

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Efecto de Micorrizas Sobre Caracteres Morfológicos y Micorrización en
Plántulas de Huizache (*Acacia farnesiana. L Willd*)

Por:

ESTRELLA YVETTE RAMÍREZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre del 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Efecto de Micorrizas Sobre Caracteres Morfológicos y Micorrización en Plántulas de
Huizache (*Acacia farnesiana*. L Willd)

Por:

ESTRELLA YVETTE RAMÍREZ HERNÁNDEZ

TESIS

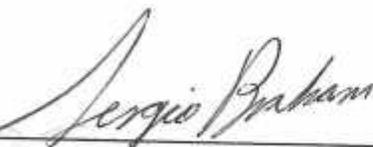
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada


Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Asesor Principal


Dra. Silvia Yudith Martínez Amador
Coasesor


Ing. Sergio Braham Sabag
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre del 2014

DEDICATORIA

A mis padres. Sr. Eliseo Ramírez Paz y Sra. Alicia Hernández Ramírez

Por demostrarme la importancia de la vida, educación y el estudio, por siempre tener la paciencia y comprensión, que tanto necesitaba en los momentos más difíciles de mi carrera, por apoyarme incondicionalmente, por tener siempre fe en mí a pesar de los malos pasos que di, así en cada hoja de esta tesis también está el sacrificio y trabajo que tuvieron que hacer por mí, les dedico todos y cada uno de mis logros ahora y siempre.

A mis hermanitas. Nancy Saraí y Alma Delia Ramírez Hernández.

Por la paciencia que tuvieron conmigo durante cada año de mi carrera, por el apoyo moral, por esas risas y momentos de locura que jamás olvidaré, por qué juntas somos las bases de la responsabilidad y deseos de superación día con día, de nuestros queridos padres.

A mi abuelita. Bernarda Ramírez.

Por su apoyo incondicional, su inigualable fortaleza que me ayudo a ver en cada día una luz de esperanza de que todo se puede en esta vida, por mostrarme que existe un bien, que debo agradecer a dios por el nuevo amanecer y a luchar por lo que más se quiere en la vida.

A la persona más especial en mi vida. Leonardo Rafael Faustino Ramírez

Por qué este trabajo no fue realizado solo para cumplir mi sueño, mi meta, si no para que un día tú también puedas cumplir el tuyo, para que tengas los suficientes recursos para poder cumplir tu meta, porque desde que llegaste a mi vida sabía que serias el motor de mi vida, la fuerza que necesitaba para seguir adelante. Por qué te amo hijo te dedico todos mis momentos de felicidad, todos mis logros.

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Por darme fuerza y fe en el transcurso de mi camino pues creía jamás llegar final.

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Por el apoyo y confianza que depositó en mí, por la asesoría en la revisión de este proyecto hasta la culminación del mismo. Por darme la oportunidad de formar parte de este trabajo, por compartir sus conocimientos y experiencias.

A la Dra. Silvia Yudith Martínez Amador

Por su colaboración en la revisión, por todas las sugerencias recomendadas, por ser una gran maestra que me enseñó los principios de elaboración para mi tesis

Al Ing. Sergio Braham Sabag

A quien agradezco por su colaboración y recomendaciones en la revisión del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Oscar Ávila Peralta

Quien formó parte indispensable para poder cumplir este trabajo, por su desinteresada colaboración y apoyo. Por brindarme su amistad y animarme cuando lo necesitaba. Por qué ha sido una gran persona le deseo lo mejor en la vida.

A la familia Faustino Miranda

Que incondicionalmente me aceptaron como una integrante más de la familia y apoyarme siempre y comprender mis necesidades, les agradeceré hoy y siempre.

A todas las personas que incondicionalmente me apoyaron en el transcurso de mi carrera y en la elaboración de este trabajo. A toda mi familia que puso su granito de arena para que este sueño fuera completado les dedico este trabajo.

El estudio de tus errores no te revelará el secreto del éxito, pero el estudio de la abnegación y el esfuerzo sí lo harán. Bernard Holdane

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVO.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivo específico.....	4
HIPÓTESIS.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Aspectos generales de las micorrizas.....	5
Clasificación de las micorrizas.....	6
Beneficios que proporcionan las micorrizas a las plantas.....	10
Efectos benéficos de las micorrizas para un suelo.....	12
Usos de las micorrizas en la agricultura.....	13
Formas de aplicación de las micorrizas.....	15
Generalidades de <i>Acacia farnesiana</i>	16
Origen.....	16
Clasificación taxonómica.....	16
Descripción botánica.....	17
Hábitat y ecología.....	18
Usos.....	19
Importancia ecológica.....	20
Suelos y topografía.....	21
Germinación y desarrollo de las plántulas de huizache. <i>Acacia farnesiana</i> ...	21
Sustratos.....	22
Características deseables de un sustrato.....	23

Tipos de sustratos y características.....	23
Antecedentes de micorrizas en matorrales xerófilos.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
Ubicación del sitio experimental.....	25
Obtención de las micorrizas.....	23
Identificación de malezas <i>malva parviflora</i> y <i>kochia scoparia</i>	26
Identificación del cultivo sorgo (<i>Sorghum vulgare</i>).....	27
Descripción del experimento.....	28
Establecimiento del experimento.....	29
Diseño estadístico.....	30
Variables evaluadas.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
Resultados preliminares.....	31
Evaluación del efecto de micorrizas sobre plantas de huizache.....	33
Porcentaje de micorrización.....	34
Altura de planta.....	35
Peso fresco de planta.....	36
Peso seco de planta.....	36
Peso fresco de raíz.....	37
Peso seco de raíz.....	37
Longitud de raíz.....	37
Ancho de raíz.....	38
CONCLUSIONES.....	39
RECOMENDACIONES.....	39
LITERATURA CITADA.....	40

ANEXOS.....	49
Esporas de micorrizas.....	49
Índice de siglas.....	50

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Tratamientos del experimento realizado en el Invernadero de Alta Tecnología de Forestal con plantas de huizache.....	30
2	Prueba de comparación de medias de Tukey (P 0.05) en plantas de huizache a los 70 días.....	35
3	Prueba de comparación de medias de Tukey (P 0.05) en plantas de huizache a los 160 días.....	35

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Esquema de la clasificación de las micorrizas.....	9
2	Esquema del marcado incremento en los procesos de absorción del fósforo por la acción de micorrizas.....	12
3	Plantas de Kochia scoparia (a), Zea mays (b), malva parviflora (c), Sorghum vulgare (d) de las cuales se obtuvieron las micorrizas nativas de la UAAAN.....	26
4	Esquema del diseño experimental utilizado para la observación de los tratamientos.....	
5	Esporas de micorrizas observadas en el microscopio con raíces de Sorgo (a), Malva (b) y Kochia scoparia (c).....	38
6	Esporas de micorrizas observadas en el estereoscopio del suelo aledaño al establo UAAAN.....	38
7	Germinación y crecimiento de las plántulas de huizache.....	40
8	Porcentaje de micorrización a los 70 y 160 días después de la inoculación de micorrizas en plántulas de huizache, sembradas bajo condiciones de invernadero.....	40
9	Esporas de micorrizas observadas en entre los diferentes tratamientos del segundo muestreo.....	41

RESUMEN

Los hongos micorrizicos son asociaciones mutualistas entre raíces y plantas, proporcionan beneficios diversos a la planta que le ayuda a obtener un mejor vigor en todo su ciclo de vida. El objetivo de la presente investigación fue incrementar el crecimiento, desarrollo y rendimiento del el huizache (*Acacia farnesiana.L. Willd*), mediante la aplicación de micorrizas, bajo condiciones de invernadero. Donde las micorrizas tuvieron efectos positivos en las plantas de huizache, ya que incrementaron su altura, peso fresco y seco tanto de raíz como de la parte aérea de la planta, longitud y ancho de raíz, y el grado de micorrización, corroborando de esta forma todos los beneficios que los hongos proporcionan a la planta y al suelo.

El presente trabajo se realizó en el invernadero de alta tecnología del departamento de forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista Saltillo, Coahuila. El diseño experimental utilizado de bloques completamente al azar con 4 tratamientos y 12 repeticiones. Usando como programa estadístico SAS. Donde los resultados demostraron que la micorriza comercial Endovit-gi incrementó e influyó significativamente en el crecimiento y desarrollo de la planta de huizache, debido a una mayor distribución y aceleración en la absorción de nutrientes.

Palabras clave: Evaluación, Huizache, Micorrizas, Porcentaje de micorrización.

INTRODUCCIÓN

El uso de micorrizas en la agricultura permite que las plantas puedan obtener nutrientes, resistir mayor estrés ambiental entre otros beneficios, la captación creciente de los minerales del suelo por las plantas colonizadas significa que es posible considerar sustancialmente el reducir aplicaciones de fertilizantes y pesticidas y al mismo tiempo obtener altos rendimientos de cosecha, de mejor calidad y de una manera sustentable, mientras que se protege al suelo, medio ambiente y al mismo tiempo se reducen los costos de producción.

Las leguminosas son plantas que tienen un papel importante en la alimentación debido a su alto contenido proteico, el cual se fundamenta en la composición de sus aminoácidos constitutivos. Alcántara *et al* (1986). Estos recursos han resuelto las restricciones de alimento en épocas críticas de sequía Clarke *et al* (1989). A este respecto, las leguminosas se han destacado como un sustituto eficaz a la proteína animal. Famurewa y Raji (2011). Entre estas especies se encuentra el huizache (*Acacia farnesiana.L. Willd*). En América, esta especie se encuentra distribuida desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina. Rojas y Córdova (2012). En México se distribuye en la vertiente del pacífico, desde el sur de Sonora hasta Chiapas, y de forma discontinua en la vertiente atlántica, principalmente en el bosque tropical caducifolio, en climas cálidos y semicálidos. Rzedowski (2011). El follaje y las vainas podrían aprovecharse como alimento para ganado y cabras de las regiones áridas de México, siendo una alternativa poco estudiada en la alimentación de rumiantes.

