por un metro de diámetro (Castillo y Trujillo, 1990), por este motivo es importante plantear estrategias que aseguren su desarrollo y supervivencia.

***Echinocactus grusonii* Hildm 1891.**

Echinocactus grusonii es una cactácea nativa del centro de México que se desarrolla como una planta esférica grande y llega a medir hasta un metro de altura después de muchos años y tener hasta 35 costillas en plantas maduras (Oonsivilai *et al.*, 2010).



Figura 2. Especie *Echinocactus grusonii*

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Género: Echinocactus

Especie: *grusonii* Hildm 1891.

Relevancia de la especie

En el nivel utilitario la especie ha demostrado ser altamente ornamental y su potencial de aprovechamiento en los invernaderos del mundo es de sobra conocido (Fuller y Fitzgerald, 1987). Incluso, es una especie simbólica y en el mundo se han instaurado premios que aluden a ella, como el distintivo Cactus de Oro (Cactus d'Or Award), patrocinado por los concejales del principado de Mónaco y entregado a su nombre por la International Organization for Succulent Plants Study (IOS, 2002).

***Ferocactus pilosus* (Galeotti) Werderm.**

Esta hermosa cactácea destaca por la intensa coloración roja de sus espinas y sus flores de color amarillo anaranjado.



Figura 3. Especie *Ferocactus pilosus*

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida.

Subclase: Caryophyllidae

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Género: *Ferocactus*

Especie: *pilosus*

Relevancia de la especie

En la Mesa Central, las tribus que erraron por la vasta región donde crece esta especie, usaron sus botones y flores como importante fuente de alimento, costumbre que aún perdura en nuestros días. En el estado de San Luis Potosí, las flores de esta especie se expenden en el mes de abril, en los mercados para su consumo principalmente en forma capeada (Sánchez, 2005). Las flores tiernas (botones florales) se comen a manera de verdura, e incluso se venden enlatadas bajo el nombre de "cabuches". Sus frutos, aunque ácidos, también son comestibles y se les conoce con el nombre vulgar de limón de viznaga (Bravo *et al.*, 1991).

Especie sometida a un frecuente uso como forraje y fuente de agua para el ganado (Hernández, 2006). Intensamente extraídas de su hábitat para ser usadas como plantas de ornato (Hernández y Godínez, 1994).

Legislación Aplicable a las Cactáceas en México

México es uno de los países con mayor diversidad biológica en el mundo, sin embargo, comparte como muchos otros países problemas por la desaparición de especies como resultado de la acción de diversos factores, sobre todo de cambios drásticos en el uso de suelo, colecta excesiva y selectiva de plantas y semillas de plantas. Al respecto se

han aplicado una serie de medidas regionales, nacionales e internacionales a fin de proteger, conservar y disminuir el impacto de las actividades humanas sobre las poblaciones naturales. De tal manera que en 1994 se expidió la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-1994, que "establece el número de especies amenazadas y en peligro de extinción y especifica acciones para su conservación".

Aunque esta Norma fue un gran avance en pro de la preservación de la riqueza biológica del país, se actualizó en el 2001 para incluir términos y observaciones que no tenía la anterior. La norma NOM-ECOL-059-2001, sustituye a la anterior y se refiere a la "Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres en la que se incluyen; categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio (DOF, 2002).

Dicha norma nos especifica en su listado, la categoría de riesgo para *F. pilosus* y *E. platyacantus* como especies sujetas a protección especial es decir aquellas especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad. *E. grusonii* presenta una categoría de riesgo de especie en peligro de extinción, es decir, las áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica; la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, por sus siglas en inglés IUCN) menciona que la especie *E. grusonii* está categorizada como especie en peligro crítico (citado por Arias *et al.*, 2005).

Hongos Micorrizicos Arbusculares (HMA)

Clasificación de los HMA

Los Glomales son hongos que consisten de esporas asexuales grandes e hifas cenocíticas distribuidas en el suelo, desconociéndose la diversidad genética que está presente en estas estructuras multinucleadas (Tommerup, 1988). La clasificación de estos hongos, está basada en la morfología de las esporas, siendo la estructura de la pared, el tamaño, forma, color, ornamentación, hifa de sostén y forma de oclusión de

esta hifa los principales criterios usados para la delimitación de especies (Rosendhal *et al.*, 1992).

En contraste con la gama amplia de hospedantes (Cuadro 1) y, a pesar de sus antiguos orígenes, sólo seis géneros de hongos pertenecientes al orden Glomales de los *Zygomycetes* han desarrollado la capacidad para formar Micorriza Arbuscular (Morton & Benny, 1990).

Cuadro 1. Clasificación de Hongos Micorrizicos según Morton & Benny (1990) y Morton & Redecker (2001).

Orden	Suborden	Familia	Géneros
Glomales	Glomineae	Glomaceae	<i>Glomus</i>
			<i>Sclerocystis</i>
			<i>Acaulospora</i>
	Gigasporineae	Acaulosporaceae	<i>Entrophospora</i>
			<i>Gigaspora</i>
		Gigasporaceae	<i>Scutellospora</i>
			Paraglomaceae
Archaeorporaceae	<i>Archaeospora</i>		

Importancia de la micorriza arbuscular en los procesos del suelo

Aun cuando aparentemente los HMA son muy comunes en el suelo, fue hasta hace 60 años cuando B. Mosse en Inglaterra (1953) y J.W. Gerdemann (1955) en Estados Unidos, establecieron la manera de reproducirlos sobre plantas vivas cultivadas en maceta.

A partir de que estos hongos pudieron propagarse en maceta, el interés por estudiar la micorriza arbuscular se incrementó, estableciéndose los beneficios que esta simbiosis aporta a las plantas que la forman. Se ha demostrado que las plantas micorrizadas incrementan la captación de nutrientes minerales, especialmente aquellos que son poco móviles en el suelo, como fósforo, cobre y zinc (Smith & Read 1997). También se ha observado que reducen la tensión fisiológica causada por microorganismos patógenos de la raíz (Aguilar & Barea 1992; Linderman 1992) y condiciones ambientales extremas (Sylvia & Williams 1992).

Fisiología de hongos micorrízicos. La colonización micorrícica arbuscular puede aumentar el contenido de fósforo, calcio, zinc, azufre, bromo y cloro en la planta hospedera (Rhodes y Gerdeman,1978;Tinker,1978;Swaminathan y Varma,1979), por lo que ha habido mucho interés en su uso para mejorar el desarrollo de la vegetación en lugares perturbados (Daft y Hackscaylo,1976), ya que se ha confirmado que la micorriza arbuscular puede incrementar el crecimiento de las plantas al aumentar la superficie de adsorción de fosforo en suelos deficientes en este elemento (Tinker,1978).

Algunos estudios han mostrado que si se adicionan esporas de HMA al medio de crecimiento vegetal se disminuyen los efectos dañinos de factores limítrofes tales como niveles altos de boro y sodio en el agua de irrigación y salinidad (Badran *et al.*, 1994), además, se puede modificar la respuesta de las plantas al estrés por agua, aumentando la resistencia a la sequía (Azcón *et al.*, 1994).