Existen otras alternativas para el aprovechamiento del huizache, tales como su uso en las industrias farmacéutica, formulación de adhesivos, y de forma tradicional en la curtiduría. Sánchez (2003), además de usos biomédicos, elaboración de productos químicos, fabricación de tintas, adhesivo natural y formación de paneles de madera. Cardoso *et al* (2011).

En la actualidad la aplicación excesiva de fertilizantes químicos en ciertos cultivos forrajeros ha causado daños al medio ambiente y principalmente al suelo, cada vez más deterioro afectando los rendimientos esperados, por lo cual se opta por la utilización de biofertilizantes como las micorrizas, que aportan grandes beneficios al suelo. El término micorriza se refiere a la asociación establecida entre las hifas de los hongos y estructuras subterráneas de muchas plantas, se conocen varios tipos de micorrizas de acuerdo con el grupo al que pertenece el hongo participante y la manera en que están asociados a las plantas, los dos tipos más sobresalientes son la micorriza arbuscular y la ectomicorriza. Salas y Blanco (2000).

Los hongos micorrizicos arbusculares constituyen un insumo microbiológico promisorio para el desarrollo de una agricultura sostenible; su papel en el funcionamiento de los ecosistemas y su potencial como fertilizantes biológicos, son quizás motivos suficientes para considerarlos como uno de los componentes importantes en la agroecología moderna.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el crecimiento y desarrollo de la plántula del huizache (*Acacia farnesiana.L. Willd*), mediante la aplicación de micorrizas nativas y comerciales, bajo condiciones de invernadero.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Aislar e inocular esporas de micorrizas.
- Evaluar caracteres morfológicos de plántulas de Huizache.
- Cuantificar el porcentaje de micorrización en raíces de plántulas de Huizache.

HIPÓTESIS

Hi: Las esporas de micorrizas comerciales presentaran mayor adaptabilidad al cultivo y proporcionaran mayor cantidad de nutrientes, incrementando los caracteres morfológicos en las plántulas de Huizache.

Ho: Las esporas de micorrizas nativas presentaran mayor adaptabilidad al cultivo y proporcionaran mayor cantidad nutrientes, incrementando los caracteres morfológicos en las plántulas de Huizache.

REVISIÓN DE LITERATURA

Aspectos generales de las micorrizas

La palabra micorriza se origina del griego Myco, que significa hongo y Rhyza, raíz; literalmente son hongos en la raíz y se define como una simbiosis mutualista entre las células de la raíz de la planta hospedera y las hifas de los hongos micorrizicos. Martínez (2004).

Las micorrizas son hongos que pueden vivir en asociación con la raíz de las plantas donde ambos se benefician incrementando su rendimiento y vigor, tal es el caso de varios cultivos de importancia económica (Maíz, Papa, Lechuga, Sorgo). La importancia de las micorrizas ha aumentado en la última década debido a numerosos reportes de efectos benéficos sobre las plantas, que van desde incrementos en la absorción de nutrimentos en el suelo, su influencia sobre relaciones hídricas y la protección contra agentes patógenos, hasta el importante papel ecológico que estas asociaciones parecen jugar en la sucesión de especies en las comunidades vegetales naturales. Aguilera *et al* (2008)

Los hongos micorrízicos arbusculares, tienen efectos como agentes de biorregulación del crecimiento, biofertilizantes y biocontrol, han tenido especial atención en el manejo de las plantas. Su uso redundo en mayores beneficios para los productores: reducción de costos de producción, manejo de productos orgánicos, obtención de plantas con mayor vigor y calidad en menor tiempo. Alarcón (1992).

Marín (2000) en un experimento realizado aplicó algaenzims® y la combinación de algaenzimas mas micorrizas incrementaron el desarrollo vegetativo, dando mayor área foliar y numero de hojas en un cultivo de coliflor.

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), estimulan positivamente el crecimiento de las plantas de tomate, también contribuyen al estado nutricional de las mismas, generando incrementos en el rendimiento y en la eficiencia de la fertilización nitrogenada. Terry y Leyva (2006).

En experimentos realizados, con la inoculación de micorrizas arbusculares donde hubo un incremento de la fotosíntesis en las plantas, siendo esta mayor en individuos tratados con la cepa *Glomus intrarradices* (Gi) que con *Glomus fasciculatum* (Gf) en comparación con las plantas testigo. Lo cual se relacionó con un aumento en el grosor del mesofilo, que fue más notable en la colénquima. Sin embargo, las micorrizas no afectaron las variables relacionadas con el crecimiento, la longitud y el ancho de las hojas de *Agave tequilana*. Pimienta *et al* (2009).

Clasificación de las micorrizas

En la actualidad se conoce muy poco sobre su taxonomía, debido principalmente a que no ha sido posible mantenerlos en cultivos puros aislados, lo que permitiría conocer sus estructuras de reproducción sexual, por lo que se han clasificado principalmente basándose en las características morfológicas de sus esporas. La morfología de los hongos entre las raíces puede ser también una herramienta útil para su identificación, pero requiere de gran conocimiento de las características morfológicas de esta asociación en plantas cultivadas. De la Rosa (1999) mencionó la clasificación taxonómica de las micorrizas dice que pertenecen a la clase Zygomycetes del orden Endogonales y a la familia Endogonaceae. Esta familia consta de seis géneros los cuales son Acaulospora, Entrophospora, Gigaspora, Glomus, Sclerocystis y Scutellospora. Dentro de las cuales las más importantes de las micorrizas de acuerdo a su tipo de hifa son:

Ectomicorriza o micorrizas ectotrofas

La característica de las ectomicorrizas (EM) es la presencia de hifas entre las células corticales de la raíz produciendo una estructura reticular llamada Red de Harting. La capa puede ser extensa en espesor, color y textura dependiendo de la combinación determinada entre la planta y el hongo.

Se encuentra en árboles de hoja ancha como el roble y la haya, y en coníferas como el pino, abeto y el arce, e incluyen a miembros de los Ascomycota o con mayor frecuencia, de los Basidiomycotina. La penetración entre las células corticales y no a través de ellas, da lugar al termino ectotrofo que significa “que se alimenta del exterior”. Jarris *et al* (2009).

Micorrizas endotrofas, Vesiculo – Arbuscular o endomicorrizas (VAM)

- Las esporas reproductivas se pueden formar en la raíz o más comúnmente en el suelo, son asociaciones simbióticas formadas por todos los hongos glomales, pero porque a un suborden importante le falta la capacidad de formar vesículas en raíces. Estas micorrizas no forman un manto, por lo que las raíces infectadas no parecen normales; si no que penetran a la planta creciendo entre las células corticales de la raíz y formando grandes vesículas hinchadas y arbusculos (sistemas de ramificación semejante a las de un árbol), intrincadamente ramificadas dentro de las células individuales. Estas estructuras dan origen a su nombre Vesiculo-arbuscular. Salas y Blanco (2000). En este grupo se incluye una mayor variedad de especies fúngicas y plantas arbóreas y herbáceas. Actualmente este grupo se divide en 6 subgrupos. (Harley y Smith, 1983), atendiendo a sus diferencias morfológicas y a los distintos taxones a los que pertenecen las plantas y los hongos que dan lugar a la simbiosis mutualista, estos grupos son:

- **Ectendomicorrizas:** formadas por un número limitado de hongos ascomicetes y plantas coníferas. Las hifas del hongo se desarrollan formando un manto, una Red de Harting, y un micelio extracelular al igual que las ectomicorrizas, pero la diferencia de estas es que el micelio también crece intracelularmente en las células epidérmicas y la zona cortical de la raíz.
- **Micorrizas arbusculares:** son las de mayor distribución entre las plantas, interviniendo angiospermas, gimnospermas, helechos y briofitos. Los hongos que participan en esta simbiosis pertenecen a la división Glomerycota, existen algunas variaciones estructurales dentro de este grupo, pero la mayoría de las micorrizas arbusculares están caracterizadas por la presencia de hifas intraradicales (inter e intracelulares), arbusculos (formados por la ramificación dicotómica de las hifas dentro de las células vegetales), y el micelio extra radical donde se forman las esporas.
- **Micorrizas ericoidales:** en esta simbiosis intervienen varias familias de plantas del orden ericales, todas formadoras de pelos radicales, que se caracterizan por la falta de crecimiento secundario y por estar compuestas tan solo por el haz vascular, una o dos capas de células corticales y una capa más de células epidérmicas. La simbiosis se produce con algunos hongos de la división Ascomycota que desarrollan un micelio extra radical e intraradical solo entre las células epidérmicas, donde crecen intracelularmente formando un complejo de hifas ramificadas.
- **Micorrizas arbutoides:** las plantas que dan lugar a esta asociación pertenecen a las familias ERICACEAE y PYROLACEAE del orden ericales. Los hongos formadores de arbutoides son prácticamente los mismos que los formadores de ectomicorrizas, y la simbiosis recuerda a las Ectendomicorrizas, pero con algunas diferencias estructurales, por esta razón y por estar formada por plantas diferentes se consideran como un grupo aparte.

- **Micorrizas monotropoides:** participan varios géneros pertenecientes a la familia MONOTROPACEAE del orden Ericales y hongos formadores de ectomicorrizas. Estructuralmente es parecida a las Ectendomicorrizas pero con una estructura única de este grupo llamada gancho fúngico, consiste en una hifa corta que penetra en las células epidérmicas, otra característica especial de este grupo es que la planta es heterotrófica e incapaz de sintetizar clorofila para realizar la fotosíntesis, con lo cual necesita que el hongo le proporcione los nutrientes carbonados que obtiene de su asociación con otras plantas cercanas.
- **Micorrizas orquideoides:** las plantas participantes en la asociación pertenecen todas a la familia ORCHIDACEAE, y todas ellas necesitan establecer una asociación previa con el hongo para el establecimiento y la germinación de sus semillas, su principal característica estructural es la formación de un ovillo de hifas dentro de las células vegetales.

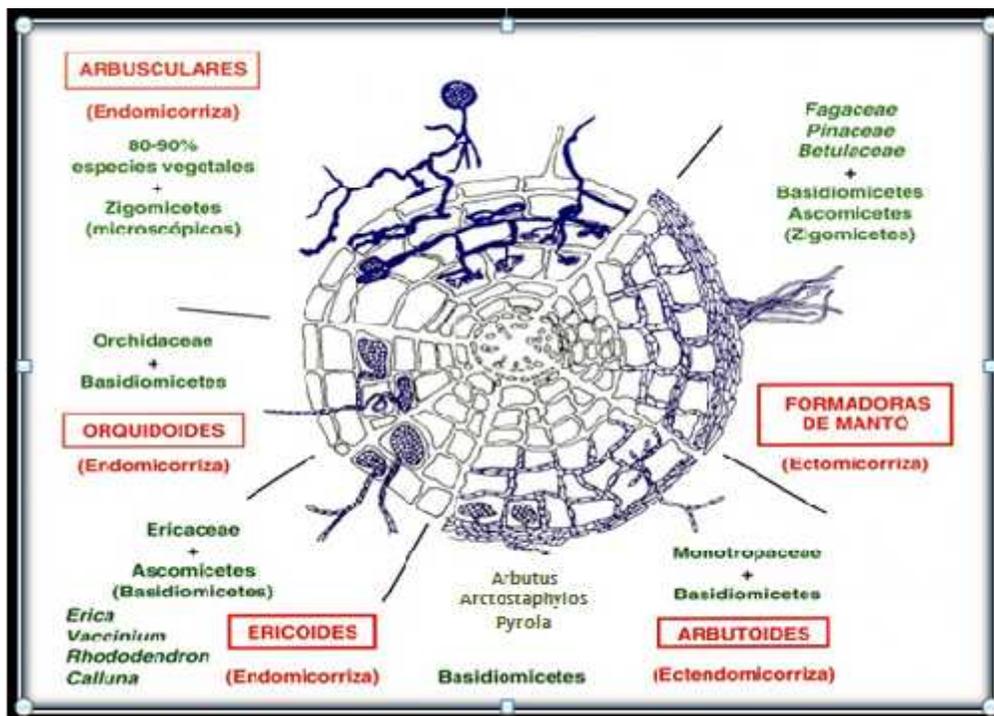


Fig.1. Esquema de la clasificación de micorrizas. (Tomado de Micorrizas: el cazador cazado)

Beneficios que proporcionan las micorrizas a las plantas.

García (2007) afirma que el principal beneficio que realizan las micorrizas está relacionado con la nutrición de las plantas. Este proceso de nutrición por medio de las micorrizas esta extremadamente difundido entre los vegetales, tiene notable importancia porque permite la vida de las plantas en determinadas condiciones y facilita la toma de los alimentos por parte de las plantas en determinadas condiciones y facilita la toma de alimentos por parte de las plantas superiores, en competencia con la infinita y mucho más adaptable micro flora del suelo.

Linderman (1989) mencionó algunos beneficios que las micorrizas proporcionan a las plantas:

- a) Una mejor asimilación de nutrientes en las plantas, lo que facilita un aumento de la producción y mayor calidad biológica de esta.
- b) Una mayor tolerancia de las plantas frente a muchos factores de estrés: sequia, desequilibrios en el pH, altos contenidos de sales, entre otros. Esto se debe a que facilita una adecuada evapotranspiración de la planta y un mejor funcionamiento fisiológico de estas en sentido general.
- c) Al estar mejor nutridas las plantas, promueven en estas una mayor resistencia frente a organismos patógenos, mejorando su sanidad sin aplicación de agroquímicos.
- d) Es sumamente importante para el crecimiento de las plantas. Esto tiene un significado mayor, en zonas o regiones, en las cuales los factores importantes para la producción agrícola se encuentra por debajo del estado óptimo para el desarrollo las plantas (dunas de arena, suelos pobres, superficies devastadas, etc.). pero también en el cultivo de plantas bajo condiciones controladas en comparación con otras, se obtienen efectos viables muy positivos después de la inoculación suplementaria con micorriza.
- e) El desarrollo óptimo de los cultivos demanda una elevada aplicación de fertilizantes minerales y pesticidas. El uso de dichos insumos químicos

implica no solo un costo y requerimientos elevados, si no que su aporte indiscriminado puede provocar problemas de salinización y contaminación del manto freático. El empleo de las micorrizas significa un ahorro de insumos y una mejor protección del medio ambiente.

- f) La inoculación de las plantas con hongos micorrízicos provoca, de manera general, un marcado incremento en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes como: N, P, K, S, Ca, Zn, Mg, Cu, Mo, Fe, Mn, entre otros.
- g) Un aspecto de gran interés en el empleo de las micorrizas es lo relacionado a la nutrición del fósforo (P). Estas desempeñan un importante papel en la toma del fósforo presente en los suelos principalmente en las zonas tropicales, donde las cantidades asimilables de este elemento para las plantas son frecuentemente bajas.
- h) Generalmente bajo estas condiciones, en la zona de crecimiento radical ocurre un rápido agotamiento del fósforo, debido al pobre suministro del mismo provocado por la alta capacidad de fijación del elemento en el propio suelo. Los mecanismos químicos involucrados en la absorción de este elemento por el hongo se desconocen, sin embargo se sabe que toma el fósforo en forma de ion ortofosfato y lo transporta a través de las hifas en forma de polifosfato también se logra una mayor eficiencia en el uso de fertilizantes fosforados aplicados en suelos deficientes y con elevada capacidad de fijación de fosfatos, predominantes en las zonas tropicales.
- i) Además del efecto directo sobre el crecimiento de las plantas, favorecen la absorción del fósforo, aumentan el crecimiento de las raíces y la fijación biológica de nitrógeno en las plantas, el cual es deficiente en la mayoría de estos suelos.
- j) Una mayor resistencia de las plantas a las toxinas.
- k) Por su parte, en suelos afectados por la presencia de metales pesados, se ha comprobado que las plantas micorrizadas poseen mayor resistencia, gracias a la capacidad que obtiene para inmovilizar los

metales en la raíz, impidiendo que estos pasen a la parte aérea de la planta.

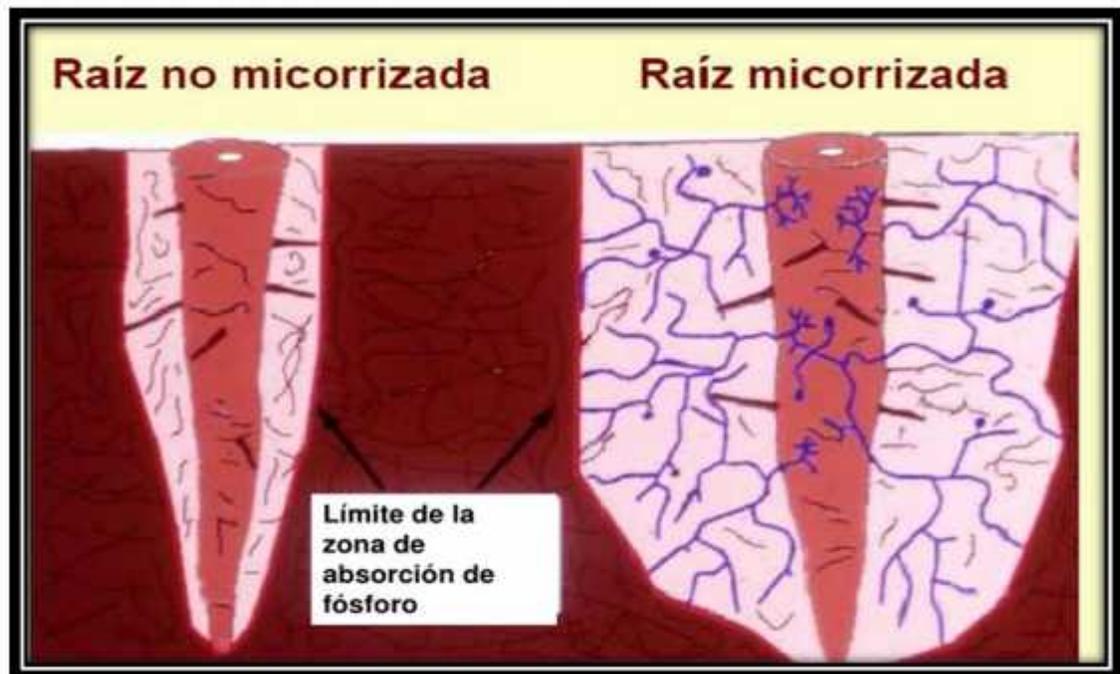


Fig.2. Esquema del marcado incremento en los procesos de absorción de fósforo por la acción de las micorrizas. (Tomado de Slideplayer. Micorrizas)

Efectos benéficos de las micorrizas para un suelo

Bagyaraj (1984) mencionó que los efectos de las micorrizas (suelo-planta) están muy estrechamente relacionados. Sin embargo se puede asegurar que las micorrizas, realizan varias funciones en el suelo incrementan su potencial productivo y sus posibilidades de sostén y mantenimiento de las diferentes especies vegetales.