La colonización por HMA disminuye la cantidad y tipo de exudados de las raíces, tales como aminoácidos y azúcares (Graham, 1998). De esta forma, la colonización de las raíces con HMA puede ejercer efectos selectivos sobre algunos microorganismos específicos, incrementando las poblaciones de bacterias solubilizantes de fosfato, fijadoras de nitrógeno e hidrolizadoras de urea (Barea *et al.*, 1975).

Ecología de los hongos micorrízicos. Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) son un componente vital del ecosistema suelo ya que incrementan la habilidad de las plantas para la toma de nutrientes y mejoran su nutrición al

espaciarse por el suelo, indirectamente las protege de ataques por patógenos ya que están mejor nutridas (Jeffries y Barea, 2001), además, intervienen en las relaciones hídricas de las plantas explorando el suelo y proporcionándoles agua, que de otra forma no podría haberla obtenido (Faber *et al.*, 1991).

Los HMA también contribuyen de manera importante en los procesos de formación y estabilización del suelo, lo que mantiene su fertilidad (Jeffries y Barea, 2001). Ya que participan en la formación de agregados, por acción mecánica y química, gracias a que la red micelial atrapa y compacta la partícula primaria de suelo, además de secretar glomalina: una glicoproteína recalcitrante, que cementa las partículas de suelo (Wright y Upadhyaya, 1998; Miller y Jastrow, 1992). Los macro y micro agregados resisten mejor las fuerzas destructivas como el impacto de gotas y mojado y secado del suelo, mejorando la infiltración y evitan la pérdida de suelo por erosión eólica (Forster y Nicolson, 1981 a,b). Dichos agregados persisten aún después de la muerte de las plantas y descomposición de sus raíces, por ello los HMA pueden ser utilizados como una herramienta en la rehabilitación de suelos perturbados y en la conservación de suelos potencialmente perturbables (Conde, 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Experimento

El estudio y evaluación se llevó a cabo en el invernadero de INIFAP campus Saltillo, localizado en Carretera Saltillo - Zacatecas km. 342+119 # 9515, Ex hacienda de Buena Vista.



Figura 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) campus Saltillo.

El trabajo se realizó bajo condiciones de invernadero durante los meses de marzo a agosto de 2017. La temperatura mínima registrada de este periodo fue de 22 °C y la máxima de 47 °C durante el día y una mínima de 5 °C durante la noche.

Distribución de Tratamientos

Se realizaron cinco tratamientos distribuidos en lotes de 15 plantas de cada tratamiento. Cada tratamiento conto con tres repeticiones de cinco plantas por repetición.

En el primer tratamiento se aplicó con fertilizante 20-30-10, el segundo tratamiento se realizó con propágulos de micorriza de INIFAP^{MR} de al menos 10 propágulos por cada planta; el tratamiento tres se realizó con micorriza con al menos 10 propágulos por cada planta y fertilizante 20-30-10 cada siete días; en el tratamiento cuatro se aplicaron dosis de micorriza y fertilizante 20-30-10 cada 30 días; y el tratamiento cinco fue el testigo, (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de tratamientos y frecuencia de aplicación.

Tratamientos	Aplicaciones	Numero de aplicaciones
1	fertilizante 20-30-10	Única aplicación
2	Micorriza	Única aplicación
3	Micorriza con fertilizante	Aplicaciones cada 7 días
4	Micorriza con fertilizante	Aplicaciones cada 30 días.
5	Testigo	Riegos frecuentes.

La preparación de las soluciones se llevó a cabo vertiendo en el caso del FertiDrip (20-30-10) a 300 ml de agua, el fertilizante, se agitó por 3 min aproximadamente y se aforó a 600 ml. En el caso de la Micorriza se vertieron 250 ml, después los propágulos, se agito por 5 min aproximadamente y se aforo a 400 ml.

La primera aplicación, como se muestra en el cuadro 3 fue de la siguiente manera:

Cuadro 3. Dosis a aplicar de micorriza y fertilizante por planta.

	Dosis por tratamiento	Dosis por planta
Micorriza	5 gr en 400 ml de agua	27 ml
Fertilizante	3 gr en 600 ml de agua	40 ml

En el cuadro 4 se concentró información de dosis por planta en cada tratamiento, correspondiente tanto al fertilizante como a los hongos Micorrízicos.

Cuadro 4. Dosificación de fertilizante y micorriza por tratamiento y planta.

Tratamiento	Dosis por planta
1	40 ml fertilizante
2	27 ml micorriza
3	40 ml fertilizante 27 ml micorriza
4	40 ml fertilizante 27 ml micorriza
5	Testigo

Parámetros de Medición

Los parámetros de medición que se tomaron en cuenta fueron: 1) diámetro de la planta, que se tomó de la parte media o más ancha de la planta. La lectura fue tomada de manera cruzada, y 2) La altura de la planta. La lectura de ambas variables fue en ambos casos el milímetro (mm). Al final del experimento se realizó una evaluación del peso de raíz tomando como unidad de medida el miligramo (mg).

Riegos

Las plantas usadas en el experimento mostraban un grado de deshidratación muy marcado por lo que fue necesario rehidratarlas, para ello se efectuaron riegos dos veces por semana hasta obtener una buena hidratación. Posteriormente, durante la etapa de experimentación se aplicaron riegos una vez por semana a la misma hora del riego anterior para obtener siempre una buena hidratación de las plantas de cactáceas. El riego se realizó manualmente a razón de aproximadamente 250 ml por ejemplar.

Colecta de Datos

La primera colecta de datos se efectuó al momento de la primera aplicación de tratamientos y posteriormente se realizó cada 30 días. Se midió cada una de las plantas que integro cada tratamiento, posteriormente se obtuvo la media por repetición referentes a las variables diámetro y altura. A los 223 días de tratamiento se determinó el peso seco de raíz, la cual se obtuvo de un grupo de cinco plantas de cada tratamiento de cada una de las especies. De la planta elegida se realizó el corte de raíz y lavado de la misma, posteriormente, se pusieron a secar y se tomó el peso seco de las mismas.

Diseño Experimental

El análisis de los resultados se efectuó bajo un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial y pruebas de significancia (Duncan, 0.05). Para el análisis estadístico se usó el programa estadístico SAS. Se utilizaron 4 tratamientos y un testigo con 3 repeticiones cada uno; siendo las unidades experimentales la planta por maceta.

RESULTADOS Y DISCUSION

Comportamiento de Diámetro y Altura por Efecto de Tratamientos

Ferocactus pilosus

Diámetro

El análisis de varianza mostró diferencias no significativas, es decir, las medias de cada variable dentro de tratamientos fueron estadísticamente similar. El diámetro de plantas al inicio de aplicación de tratamientos (primera toma de datos) no fue significativo ($P>0.0040$). El diámetro promedio a los cero días entre plantas por tratamiento varió entre 55.79 a 62.512 mm.

El diámetro de plantas a los 97 días de tratamiento (Figura 5), no muestran diferencias significativas ($P>0.0068$) en comparación al testigo. El diámetro promedio entre tratamientos, varió de 70.552 a 76.065 mm para los tratamientos testigo y aplicación de micorriza cada 30 días, respectivamente. El mejor efecto se observó cuando se hace uso de la micorriza cada 30 días, seguido del Fertilizante 20-30-10 y Micorriza de única aplicación con 76.065, 73.632 y 72.369 mm, respectivamente. Las aplicaciones en conjunto micorriza y fertilizante tuvieron un buen efecto siendo la mejor, la aplicación cada 30 día

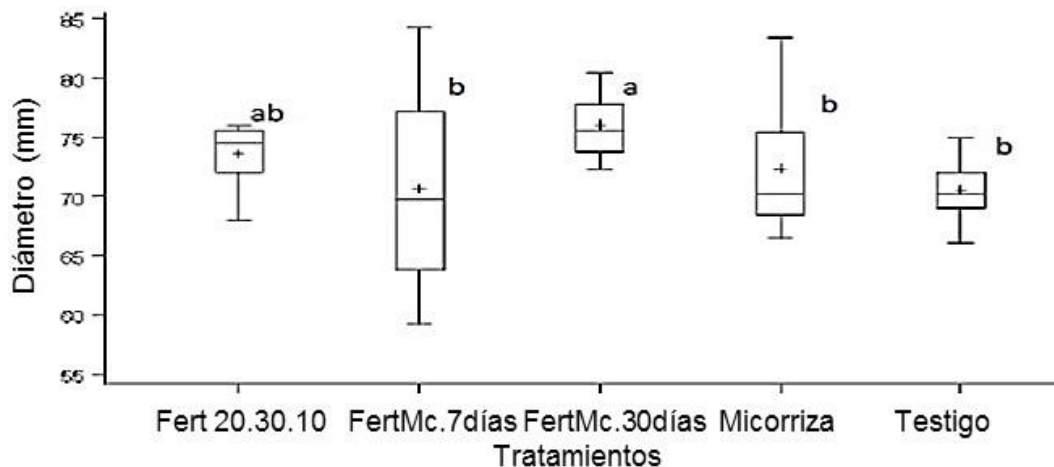


Figura 5. Diámetro promedio a los 97 días después de la aplicación de los tratamientos en *Ferocactus pilosus*.

Altura

No hubo diferencias significativas ($P < 0.0799$) respecto a la altura de plantas en *Ferocactus pilosus* a los cero días de tratamiento.

El análisis estadístico a los 120 días después de la primera aplicación de tratamientos (Figura 6) muestra diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), es decir, se observaron diferencias estadísticas respecto a la altura promedio entre tratamientos. Está varió de 54.702 a 69.993 mm para los tratamientos a base de Fertilizante 20-30-10 y micorriza cada 30 días, respectivamente. El mejor efecto se observó cuando se hace uso de Micorriza cada 30 días, seguido del testigo con 69.993, 63.345 mm, respectivamente. Es decir, las aplicaciones en conjunto fertilizante y micorriza tienen un mejor efecto aplicándola cada 30 días en contraste a cada 7 días respecto al testigo.

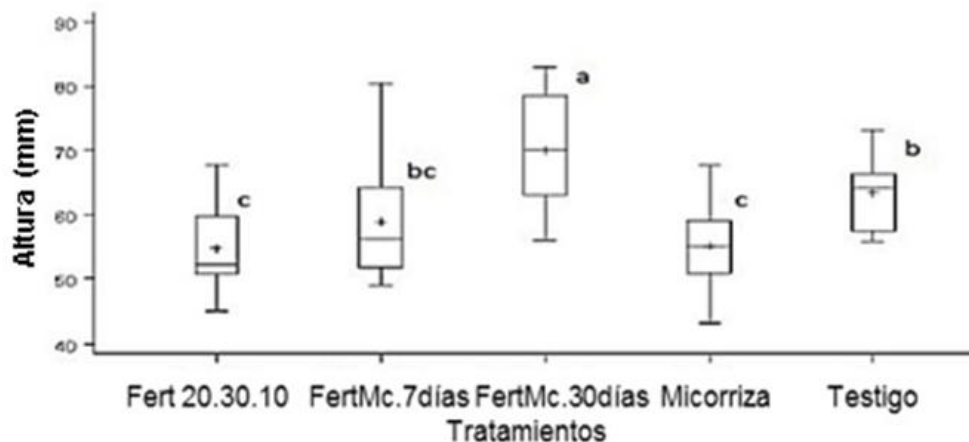


Figura 6. Altura promedio a los 120 días después de la aplicación de los tratamientos en *Ferocactus pilosus*.

Echinocactus grusonii.

Diámetro

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P < 0.0001$) entre tratamientos a los cero días de aplicación, lo que nos dice que hay heterogeneidad en las medias

que integran los tratamientos al inicio de las aplicaciones. El diámetro promedio a los cero días entre plantas por tratamiento varió entre 60.961 y 69.324 mm, siendo el Testigo el de mayor diámetro y el Fertilizante 20-30-10 el de menor, respectivamente, (Figura 7).

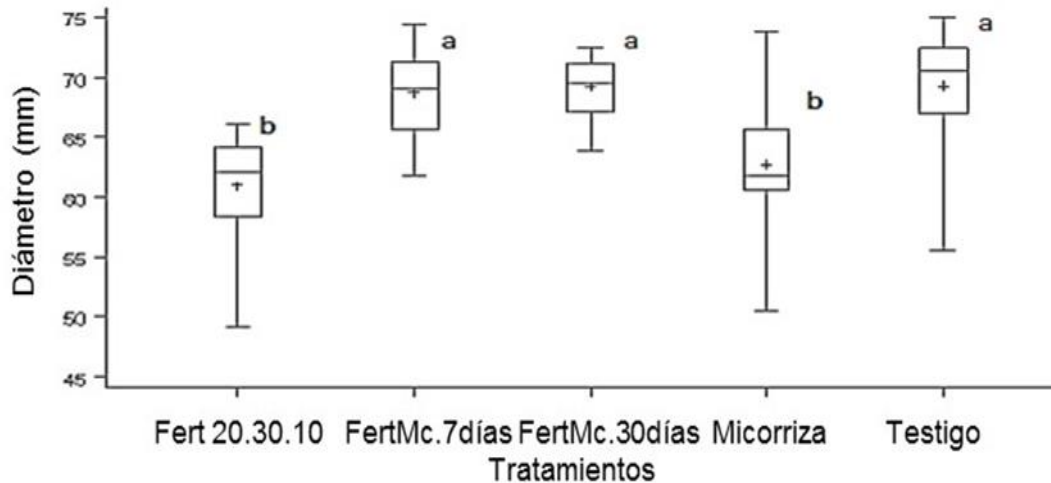


Figura 7. Diámetro promedio al inicio de tratamientos en la especie *Echinocactus grusonii*.

El análisis de varianza a los 120 días después de aplicación de tratamientos mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$) entre tratamientos en comparación al testigo. El diámetro, que varió de 77.77 a 93.823 mm para el testigo y aplicación de micorriza-fertilizante cada 7 días, respectivamente.

Se muestran los diámetros promedio por efecto de tratamientos a los 120 días después de su aplicación (Figura 8).

El mejor efecto se observó cuando se hace uso del fertilizante y micorriza en conjunto cada 7 días, seguido de fertilizante-micorriza cada 30 días y fertilizante 20-30-10 con 93.823, 89.393 y 86.112 mm, respectivamente.