- a) Las micorrizas aumentan el sistema radical de las plantas, lo que provoca el aumento en la retención física de partículas de este, limitando la erosión causada por el agua.

- b) Las micorrizas son renegadoras de suelos degradados, ya que facilitan el mejoramiento de la estructura de este, incrementan sus posibilidades de retención de agua, aireación, buen drenaje y descomposición de la materia orgánica.
- c) La presencia de micorrizas en los suelos, moviliza una gran cantidad de nutrientes y los pone a disposición de las plantas, viéndose incrementada la fertilidad de estos, de aquí que a mayor degradación del suelo, mayor necesidad existirá de la inoculación con estructuras fúngicas para lograr una mayor eficiencia de las micorrizas.
- d) Los suelos pobres aumentan su capacidad productiva, al ser inoculados con micorrizas, tales como los suelos semidesérticos, con altos niveles de salinización y los afectados por erosión hídrica y eólica.
- e) Las micorrizas contribuyen a mejorar la flora y fauna macrobiótica del suelo, teniendo una relación estrecha con este ecosistema en el cual se desarrollan, ya que la interacción entre los organismos establece cooperaciones muy provechosas para crear un beneficio y competencia con otros generalmente patógenos, incluso interactuando con la microfauna de la rizosfera (nematodos, áfidos, ácaros, entre otros).
- f) Las micorrizas prolongan la vida productiva de los suelos agrícolas, contribuyendo con uso más diverso, económico y biológico.
- g) En zonas áridas y semiáridas las micorrizas, pueden ayudar a las plantas simbiotas a captar agua para tolerar el estrés hídrico.
- h) Las micorrizas generan sustancias aglomerantes (glomalina), que actúan como cemento o aglutinantes, promoviendo una mayor capacidad y estabilidad física, química y biológica de los suelos.

Uso de micorrizas en la agricultura.

Las micorrizas arbusculares (MA) son asociaciones ecológicamente mutualistas entre hongos del Phylum glomeromycota y la inmensa mayoría de las plantas, pudiendo ser una herramienta muy útil para una agricultura

sustentable. Entre los efectos benéficos están: mayor absorción de elementos pocos móviles como **P, Cu y Zn**; protección contra patógenos: mayor resistencia a la sequía; y contribución a la formación de la estructura del suelo. (Cuenca *et al.*, 2007).

Se muestran pasos cruciales en la producción de inoculantes y sus ventajas en cultivos de lechuga y yuca. Se produjeron inoculantes de *Glomus manihotis*, *Acaulospora lacunosa*, *Entrophodpora colombian*, *Scutellospora fulgica* y *S. heterogama*, que fueron probados tanto en invernadero como en el campo. Los mayores pesos frescos de lechuga se obtuvieron con *G. manihotis* y *S. fulgica*, mientras que *S. heterogama* produjo un resultado pobre. Con yuca la mayor producción se obtuvo con *G. manihotis* y la lograda con la *A. lacunosa* no se distinguió del control, aumentando la productividad y minimizando daños ambientales. De la Rosa (1999).

Micorrizas en cultivos

Investigaciones de la aplicación de micorrizas en un cultivo ha demostrado buenos resultados en incrementos en rendimiento y desarrollo fenológico de dichas plantas, Velasco, (2001) encontró que el mayor rendimiento de grano de sorgo se obtuvo con la inoculación del hongo micorrizico arbuscular (HMA) *Glomus intrarradices*. También es estudios realizados por (Díaz *et al.*, 2005) quienes inocularon las semillas de maíz con *Glomus intrarradices* y *Azospirillum brasilense*, llevando acabo aplicaciones foliares de brasinoesteroides se establecieron testigos con y sin fertilización química, estudiando la producción de elote y grano e inclusive igualaron o superaron al testigo fertilizado. Los micro simbioses más la aplicación foliar de brasinoesteroides incrementaron la producción de grano de maíz.

Otros reportes como el de Díaz (1988) menciona que la inoculación de *Glomus fasciculatum* a un cultivo de papa tiene efectos benéficos en el

crecimiento y rendimiento de tubérculos. Los beneficios en el crecimiento de estas plantas estuvieron en relación directa con los niveles de infección de las micorrizas en las raíces.

En investigaciones realizadas por Jarris *et al* (2009) remarcaron que los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) son microorganismos del suelo que establecen relaciones simbióticas e incrementan la asimilación de nutrimentos y la tolerancia a diversos tipos de estrés biótico y abiótico en las plantas. Por su parte, los hongos adquieren foto asimilados de las plantas para su mantenimiento.

Estos beneficios proporcionados a los cultivos favorecen en rendimiento y reducen en costo probablemente de una relación costo beneficio de los cultivos, motivo por el cual es de alta trascendencia el uso y la aplicación de micorrizas a los cultivos de importancia económica en la agricultura

Formas de aplicación de micorrizas

Algunas técnicas de inoculación con hongos formadores de micorrizas en los suelos son: a) con suelo inoculante procedente de bosques naturales, b) con raíces de plantas con micorrizas, c) con esporas y esporocarpios.

Sánchez (1984) en su trabajo con *Abies vejarii var. macrocarpa* realizó la inoculación con esporas de *Pisolithus tinctorius*, mezclando las esporas con agua destilada, donde luego se introdujo la raíz de las plantas al momento de efectuar el trasplante al envase. No encontró diferencias significativas en cuanto el incremento en altura de las plantas por efecto de la inoculación micorrizica.

Adicionalmente, las hifas son capaces de penetrar partes del suelo inaccesibles para las raíces y pueden competir eficientemente por los diferentes nutrimentos con muchos microorganismos de la rizosfera. Consecuentemente,

el incremento en el crecimiento o biomasa de las plantas ocurre por el mejoramiento en el suministro de elementos de baja movilidad en el medio de crecimiento. Villegas (2004)

El inóculo de micorrizas arbusculares de los suelos adisoles resultó ser eficiente, ya que aumentó el crecimiento de las plantas de tomate y su rendimiento. Sánchez (2006).

Alvarado (2004) demostró que la acidez del suelo tiene un efecto adverso en el proceso, sea por reducir el desarrollo de las raíces, por inhibir el desarrollo del hongo.

Generalidades de *Acacia farnesiana* L. Willd

Origen

La ***Acacia farnesiana*** es originaria de América tropical. Naturalizada en todo el mundo tropical y en el Mediterráneo. Se cultiva en Argelia y sur de Francia, principalmente en la región de Grasse. Se extiende del sur de estados unidos, pasando por México y Centroamérica hasta Argentina y Chile. También a lo largo de las Antillas, desde Bahamas y Cuba hasta Trinidad y Tobago, Curazao y Aruba; se ha naturalizado en los trópicos del viejo mundo. Arbiza (1986).

Clasificación taxonómica

Carranza y Villareal, 1997. Describen la taxonomía del huizache de la siguiente manera.

Dominio: *Eucaria*

Reino: *Plantae*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Rosidas*

Orden: *Fabales*

Familia: *Leguminosae*

Subfamilia: *Mimosoideae*

Descripción botánica del huizache. Arbiza (1986)

Forma.-arbusto espinoso o árbol pequeño, perennifolio o subcaducifolio, de 1 a 2 m de altura la forma arbustiva y de 3 a 10 m de la forma arbórea, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 40 cm.

Copa/hojas.- copa redondeada. Hojas plumosas, alternas, frecuentemente aglomeradas en las axilas de cada par de espinas, bipinnadas, de 2 a 8 cm de largo incluyendo el peciolo, con 2 a 7 pares de folíolos primarios opuestos y 10 a 25 pares de folíolos secundarios.

Troco/ramas.- tronco corto y delgado, bien definido o ramificado desde la base con numerosos tallos.

Ramas ascendentes y a veces horizontales, provistas de espinas de 6 a 25 mm de longitud.

Corteza.- externa lisa cuando joven y fisurada cuando vieja, gris plomiza a gris parda oscura, con abundante lenticelas dispuestas en líneas transversales. Interna crema amarillenta, fibrosa, con marcado olor y sabor. Grosor total: 5 a 6 mm.

Flores.- flores en cabezuelas de color amarillo, originadas en las axilas de las espinas, solitarias o en grupos de 2 a 3. Muy perfumadas, de 5mm de largo, cáliz verde, capanulado, papiráceo de 1.8 mm de largo, corola amarillenta o verdosa, de 2.3 mm de largo. Sus brillantes flores están apiñadas en bolas densas y

mullidas y con frecuencia cubren el árbol en forma tal que este da la sensación de una masa amarilla.

Frutos.-vainas moreno rojizas, semiduras, subcilíndricas, solitarias o agrupadas en las axilas de las espinas, de 2 a 10 cm de largo, terinadas en una punta aguda, valvas coriáceas, fuertes y lisas, tardíamente dehiscentes. Permanecen en el árbol después de madurar.

Semillas.- semillas reniformes, de 6 8 mm de largo, pardo amarillentas, de olor dulzón y con una marca linear en forma de "c". La testa de la semilla es impermeable al agua.

Raíz. Las raíces crecen de manera vertical y toman el agua de subsuelo.

Sexualidad. Hermafrodita.

Numero cromosómico. $2n=52$.

Hábitat y ecología.

Por lo general se desarrolla a orilla de caminos, arroyos, parcelas abandonadas, terrenos con disturbio, terrenos sucesionales (acahuales), sitios ruderales. Se le encuentra donde predominan climas cálidos (Aw) y semicálidos (Ac), en regiones que tienen hasta 900 mm de precipitación anual y temperaturas que varían de 5 a 30 °C. Prospera en gran variedad de suelo desde muy arcillosos hasta muy arenosos. Suelos: rendzina, xegorendzina, vertisol, arenoso, húmedo, caliza, yeso, lutita y aluvión. Miranda (1976).

El huizache *A. farnesiana* se encuentra en la zona desértica y semidesértica, en contacto con las zonas templadas y cálidas secas. Ampliamente distribuida en América, extendida por cultivo y naturalización, desde el sudoeste de U.S.A. hasta Argentina y norte de Chile. Gómez (1990).

VARIABLES CLIMÁTICAS: debido a que su distribución es muy heterogénea, se localiza en sitios con características climáticas, ecológicas y edáficas muy diversas. Se presenta en sitios con temperaturas que varían de 5⁰C a 30⁰C, y precipitaciones que fluctúan de 100 mm a 900 mm por año, en lugares secos o semisecos en donde la sequía se prolonga hasta por 10 meses. Generalmente en esa área de distribución hay presencia de nubosidad en periodos prolongados de tiempo. Por las distintas condiciones en que se presenta, la morfología de esta planta es muy variable; por ejemplo, en situación de cultivo en Australia presenta hojas más grandes y espinas más numerosas que las plantas que crecen en zonas áridas. Gómez (1990).

VARIABLES EDÁFICAS: con relación a los suelos, *Acacia farnesiana* prospera en varios tipos de suelo como rendzina, xegorendzina, vertisoles y desérticos, los cuales pueden ser profundos someros, aunque se adapta mejor a suelos profundos, ya que el sistema radicular es vertical para tomar agua de las partes profundas. Se desarrolla bien en áreas con alto grado de erosión. En estos lugares también es común la abundancia de piedras en la parte superficial del suelo, ya que por lo general se desarrolla en lomeríos y laderas, como así mismo, en suelos arenosos. Gómez (1990).

VARIABLES TOPOGRÁFICAS: *A. farnesiana* se encuentra distribuida desde los 36 hasta los 2.500 msnm. Se encuentra en laderas de los cerros y en los pequeños lomeríos, aunque también crece en lugares planos y valles en donde alcanza su mejor desarrollo por el tipo de suelos y la humedad del terreno. La especie requiere de lugares soleados. Su distribución es dispersa debido a los pocos elementos existentes, aunque en ocasiones se encuentran formando manchones en las cañadas y a los lados de los lechos de los ríos. Clarke *et al* (1989).

Usos del huizache

En las zonas áridas el huizache es un recurso importante por su aprovechamiento como productor de leña, alimento forrajero alternativo en el

manejo de caprinos, ovino y bovinos en la comarca lagunera. Martínez *et al* (2000)

El huizache tiene diferentes aprovechamientos, en la alimentación de los animales, medicina tradicional, uso forrajero, aprovechamiento forestal para el uso de barreras vivas así como para combustible y fabricación de carbón siendo esta última una de las actividades causantes del deterioro de sus ecosistemas. Galindo (2000)

Se cultiva como ornamental y por su leña es cultivada o fomentada como forrajera y para el control de erosión, sobre todo en suelos degradados. Es medicinal, es la fuente de un aceite usado en la perfumería. Se emplea contra la diarrea, la tifoidea, el bazo crecido, la inflamación de la garganta, heridas, dolor de cabeza.

La raíz cocida y combinada con la de tuna se utiliza contra el empacho; hervida se toma como agua de tiempo para combatir las hemorragias vaginales. Su fruto se aplica contra los fuegos en la boca, para afianzar la dentadura, como antiespasmódico y astringente y contra tuberculosis. El conocimiento de su corteza cura el dolor de estómago y abre el apetito. Márquez *et al* (1999).

Importancia ecológica

Especie secundaria. Elemento importante de la vegetación secundaria que sucede al bosque tropical caducifolio. Forma asociaciones densas llamadas huisáchales, indicadora de sitios perturbados. El huizache tiene potencial para ocupar un rango de distribución más amplio que el actual. En Morelos es un componente facultativo del estrato superior de los mezquiales o bosques de prosopis. En el suroeste de Puebla un matorral denso de *Acacia farnesiana* se establece como comunidad secundaria en suelos profundos, cuyo clima corresponde al bosque de prosopis y pithecellobium. Mendieta y del Amo (1981).

El huizache tiene una importancia ecológica muy grande ya que es un arbusto sumamente adaptable a una variedad muy amplia de vegetación.

Otro aspecto de importancia ecológica del huizache es el impacto positivo que sobre el ecosistema ejercen los servicios adicionales que proporciona; en otro término, este elemento natural se convierte en una cerca viva de su propio hábitat. En el sistema desértico funciona como sombra y refugio para la fauna silvestre y es una eficaz fuente de alimento para las cabras y de un microambiente característico bajo su cubierta foliar, que influye sobre la diversidad y abundancia de mamíferos, aves y otras plantas con las que se encuentra asociada como la *Yucca sp*, el *Agave sp*, o bien con vegetación arbustiva como el nopal Kakanapo (*Opuntia lindheimeri*). Granados (1995).

Suelos y topografía

En México, el huizache crece sobre una gran variedad de suelos, desde arcillas pesadas hasta arenas, aunque el mejor crecimiento ocurre en suelos bien drenados. En las áreas en la india en donde el huizache se ha naturalizado, el árbol o arbusto crece en suelos aluviales y se cultiva a través de la planicie indo- gangética en una variedad de tipos de suelos aluviales. Crece bien en arenas pobres en nutrientes en bosques secos y se considera como útil para la estabilización del suelo en tierras secas degradadas es muy particular en cuanto al pH del suelo y tolera los suelos salinos. Díaz (1988).

El árbol o arbusto crece en rodales naturales a altitudes que van desde el nivel del mar hasta aproximadamente 2000 m en México, y hasta una elevación de 1000 metros en América Central. Díaz (1988).

Germinación y desarrollo de las plántulas de huizache *Acacia farnesiana*.

La germinación de las semillas es por lo común de entre el 10 y 40 por ciento para semillas frescas y sin tratar. Las semillas permanecen viables por

30 días o más cuando se almacenan bajo condiciones secas a temperatura ambiente. Gill *et al.* (1986)

En el vivero, la profundidad óptima para la siembra es de entre 2 y 4 cm. Las plántulas del huizache tienden a producir una raíz pivotante profunda en suelos bien drenados. La regeneración natural es abundante en rodales naturales. Las semillas germinan a menudo dentro de la vaina desprendida, resultando en una agrupación densa de plántulas. Espinosa y Sarukhán (1997).

La germinación tiene lugar durante la temporada lluviosa, pero muchas de las semillas permanecen en etapa inactiva por un año completo antes de germinar. Troup (1921) Debido a su producción prolífica de semillas, a ser preferidas por el ganado y a su germinación rápida en suelos perturbados, el huizache puede colonizar pastizales con rapidez, formando a menudo rodales densos. Las plantaciones se pueden establecer mediante la siembra directa de las semillas o con plántulas en contenedores o plantas con las raíces desnudas. Joshi (1923)

Sustratos.

Castellanos (2003), menciona que el término sustrato se aplica a todo material sólido que colocado en un contenedor o bolsa, en forma pura o mezclado permite el desarrollo del sistema radicular y el crecimiento del cultivo sin suelo, es decir aquellos en los que la planta desarrolla su sistema radicular en un medio sólido y el cual está confinado en un espacio limitado y aislado del suelo, define que dentro de la agricultura un sustrato es conocido como todo aquel material distinto del suelo de origen orgánico o de síntesis mineral que colocado sobre un recipiente solo o mezclado, proporciona a la semilla las condiciones necesarias para su germinación, enraizamiento, anclaje y de igual manera este puede desempeñar un papel importante en el suministro de elementos nutritivos dependiendo de su origen. Los sustratos además de servir de soporte y anclaje a las plantas tiene la capacidad de suministrar a las raíces

las cantidades necesarias de agua, aire y nutrientes minerales para que la planta se desarrolle. Ansorena (1999).

El término sustrato, se aplica a todos los materiales sólidos distintos de los suelos naturales, minerales u orgánicos. Zaidan (1997).

Características deseables de un sustrato

Los sustratos modifican las condiciones del cultivo de tal forma que las raíces se encuentran en condiciones de obtener fácilmente el agua y los elementos necesarios para un crecimiento óptimo. Esto es debido a las características hidrofísicas y de gran homogeneidad que presentan los sustratos, como son: una elevada porosidad con poros de diferentes tamaños, baja densidad aparente, elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible y fácil aireación. Castañón (1995).

Un buen medio para el desarrollo de las raíces de los cultivos es aquel que además de servir de soporte o anclaje suministra cantidades equilibradas de agua, elementos minerales y aire. Los mejores materiales son aquellos que retienen del 15% al 35% de aire y del 20 al 60% de agua en relación con su volumen. En general se considera que un buen sustrato es aquel que contiene un 30 a 50 % del material sólido y el resto son poros que en forma equitativa intervienen reteniendo humedad y aportando el oxígeno necesario para el desarrollo de las raíces. Cabrera (1999).