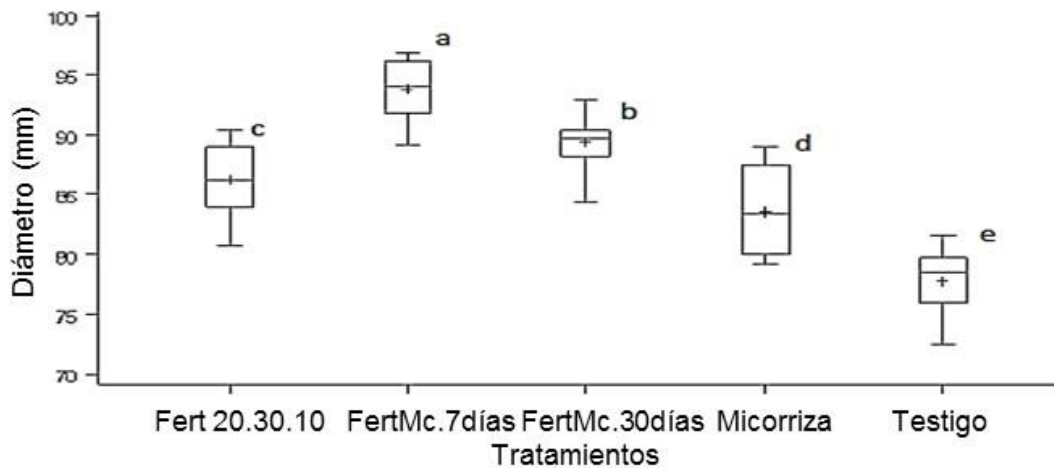


Figura 8. Diámetro promedio a los 120 días después de la aplicación de tratamientos en *Echinocactus grusonii*.

Altura

Para la altura en *Echinocactus grusonii* a los cero días no hubo diferencias significativas ($P < 0.0087$) estadísticamente entre tratamientos. Sin embargo, se tiene un rango promedio de 40.181 a 49.039 mm.

Se muestra el comportamiento de los tratamientos a los 120 días (Figura 9). Se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.0001$). La altura varió de 62.597 a 77.088 mm (micorriza única aplicación y fertilizante-micorriza cada 7 días, respectivamente).

El tratamiento que mostró mejor efecto en estimular la altura fue la mezcla fertilizante-micorriza cada 7 días, seguido de los tratamientos fertilizante-micorriza cada 30 días y fertilizante 20-30-10 (única aplicación) con valores de 77.088, 73.621 y 71.211 mm, respectivamente.

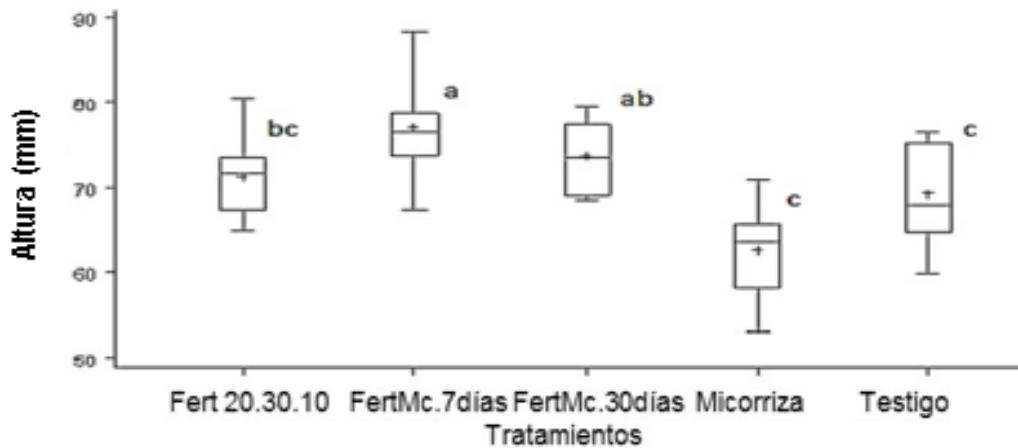


Figura 9. Altura promedio a los 120 días después de la aplicación de tratamientos en *Echinocactus grusonii*.

Echinocactus platyacanthus

Diámetro

El análisis de varianza al inicio de la aplicación de tratamientos fue significativo ($P < 0.0057$), es decir, hubo diferencias significativas en el diámetro promedio de las plantas que integraron las repeticiones entre tratamientos. El diámetro promedio a los cero días entre tratamientos varió de 50.547 a 54.675 mm, (Figura 10).

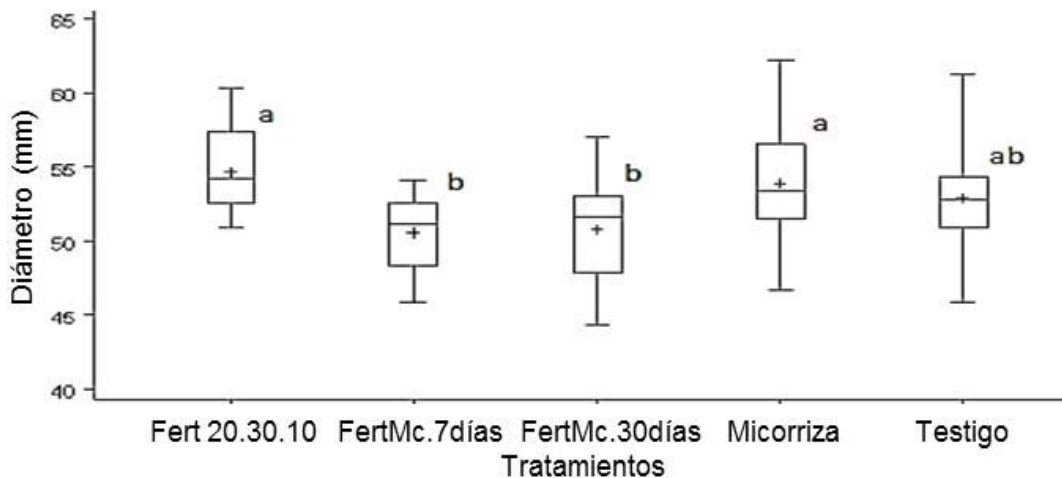


Figura 10. Diámetro promedio a los cero días después de la aplicación de tratamientos en *Echinocactus platyacanthus*.

El análisis de varianza a los 120 días después de la aplicación de tratamientos (Figura 11) mostro diferencias significativa entre tratamientos ($P < 0.0001$). El diámetro promedio vario de 65.048 a 70.34 (micorriza-única aplicación y Fertilizante 20-30-10-única aplicación, respectivamente).

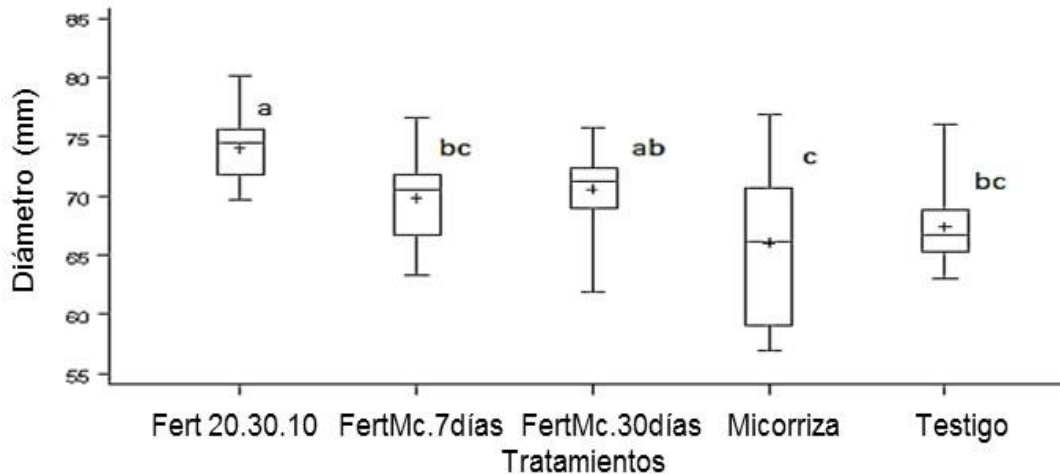


Figura 11. Diámetro promedio a los 120 días de la aplicación entre tratamientos en *Echinocactus platyacanthus*.