Tipos de Sustratos y características

Peat moss. Medio de cultivo con una selección especial de musgo esofágico rubio oscuro de fibras de tamaño medio, ideal para uso comercial general, para usarse solo o como base para la elaboración de medios de cultivo para usos específicos por productores profesionales grandes que preparan sus propios sustratos, buena retención de humedad, buena aireación y alto contenido de materia orgánica. Está creado para la producción de plántulas.

Este sustrato favorece una germinación Uniforme y rápida así como una estructura radicular sana. Está creado especialmente para las plántulas que necesitan una cantidad elevada de agua. Este sustrato posee una excelente retención de agua.

Perlita. Es un mineral natural del grupo de las riolitas. La composición básica es la de un silicato aluminico, con pequeñas cantidades de otros elementos. Un buen sustrato de perlita, debe poseer una serie de características como son: ser químicamente inerte, nulo contenido en sales solubles, porosidad elevada con capacidad de aireación, estructura consistente, elevada capacidad de agua y nutrientes, estabilidad química en medio ácido y neutro, y distribución granulométrica adecuada al uso. La perlita es un sustrato químicamente inerte. Sin embargo no conviene bajar el pH de la solución nutritiva de 5, ya que se promueve la liberación de elementos constitutivos de la perlita, como es el aluminio el cual es altamente tóxico para el cultivo. En los semilleros hortícolas se emplea la perlita junto con otros sustratos, ya que favorece la aireación del cepellón de la plántula, aumentando el número de raíces de esta. Como principal ventaja del cultivo en perlita, en comparación con otros sistemas de cultivo sin suelo, es la facilidad y sencillez para mantener un perfil casi constante de humedad. (On line <http://www.infoagro.com>)

Antecedentes de micorrizas en matorrales Xerófilos

En investigaciones realizadas anteriormente se evaluó la supervivencia de plantas de mezquite (*Prosopis laevigata*) y de huizache (*Acacia farnesiana*), previamente inoculadas con hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), en condiciones de campo, durante un año. Las plantas fueron cultivadas durante nueve meses en invernadero y dos meses en vivero, antes de ser trasplantadas a un matorral xerófilo deteriorado localizado en el Valle de Actopan, Hidalgo, México. Cada individuo, micorrizado o no micorrizado, fue trasplantado bajo la cobertura de una planta nodriza perteneciente a una de ocho especies

generadoras de islas de recursos, con el fin de evaluar el efecto de la micorrización y del nodrizaje vegetal sobre el establecimiento y la supervivencia de las plantas, durante el periodo de sequía (Octubre-Abril). Los resultados muestran que la micorrización de plantas de mezquite y de huizache aumenta de manera significativa la supervivencia, incrementándose el porcentaje de 19 a 54% para *P. laevigata*, y de 18 a 48% para *A. farnesiana*. Respecto a la especie de planta nodriza, no se encontraron diferencias en el porcentaje de supervivencia de los individuos trasplantados debidas al tipo de isla de recursos. El experimento también mostró que las plantas micorrizadas desarrollan mayor número de pinnas con relación a sus testigos. Se concluye que es recomendable la inoculación de plántulas con HMA nativos, en programas de restauración ecológica de ecosistemas semiáridos deteriorados.

En estas investigaciones el caso de las zonas áridas y semiáridas, el factor más limitante del desarrollo vegetal es la disponibilidad de agua. Wiegand y Ward (1999), además de que los suelos de estos ambientes son generalmente pobres en fósforo. Por esta razón, el papel de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) es determinante en el crecimiento en estos ecosistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio experimental

Este trabajo se realizó en el Invernadero de Alta Tecnología del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buena Vista Saltillo Coahuila, México. Este sitio se localiza a los 25° 23' de latitud norte y 101° y 80' de latitud Oeste a una altitud de 1,783 msnm; En el invernadero el promedio de temperatura es de 20.2 ° C y de humedad relativa 56.7 %.

Obtención de micorrizas.

Las micorrizas nativas, fueron extraídas de las raíces de *Kochia scoparia*, de *Malva sylvestris*, zacate y *Sorghum vulgare*., se extrajeron del sitio aledaño al establo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y suelo de colectado en ex-mina en Sierra Mojada Coahuila. El producto comercial ENDOVIT, *Glomus intraradices* fue proporcionado por la Universidad.

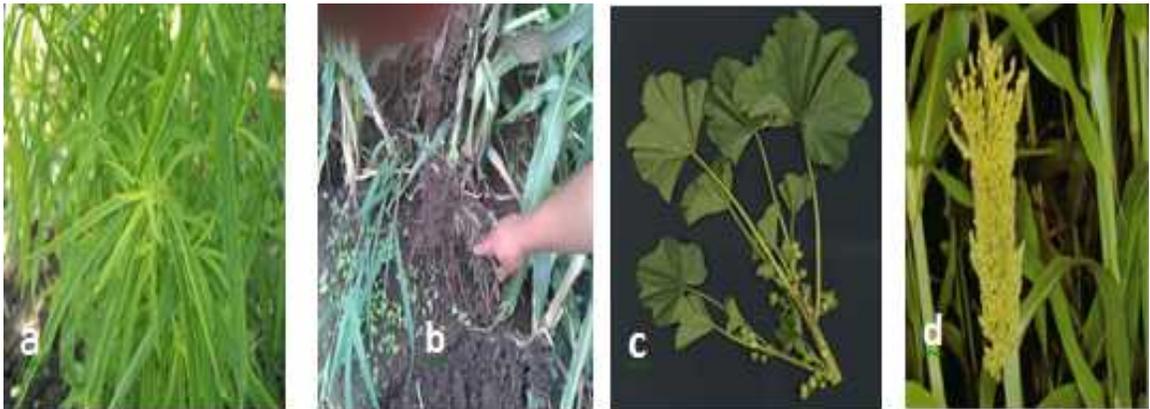


Figura 3. Plantas de *Kochia scoparia* (a), *Zea mays* (b), *Malva parviflora* (c), *Sorghum bicolor* L (d) de las cuales se obtuvieron las micorrizas nativas de la UAAAN.

Al extraer las plantas del suelo se observó un manto blanco alrededor de la raíz, característico de micorrizas. García (2007) (Fig.3.b), además del suelo adherido a la raíz. Gómez (1990) (Fig.3.b), se colectó el suelo donde se encontraba cada una de las plantas para posteriormente usarse como fuente de micorrizas en los tratamientos y parte de la raíz manteniéndola en solución nutritiva para un factible crecimiento del hongo.

Identificación de malezas Malva y Kochia scoparia

Kochia scoparia es una planta ramificada que puede alcanzar hasta una altura de 1.5 m de alto, con tallos erectos, ramificados desde la base, amarillos o rojizos con la edad. Hojas alternas, numerosas, pequeñas y suaves, flores axilares solitarias, raíz poco ramificada. La malva es una planta silvestre, planta

variable de hasta cerca de 2 metros. Generalmente erecta con ramificación. Muy agradecida en la floración, son flores entre 2 y 6 centímetros de diámetro, abundantes y con pétalos purpúreos o rosa, con venas más oscuras. Perianto pentámero, con cálculo de 3 piezas soldadas en su base. Las hojas son palmatífidas. Tallo de glabrecente o sin pelo a pubescente.

Identificación del cultivo Sorgo

El sorgo es una planta perteneciente a la familia de las gramíneas, es una Planta con raíz fasciculada, fibrosa, tallo erecto, nudoso. Las hojas son anchas, dentadas, escabrosas, guiadas, con costillas. Espiga apical formada por varias espiguillas rojizas. El fruto es semilla oblongo. Esta especie procede de la India y actualmente se cultiva por doquier. Alcanza una altura superior a 2 m. Se recolecta en verano y otoño.

Las micorrizas obtenidas de estas plantas, mostraron micelio abundante, después parte de las raíces se colocaron en agua destilada y se procedió a hacer el método de tinción para observar esporas. Encontrado mayor porcentaje en la planta de sorgo.

Para poder saber si se encuentran esporas de micorrizas en las raíces de estas plantas se utilizó la técnica de coloración método más conocido el de Philips y Hayman (1970).

Para observar el grado de colonización se utiliza la siguiente metodología para colorear las raíces de las plantas:

1. Se separaron las raíces del suelo
2. Se lavaron y se cortaron pequeñas raíces y se colocaron en tubos de ensayo.
3. Se aplicó KOH al 10% hasta que todas las raíces quedaron inundadas.

4. Se calentaron las raíces por 10 minutos (60-70⁰C) en baño María. Se decantó el KOH.
5. Se lavaron las raíces 3 veces con agua destilada.
6. Se aplicó HCL al 10% y se agito para que hubiera una buena neutralización del KOH, hasta que las raíces tomaron un color blanco.
7. Se decantó el HCL y se lavó una sola vez las raíces con agua
8. Se le aplicó tinta de color o lacto fenol. Y se puso a baño maría durante 10 minutos.
9. Se decantó y se lavó con agua destilada varias veces hasta que se quitó el exceso de colorante
10. Se colocaron las raíces en una caja Petri
11. Para evaluar la colonización se montaron las raíces con agua en porta objetos y se les observo.

Descripción del experimento

Se estableció un experimento con cuatro tratamientos de los cuáles dos fueron con micorrizas nativas. Se tomaron muestras de suelo al sitio aledaño al establo UAAAN y se tomaron muestras de suelo de ex- mina en Sierra Mojada Coahuila esto para identificar y cuantificar la diversidad de esporas de MA, en este punto la actividad principal fue la identificación de la diversidad de esporas en la fase de laboratorio.