El tratamiento con mejor efecto en el diámetro fue la aplicación de fertilizante 20-30-10, seguido de fertilizante-micorriza cada 30 días con valores de 73.981 y 70.557 respectivamente.

Altura

El análisis estadístico inicial sobre la altura de *Echinocactus platyacanthus* de cada grupo que integró cada tratamiento no mostró diferencias significativas ($P < 0.0146$) entre tratamientos. Sin embargo, el análisis a los 120 días de tratamiento mostro diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.0001$), es decir, los tratamientos tienen efectos positivos en la estimulación de la altura, la cual tuvo un rango promedio entre 62.021 a 72.774 mm. Los mejores efectos se observaron con el uso de fertilizante y fertilizante- micorriza aplicado cada 7 días. Los valores observados fueron de 72.7 y 69.585, respectivamente (Figura 12).

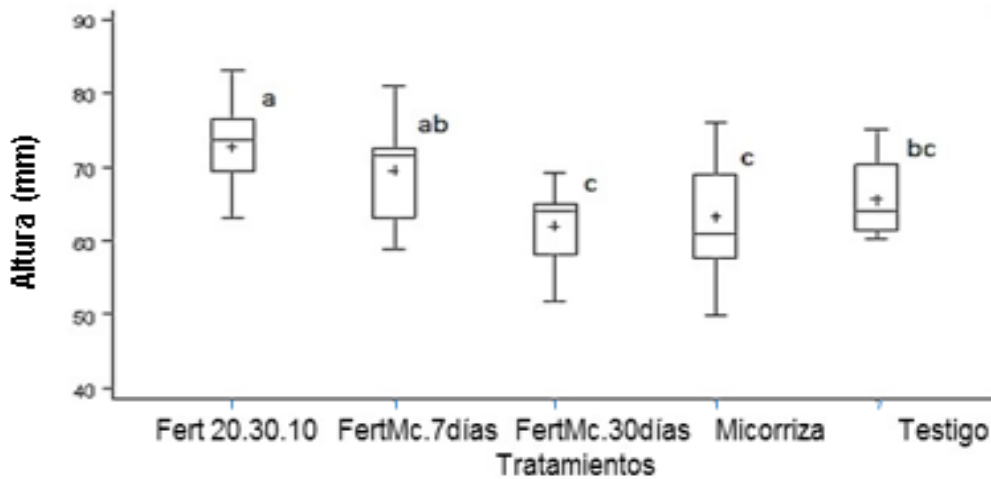


Figura 12. Altura promedio a los 120 días después de la primera aplicación de tratamientos en *Echinocactus platyacanthus*.

Los resultados obtenidos de los parámetros estudiados son variables para cada especie, lo cual coincide con lo mencionado con Huante *et al*, (2002) quienes señalan que las especies difieren en su capacidad para responder a la variación ambiental que enfrentan. En consecuencia, su establecimiento y crecimiento se determina, en gran medida, por su capacidad para responder a dicha heterogeneidad.

De igual forma Huante *et al*, (2002) mencionan en sus estudios que las especies de rápido crecimiento muestran mayor acumulación de biomasa en comparación con las de lento crecimiento, lo que les da una tasa de asimilación mayor, lo que sugiere una tasa fotosintética mayor, una mayor ganancia de biomasa por unidad de área foliar, una mayor acumulación de nitrógeno y un reducido o nulo beneficio de las asociaciones que establecen con hongos Micorrízicos.

Esto nos lleva a deducir que es por ello que *E.grusonii* al ser una especie de más rápido crecimiento y al generar mayor biomasa (diámetro-altura) obtiene mejor resultados al aplicarse Fertilizante-Micorriza cada 7 días pues su necesidad de nitrógeno para generación de biomasa lo induce a la utilización del inoculo micorrízico y extender sus raíces para así buscar más nitrógeno, puesto que el fertilizante aplicado contiene mayor cantidad de fosforo. Por el contrario, la especie *F. pilosus* y *E.*

platyacanthus por ser especies de más lento crecimiento (alcanzan su máximo crecimiento de 200 hasta 500 años) son más inflexibles a los cambios del ambiente, es decir no concentran su energía a la búsqueda de nitrógeno y generación de biomasa, solo toman lo necesario para sobrevivir. Al desarrollarse en un sustrato, en el caso de *F. pilosus* responde mejor al fertilizante (única aplicación) para *E. platyacanthus*, el tratamiento a base de Fertilizante-Micorriza cada 30 días es el que da mejor resultado ya que solo necesitan lo esencial para sobrevivir por ello no necesitan de aplicaciones tan frecuentes y no requieren tampoco de gran cantidad de inóculo micorrízico.

Estimulación de Crecimiento de Raíces por Efecto de Tratamientos Micorrizicos en las Especies *F. pilosus*, *E. grusonii* y *E. platyacanthus*.

En la determinación del efecto de la micorriza en la estimulación del crecimiento de raíces en las especies de cactáceas mencionadas, al momento del corte de raíces de plantas por tratamiento de las tres especies se observó la presencia de micelio micorrízico (Figura 13). Lo que nos dice que la micorriza si colonizo las raíces de las cactáceas tratadas.



Figura 13. Raíces con presencia de micelio micorrízico.

Posterior al lavado y secado de raíces se observó una diferencia marcada, tanto en apariencia, grosor y tamaño de raíz. Presentando mayores valores en estos parámetros la especie de *E. grusonii* en comparación con las otras dos especies de cactáceas (Figura 14). Estos resultados concuerdan con lo que menciona Huante *et al.* (2002) sobre las especies con presencia del inoculo micorrízico de forma natural alcanzan una mayor longitud de raíz en comparación a las que no tienen la presencia del inoculo.



Figura 14. Comparación entre las raíces de las diferentes especies de cactáceas con el tratamiento tres (A) *F.pilosus*, (B) *E.grusonii* y (C) *E.platyacanthus*.

De acuerdo a la prueba de significancia, se observa que sólo *E. grusonii* y *E. platyacanthus* presentan diferencias entre tratamientos ($P>0.095$ y $P>0.1171$). En la especie *F. pilosus* no se observó diferencia significativa ($P>0.7951$).

El comportamiento del peso seco en *E. grusonii* fue mayor para los tratamientos en contraste al testigo. El tratamiento con mayor efecto en el desarrollo de raíz es T1 (fertilizante 20-30-10) con una media de 5300 mg, seguido del tratamiento Micorriza con una media de 4433 mg de peso seco de raíz, mientras que los tratamientos tres y tratamiento cuatro obtuvieron una media de peso seco de raíz muy similar (Figura 15).

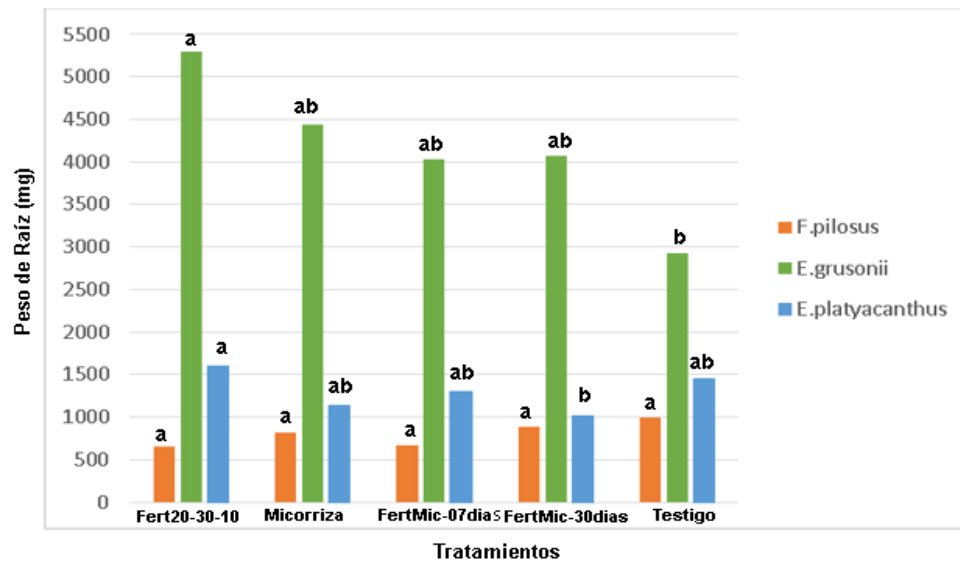


Figura 15. Comparación de peso seco de raíz en miligramos entre los diferentes tratamientos para las especies *F. pilosus*, *E. grusonii* y *E. platyacanthus*.

En las especies *F. pilosus* y *E. platyacanthus* no hay diferencia significativa, sin embargo de acuerdo a la figura 15 el tratamiento fertilizante 20-30-10 fue el que tuvo mayor efecto en el desarrollo de raíz con una media de peso seco de 1600 mg muy similar a la del testigo (1450 mg). En *F. pilosus* el de mayor desarrollo de raíz fue el testigo con una media de 1000 mg.

Estas diferencias de peso seco de raíz pudieran deberse a factores como la temperatura máxima que se registró en el invernadero (45°C) y a la que estuvo sometido el inoculo micorrízico, lo que implicaba una pérdida de humedad y también las bajas temperaturas por la noche, donde eran de hasta 5 °C. Otro factor pudiera ser el tipo de raíz de cada especie, mientras *E. grusonii* tiene raíces más gruesas y un poco pivotantes con abundancia de raicillas, *E. platyacanthus* tiene sus raíces muy delgadas, un poco más fibrosas, y *F. pilosus* tiene raíces no tan delgadas y con un poco de raicillas. Otro factor que influyó en la generación de raíz en cada especie es la dimensión de la maceta, puesto que, conforme crece la raíz de la planta dentro de la maceta, la raíz ya no cuenta con el espacio suficiente para seguir desarrollándose.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones que se desarrolló el experimento se llega a las siguientes conclusiones.

1. Para la especie *Ferocactus pilosus* todos los tratamientos tienen el mismo efecto en incremento de biomasa en raíz, en tanto que el diámetro y altura son aumentados por el tratamiento Fertilizante-micorriza cada 30 días.
2. Para la especie *Echinocactus grusonii* el tratamiento con única aplicación de Fertilizante genera un mayor crecimiento de biomasa en raíz, mientras que el diámetro es aumentado por todos los tratamientos y la altura por los tratamientos fertilizante-micorriza cada 7 días y fertilizante-micorriza cada 30 días.
3. Para la especie *Echinocactus platyacanthus*, todos los tratamientos tienen el mismo efecto en el aumento de biomasa en raíz, mientras que el diámetro y altura son aumentados con el tratamiento de única aplicación a base de fertilizante.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, C. y Barea, J.M.1992.Interactions between micorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. Pp. 163-198. In: Allen,M.F.(eds) Mycorrhizal Fuctioning, Chapman Hail, Nueva York.
- Arias, S. Guzmán, V.Mandujano, M. Soto, G.M., y Golubov, J. 2005. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción. Vol.5. Num.4. Pp.100-128.
- Axelrod, D. 1979. Age and origin of sonoran desert Vegetation. Calif Acod. Sci. Oct. Pp.132:1-74.
- Azcón, R.J.; Ruiz L. y Gómez, M, 1994. Effect of Potassium on Glomus sp. Symbiosis tolerance to peg induced wáter stress, evaluated as Leaf-gas change and related parameters. 4th European Symposium on Mycorrhizas. Abstracts. Granada, P.186.
- Badran ,O. ; Abouelkhair y Kandeel, S. 1994. Effect of salinity borona n sodium of irrigation wáter on the growth of three timber seedlings grown in soil containing vesicular-arbuscular mycorrhizae spores. 4th Europan Symposium on micorrizas Abstracts, Granada,p. 28.
- Barea, J. M.; Azcón, R. y Hayman. 1975. Posible synergistic interactions between engagone and phosphate solubilizing bacteria in low phosphat soils. En: Sanders, F.E; Mosse y Tinker (eds.). Endomycorrhizas, Academic press Londres, Pp 407-417.
- Bárcenas,R.T.2006.Comercio de cactáceas mexicanas y perspectivas para su conservacion.CONABIO. Biodiversitas 68:11-15

- Berggren, W.A. y Prothero, D.R.1992 In Eocene –Oligocene Climatic and Biotic Evolution. Eds.Prothero D. R., Berggren W. A.. Princetum Univ press, Princeton Pp.1-28.
- Bravo-Hollis, H.1978. Las Cactaceas de Mexico. Vol 2. Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Ed. UNAM. Mexico, D.F. Pp-743.
- Bravo-Hollis,H. y Sanchez-Mejorada.1991. Las Cactáceas de México. Vol. 2. Universidad Nacional Autónoma de México, Ed. UNAM. Mexico, D.F. P p- 643.
- Britton N.I. and J.N Rose.1919-23. The Cactaceae.Vol.4. Carnegie Institute, Publication 248.Washington, D.C.
- Casas, A., J. Caballero and Valiente-Banuet, A. 1999. Use, managment and domestication of columnar cacti in south- central Mexico: A historical.
- Castillo, R.F y Trujillo S.1990. “Ethonotany of ferocactus histrix Echinocactus platyacanthus (cactaceae) in the sumiarid central México: past present and future”, Economic Botany, Núm. 45, Pp.495-502.
- Colunga, G. M. P., Hernández-X, E. y Castillo, A. 1986. Variacion morfológica, manejo agrícola tradicional y grado de domesticación de *Opuntia spp.* en el Bajío Guanajuatense. Agrociencia, 25: 7-49.
- Conde, C.E. 2011. Influencia de hongos micorrizógenos arbusculares y leguminosas en la formación de agregados hídricamente estables en tepetate. Tesis de licenciatura, Departamento de Agrobiología, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala.
- Daft, M. y Hackscaylo, E. 1976. Arbuscular mycorrhizas in the anthracite and bituminous coal wastes of Pennsylvania, J. Appl. Ecol. 13:523-531.