La técnica para la separación de esporas del suelo se utilizó el método de tamizado y decantación según Gerdemann y Nicolson (1963):

Usando 500 gr de suelo se hizo una suspensión en 5 litros de agua. Se dejó reposar la suspensión algunos segundos para que las partículas grandes se sedimenten. Se tamizo el sobrenadante usando tamices de diferentes tamaños de poros empezando con una tamiz con poros de 30 μ m, 45 μ m y 60 μ m, se lavaron bien con agua hasta que en el último tamiz de 60 μ m se ven los pequeños restos de suelo donde quedaron las esporas de micorrizas se lava con agua destilada y se pasan las fracciones a cajas Petri con poca agua

destilada. Para que las esporas se separaran mejor del suelo, el suelo ya tamizado anteriormente se colocó en tubos ependor de 50 ml y se colocaron en una centrifuga a 3500 rpm durante 5 minutos para que las partículas más densas se fueran hacia el fondo y las esporas quedaran suspendidas bajo una solución de sacarosa. Se filtraron las esporas en tamices de 30, 45 y 60 μm los residuos se lavaron bien para quitar el exceso de sacarosa y se colocaron en cajas Petri para ser observadas en el microscopio e identificar micorrizas.

Establecimiento del experimento

Se utilizó la semilla de huizache. Antes de la aplicación se lavó la semilla para quitar cualquier químico. Posteriormente se continuo con la siembra colocando una semilla por cavidad para germinación en condiciones de invernadero en charolas de polietileno de 200 cavidades, empleando como sustrato “peat-moss”, (Fig.7.a) la emergencia de las plántulas se presentó un mes después de la siembra, (Fig.7.b) permaneció en el invernadero provisional medio mes más para que las plántulas tuvieran al menos 2 cm antes de trasplantarlas en vasos de Poliestireno o unicel de 1lt. (Fig.7.c)

Antes de trasplantar se aplicaron los sustratos a cada vaso poniendo 60% de “Peat moss”, 30 % de perlita y 10 % de suelo. Se aplicaron los tratamientos a cada vaso y se realizó el trasplante, esto se llevó acabo en el Invernadero de Alta Tecnología del Departamento Forestal.

Cuadro 1. Tratamientos del experimento realizado en invernadero de alta tecnología de forestal con plantas de huizache

Tratamiento	% en contenedor
MN-UAAAN	60% Peat-moss, 30% perlita, 10% suelo.
MN-MINA	
ENDOVIT-GI	
TESTIGO	

MN-UAAAN. Micorriza nativa colectada en suelos con buena cantidad de materia orgánica de la UAAAN, MN-MINA. Micorriza nativa de mina colectada en Sierra mojada Coahuila. ENDOVIT-GI, Micorriza comercial, TESTIGO.

Diseño estadístico

El diseño experimental en bloques completamente al azar consistió de cuatro tratamientos con 12 repeticiones (Fig.7). Para llevar a cabo este análisis se utilizó el programa de Statical Analisys System (SAS) y utilizando el método de Tukey para la comparación de medias y deducir que tratamiento fue mejor.

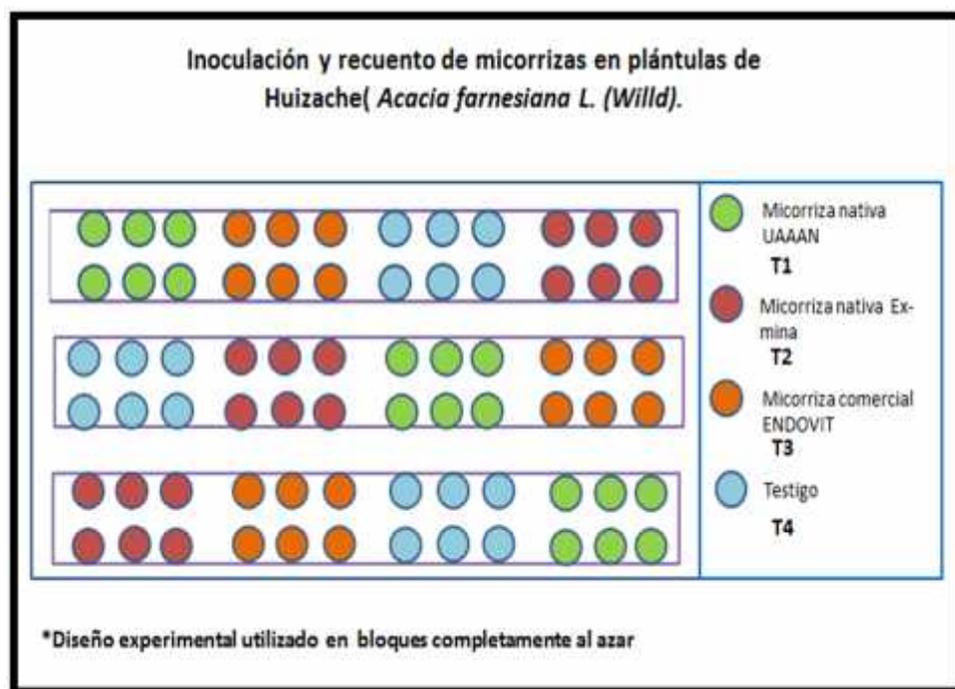


Fig.4. Esquema del diseño experimental utilizado para la observación de los tratamientos

Variables evaluadas

Altura de la planta (AP), Peso fresco de planta (PFP), Peso seco de planta (PSP), Peso fresco raíz (PFR), Peso seco raíz (PSR), Longitud de la raíz (LR), Ancho de la raíz (AR), Porcentaje de micorrización (%M).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS PRELIMINARES

Al observar al microscopio las raíces ya teñidas se observaron esporas de micorrizas lo cual nos da la idea que en el suelo donde se extrajeron las plantas hay colonización de micorrizas.

En las muestras se observaban algunas de las esporas de la raíces de las plantas de la UAAAN (Fig.5) algunas eran de forma circular o elíptica y por otro lado en algunas muestras se encontraron concentraciones de vesículas como se ve en la figura 5 a.

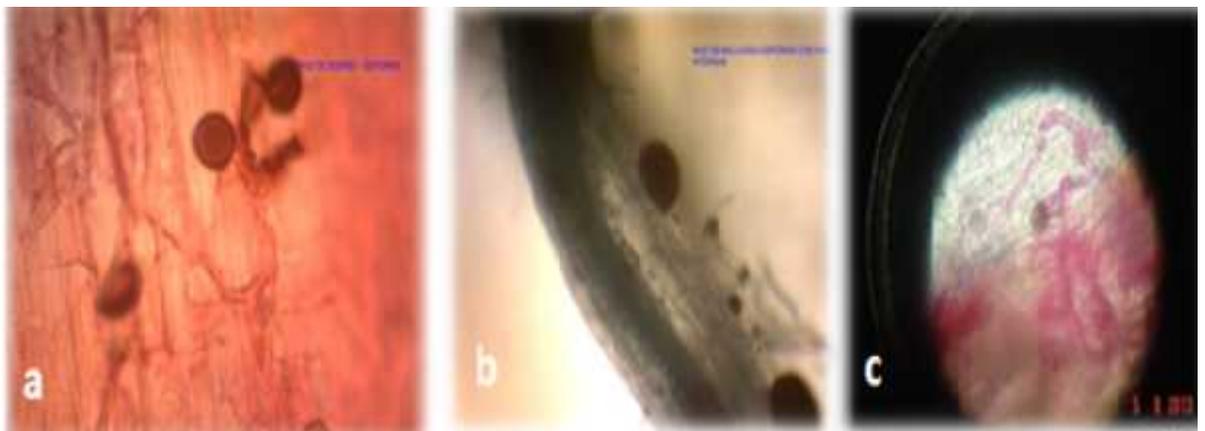


Fig.5. Esporas de micorrizas observadas en el microscopio con raíces de *Sorghum vulgare* (a), *Malva parviflora* (b) y *Kochia scoparia* (c).

Cuando se realiza la técnica de tamizado y decantación según Gerdemann y Nicolson pueden observarse esporas de micorrizas más limpias. Donde se aprecian esporas de micorrizas de diferentes tamaños y colores las cuales en la mayoría corresponden al género *Glomus*.



Fig.6. Esporas de micorrizas observadas en estereoscopio del suelo aledaño al establo UAAAN.

Al establecer el experimento se realizó la germinación en una charola de 200 cavidades donde a los 15 días se observó una germinación de tan solo un 24%, (fig.7 b) demostrando que no hubo una germinación exitosa o debido al tipo de sustrato (lombricomposta) en el que fue sometida la semilla. Ya a los 40 días de haber germinado las semillas se trasplanto cada plántula (fig.7c) en su tratamiento correspondiente observando que se logró una mejor adaptación y mejor absorción de los nutrientes ya que no murió ninguna planta.