- Diario Oficial de la Federación, 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL -2002. Protección ambiental a especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificación para su inclusión, exclusión o cambios-Lista de especies en riesgo.
- Duran-García, R., Mendez-Gonzalez, E.2011. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. Especies "Cactáceas". Pp. 191-192.
- Faber B.A.R.; Zasoski, D.N.; Munss y Shackeli, K.1991. A method for measurings hyphal nutrient and wáter uptake in micorrhizal plants. *Can, J. Bot.* 69:87-94.
- Forster S.M. y T.H. Nicolson. 1981 a. Microbial aggregation of sand in a maritime dune succession. *Soil Biol. Biochem.*13:205-208.
- Forster S.M. y Nicolson T.H.. 1981b. Aggregation of sand from a maritime embryo sand dune bye microorganisms and higher plants. *Soil Biol. Biochem.*13:199-203.
- Fuller, D y Fitzgerald, S.1987. Conservation and commerce of cactian other succulens. world will dlife Fund. Washington.D.C.264 pp.
- Gerdemann,J.W.1955. Relation of a large soli, bome spore to phycomycetous mycorrhizal infection. *Mycologia*, 47:619-632.
- Graham J.H.1998.Comparative effects on phosphite (HPO^-) and phosphate (PO^{-2}) on root exudation and arbuscular mycorrhizal functioning. En: Ahonen-Jonnarth, U., E. Danell, P. Fransson,O. Karén, B. Lindahl,I. Rangel y R. Finlay (eds.) *Second international Conference on Mycorrhiza*. Uppsala, P.73.
- Guzman, U., A. Arias y P.Dávila.2003.Catálogo de Cactáceas mexicanas. UNAM., CONABIO.México, D.F.315p.

- Hernández M., H y H. Godínez.1994.Contribucion al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. Acta Botánica Mexicana.6:33-52 p.
- Huante, P. ;Barradas, V.L. y Rincón, E. 2002. Historia Natural de Chamela. Ecofisiología Vegetal. Instituto de Biología de la UNAM.Mexico.473-480p.
- Organizaciones Internacionales para la Investigación Plantas Carnosas. 2002. Cactaceae. Consulta en Línea: [www.iosweb.org/iosweb/index.php] fecha de consulta 14 de Mayo de 2017.
- Jeffries, B. y Barea, D. 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, whit two genera Archaeospora and Paraglomus, base don concordant molecular and morphological caracteres. Mycologia. 93:181-195.
- Linderman, R.G.1992. Vesicular arbuscular mycorrhizae and soil conservation, 29-44. In. Mycorrhizae in sustainable Agriculture. ASA. Special Publication Bethlen falvay G.J. y Linderman R.G. (eds 54), Madison.
- Link, JHF y Otto, CF (1827) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gartenbaues in den Königlich Preussischen Staaten 3: 423.
- Miller, R. y Jastrow, D. 1992. The role of Mycorrhizal fungi in soil conservation. 29-44. In Mycorrhizae in sustainable Agriculture. Bethelenfalvay G. J. y Linderaman R. G. (eds.) ASA Special Publication No. 54, Madison.
- Moore,T. jansen,C.2006. Prima Country Home Horticulture.The University of Arizona. Cooperative Exension. Taking the University to the people.
- Morton J.B. y G.L. Benny.1990. Revised Classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and

Gigasporineae and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon*, 37:471-491.

Morton J.B. y D. Redecker. 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters. *Mycologia* 93:181-195 p.

Mosse, B. 1953. Fructifications associated with mycorrhizal strawberry roots. *Nature* 171:974.

Nobel, S.P. 1998. *Los incomparables Agaves y Cactus*. Ed. Trillas, México D.F. 200 p.

Oonsivilai, R.; Chaijareonudomrourng, N.; Huantanom, Y.; Oonsivilai, A. 2001. Extraction condition of *Echinocactus grusonii*. *Word Academy of Science, Engineering and Technology*. 46:77-80.

Rhodes L.H. y Gerdemann J.W.. 1978. Translocation of calcium and phosphate by external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Soil Sc.* 126:125-126.

Rosendhal, S., J.C. Dodd y C. Walker. 1992. Taxonomy and Phylogeny of the Glomales. PP. 1-12. In: Glaninazzi, S. y H. Schuepp (Eds.). *Impact of Arbuscular mycorrhizas on Sustainable agriculture and Natural Ecosystems*, Brirkhauser Verlag. Basel.

Rzedowski, J. 1978. *La vegetación de México*. Ciudad de México: Editorial Limusa. México D.F.

Sanchez- Mejorada, H. 1982. *Cactaceas y Suculentas Mexicanas*. "Consideraciones Generales sobre la Clasificación de las Cactaceas. Ed. 1. En: Durán-García R., Méndez-Gonzalez. E. 2011. *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatan*. Especies "Cactaceas". Pp. 191-192.

- Sánchez, M. E. 2005. Retos u oportunidades, comercialización de cactáceas mexicanas. Reflexiones para la Acción. ITESM, Campus Querétaro. CONACYT, Querétaro.
- Smith, E. y Read, D.J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London. Pp. 605
- Swaminathan K. y B.C. Varma. 1979. Responses of three crop species to vesicular arbuscular mycorrhizal infection on zinc deficient indian. *Soils. New Phytol.* 82:481-487.
- Sylvia, D.M. y Williams, E.S. 1992. Vesicular arbuscular, mycorrhizae and environmental stress. Pp. 101-124. In: Bethlenfalvay, G.J. y R.G. Linderman (eds) Mycorrhizae in sustainable agriculture. Special Publication No. 54. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Tinker P.B. 1978. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizas on plant nutrition and plant growth. *Physiol. Veg.* 16:743-751.
- Toledo, V. M. 1988. La diversidad Biológica de México. Ciencia y Desarrollo CONACYT. México, D.F. 81: 17-30 p.
- Tommerup. I, C. 1998. The vesicular arbuscular mycorrhizas. Avance en plantas pathology. 6:81-91.
- Villavicencio, G.E., Arredondo, G.A., Carranza P.M., Mares A.O., Comparan S.S., y Gonzalez. C. 2010. Cactaceas Ornamentales del Desierto Chihuahuense que se Distribuyen en Coahuila, San Luis Potosi y Nuevo Leon, Mexico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Noreste. Campo Experimental, Saltillo. Libro Técnico No. 2. Pp. 1-28.

Wright S.F. y. Upadhyaya A. 1998.A survey of soils for aggregate stability and glomalin, aglycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil*.198: 97-107.

APENDICE

APENDICE

Cuadro. 1 ANOVA obtenido para diámetro los cero días de los tratamientos para *F.pilosus*.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamientos	4	454.0654020	113.5163505	4.34	0.0040
Repeticiones	14	386.9649087	27.6403506	1.06	0.4149
R-cuadrado	0.364740	Coef Var	8.519689	Media	60.03053

Cuadro. 2 Cuadro de medias obtenidas para diámetro a los cero días de tratamientos para *F.pilosus*.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamientos
A	62.512	15	Testigo
A	62.247	15	FertMic30d
A	60.547	15	Micorriza
BA	59.057	15	Fert203010
B	55.790	15	FertMic7d

Cuadro. 3 ANOVA obtenido para diámetro los 97 días de los tratamientos para *F.pilosus*.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamientos	4	315.4067847	78.8516962	3.95	0.0068
Repeticiones	14	346.7182447	24.7655889	1.24	0.2728
R-cuadrado	0.372241	Coef Var	6.145797	Media	72.65773

Cuadro. 4 Cuadro de medias obtenidas para diámetro a los 97 días de tratamientos para *F.pilosus*.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamientos
A	76.065	15	FertMic30d
BA	73.632	15	Fert203010
B	72.369	15	Micorriza
B	70.671	15	FertMic7d
B	70.552	15	Testigo

Cuadro. 5 ANOVA obtenido para altura a los cero días de los tratamientos para *F.pilosus*.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamientos	4	332.8065947	83.2016487	2.21	0.0799
Repeticiones	14	715.3824347	51.0987453	1.36	0.2063
R-cuadrado	0.331759	Coef Var	14.45761	Media	42.47027

Cuadro. 6 Cuadro de medias obtenidas para altura a los cero días de tratamientos para *F.pilosus*.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamientos
A	45.857	15	Micorriza
BA	42.982	15	Testigo
BA	42.185	15	FertMic30d
BA	42.050	15	Fert203010
B	39.277	15	FertMic7d

Cuadro. 7 ANOVA obtenido para altura a los 120 días de los tratamientos para *F.pilosus*.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamientos	4	2457.457107	614.364277	13.96	<.0001
Repeticiones	14	1407.307760	100.521983	2.28	0.0149
R-cuadrado	0.610610	Coef Var	10.98568	Media	60.38800

Cuadro. 8 Cuadro de medias obtenidas para altura a los 120 días de tratamientos para *F.pilosus*.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamientos
A	69.993	15	FertMic30d
B	63.345	15	Testigo
BC	58.803	15	FertMic7d
C	55.097	15	Micorriza
C	54.702	15	Fert203010

Cuadro. 9 ANOVA obtenido para diámetro a los cero días de los tratamientos para *E.grusonii*.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamientos	4	974.1141513	243.5285378	13.62	<.0001
Repeticiones	14	299.1580647	21.3684332	1.19	0.3052
R-cuadrado	0.559709	Coef Var	6.389625	Media	66.18807

Cuadro. 10 Cuadro de medias obtenidas para diámetro a los cero días de tratamientos para *E.grusonii*.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamientos
A	69.324	15	Testigo
A	69.265	15	FertMic30d
A	68.680	15	FertMic7d
B	62.709	15	Micorriza
B	60.961	15	Fert203010

Cuadro. 11 ANOVA obtenido para diámetro a los 120 días de los tratamientos para *E.grusonii*.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamientos	4	2203.464811	550.866203	70.99	<.0001
Repeticiones	14	122.142315	8.724451	1.12	0.3583
R-cuadrado	0.842558	Coef Var	3.234310	Media	86.12973

Cuadro. 12 Cuadro de medias obtenidas para diámetro a los 120 días de tratamientos para *E.grusonii*.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamientos
A	93.823	15	FertMic7dias
B	89.393	15	FertMic30d
C	86.212	15	Fert203010
D	83.451	15	Micorriza
E	77.770	15	Testigo

Cuadro. 13 ANOVA obtenido para altura a los cero días de los tratamientos para *E.grusonii*.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamientos	4	606.4664720	151.6166180	3.77	0.0087
Repeticiones	14	453.3340987	32.3810070	0.81	0.6595
R-cuadrado	0.320116	Coef Var	14.09684	Media	44.97387

Cuadro. 14 Cuadro de medias obtenidas para altura a los cero días de tratamientos para *E.grusonii*.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamientos
A	49.039	15	FertMic30d
A	45.855	15	Testigo
A	45.167	15	FertMic7d
BA	44.627	15	Micorriza
B	40.181	15	Fert203010

Cuadro. 15 ANOVA obtenido para altura a los 120 días de los tratamientos para *E.grusonii*.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamientos	4	1760.379179	440.094795	19.05	<.0001
Repeticiones	14	344.026432	24.573317	1.06	0.4087
R-cuadrado	0.619300	Coef Var	6.793097	Media	70.75280

Cuadro. 16 Cuadro de medias obtenidas para altura a los 120 días de tratamientos para *E.grusonii*.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamientos
A	77.088	15	FertMic7d
BA	73.621	15	FertMic30d
BC	71.211	15	Fert203010
C	69.247	15	Testigo
D	62.597	15	Micorriza

Cuadro. 17 ANOVA obtenido para diámetro al día cero del experimento para *E. platyacanthus*.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamientos	4	201.6581833	50.4145458	4.07	0.0057
Repeticiones	14	127.7469400	9.1247814	0.74	0.7287
R-cuadrado	0.322074	Coef Var	6.693908	Media	52.56600

Cuadro. 18 Cuadro de medias obtenidas para diámetro al día cero de los tratamientos para *E. platyacanthus*.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamientos
A	54.675	15	Fert203010
A	53.869	15	Micorriza
BA	52.932	15	Testigo
B	50.808	15	FertMic30d
B	50.547	15	FertMic7d

Cuadro. 19 ANOVA obtenido para diámetro a los 120 días de los tratamientos para *E. platyacanthus*.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamientos	4	564.4110120	141.1027530	7.79	<.0001
Repeticiones	14	211.6589120	15.1184937	0.83	0.6298
R-cuadrado	0.433462	Coef Var	6.118526	Media	69.55820

Cuadro. 20 Cuadro de medias obtenidas para diámetro a los 120 días de tratamientos para *E. platyacanthus*.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamientos
A	73.981	15	Fert203010
B	70.557	15	FertMic30d
B	69.822	15	FertMic7d
BC	67.366	15	Testigo
C	66.066	15	Micorriza

Cuadro. 21 ANOVA obtenido para altura a los cero días de los tratamientos para *E. platyacanthus*.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamientos	4	417.5174747	104.3793687	3.40	0.0146
Repeticiones	14	123.8820347	8.8487168	0.29	0.9933
R-cuadrado	0.239746	Coef Var	12.41048	Media	44.61493

Cuadro. 22 Cuadro de medias obtenidas para altura a los cero días de tratamientos para *E. platyacanthus*.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamientos
A	48.666	15	Testigo
BA	45.001	15	FertMic7d
BA	44.863	15	Fert203010
B	42.617	15	FertMic30d
B	41.928	15	Micorriza

Cuadro. 23 ANOVA obtenido para altura a los 120 días de los tratamientos para *E. platyacanthus*.

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamientos	4	1196.768195	299.192049	8.03	<.0001
Repeticiones	14	270.622075	19.330148	0.52	0.9119
R-cuadrado	0.412972	Coef Var	9.155910	Media	66.65707

Cuadro. 24 Cuadro de medias obtenidas para altura a los 120 días de tratamientos para *E. platyacanthus*.

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamientos
A	72.774	15	Fert203010
BA	69.585	15	FertMic7d
BC	65.588	15	Testigo
C	63.317	15	Micorriza
C	62.021	15	FertMic30d