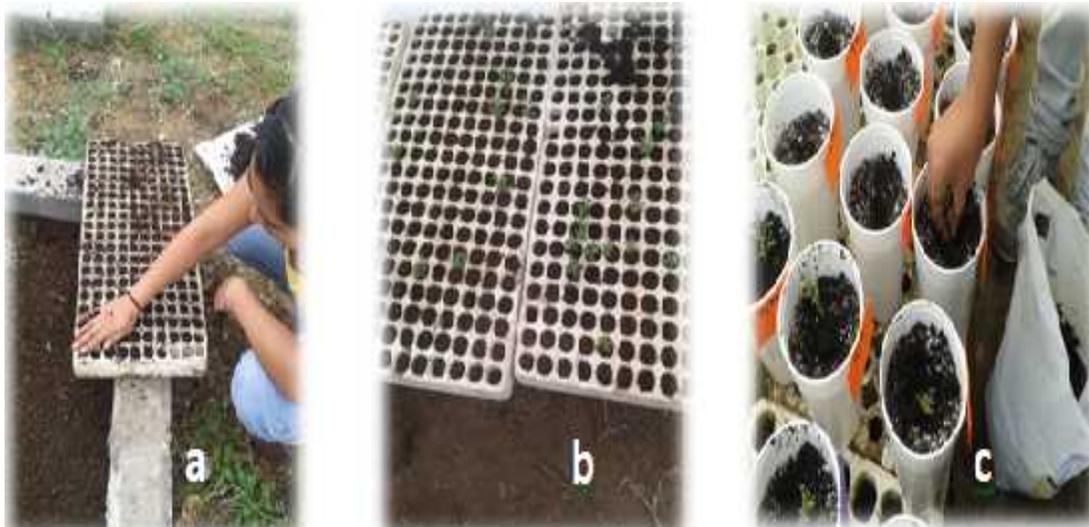


Fig.7. Germinación y trasplante de las plántulas de huizache

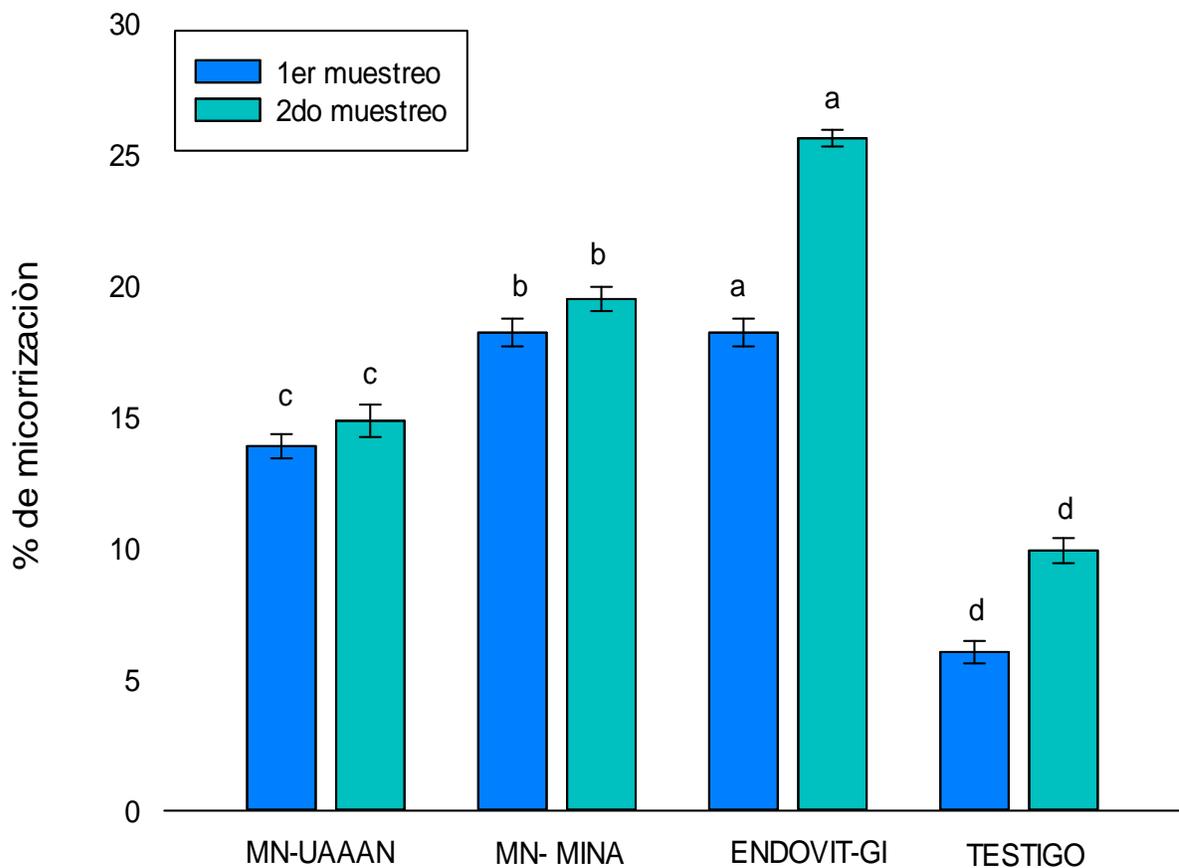
Evaluación del efecto de micorrizas sobre plántulas de huizache

Durante el desarrollo de esta investigación se evaluaron las siguientes variables cuyos resultados fueron:

Porcentaje de micorrización. El porcentaje de micorrización demostró que en la prueba de comparación de medias de Tukey para esta variable se observó diferencia significativa para los muestreos (figura 8.). En la comparación de medias para el primer muestreo, el T3 presento los mejores resultados con un 18.22% incrementándose en el segundo muestreo con un 25.63 %. Seguidos del T2 que se adaptó mejor al estrés hídrico con un porcentaje de 19.50% en el 2do muestreo. Esto demuestra según Hernández-Dorrego (2001) citado por Hernández (2002), que una vez que el valor de colonización micorrizica supera el 50 ó 60% se considera una colonización alta y las plantas están adecuadamente micorrizadas. Considerando lo anteriormente expuesto, cabría esperar que al cabo de un mayor tiempo de evaluación estos porcentajes tenderían a aumentar, de acuerdo a los trabajos realizados por Hernández-Dorrego (1999), Pinochet et al., (1995) y Calvet et al., (1995).

En cuanto a los tratamientos 1 y 2 que fueron tratados con micorrizas nativas no tuvieron un efecto como se había previsto esto tal vez debido a no tener mayor espacio donde las raíces crecieran o por falta de suelo con materia orgánica. Como lo señala Hernández- Dorrego (1999), que la capacidad del hongo MVA de colonizar las raíces de las planta puede ser debida a diferentes factores como: características intrínsecas de la interacción planta-hongo, factores externos vinculados al sustrato donde crecen las plantas.

Porcentaje de micorrización



Medias con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

Figura 8. Porcentaje de micorrización a los 70 y 160 días después de la inoculación de micorrizas en plantas de huizache. Sembradas bajo condiciones de invernadero.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) en plantas de huizache a los 70 días

Tratamientos	1er Muestreo						
	AP(cm)	PFP (gr)	PSP(gr)	PFR(gr)	PSR(gr)	LR(cm)	AR(cm)
MN-UAAAN	7.45 b	0.37 c	0.12 b	0.82 b	0.15 b	8.31 a	2.30 a
MN-MINA	7.22 b	0.51 b	0.15 a	0.80 b	0.14 b	8.61 a	2.62 a
ENDOVIT-GI	8.41 a	0.92 a	0.17 a	1.17 a	0.18 a	9.13 a	2.83 a
TESTIGO	6.69 c	0.23 d	0.10 b	0.51 c	0.11 c	6.16 b	1.25 b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) AP. Altura de planta, PFP. Peso fresco de planta, PSP. Peso seco de planta, PFR. Peso fresco de raíz, PSR. Peso seco de raíz, LR. Longitud de raíz, AR. Ancho de raíz.

Después de haber realizado el primer muestreo a los 70 días, (cuadro 2) de haber inoculado esporas de micorriza en plantas de huizache (*Acacia farnesiana*) se realizó el segundo muestreo a los 160 días (cuadro 3) cuando las plantas ya habían rebasado los 15 cm de altura.

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) en plantas de huizache a los 160 días.

Tratamientos	2do Muestreo						
	AP(cm)	PFP (gr)	PSP(gr)	PFR(gr)	PSR(gr)	LR(cm)	AR(cm)
MN-UAAAN	23.21 c	2.60 c	0.47 c	2.62 b	0.48 c	9.55 a	4.59 b
MN-MINA	24.61 b	2.81 b	0.69 b	2.53 b	0.64 b	10.21 a	5.15 b
ENDOVIT-GI	28.11 a	2.98 a	1.17 a	3.33 a	0.89 a	10.55 a	6.25 a
TESTIGO	19.00 d	1.11 d	0.29 d	1.86 c	0.27 d	8.33 b	3.70 c

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) AP. Altura de planta, PFP. Peso fresco de planta, PSP. Peso seco de planta, PFR. Peso fresco de raíz, PSR. Peso seco de raíz, LR. Longitud de raíz, AR. Ancho de raíz.

Altura de la planta. De acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey entre los diferentes tratamientos se observó que el T3 (ENDOVIT-GI) tuvo un mayor efecto en la altura de las plantas, (Cuadro 2) mostrando un valor de 8.41 cm a los 40 días de haber inoculado las micorrizas, seguido del tratamiento 1 (M. UAAAN) con 7.45 cm. Comparados con la altura del segundo muestreo (Cuadro 3), mostrando un valor de 28.11 para el T3 (70% más que la altura del 1er muestreo). Seguido del tratamiento 2 que a los 160 días se

adaptó mejor a los factores ambientales, ya que a esta fecha los tratamientos soportaron estrés hídrico, salinidad resistencia y/o tolerancia a determinados patógenos del suelo y disminución de nutrientes en el sustrato. Estos resultados coinciden con los reportados por Reveles *et al.*, (2011) al inocular en semilla de tomate con 350 y hasta 650 g de *Glomus intraradices*, encontrando que a 600 g de *Glomus* se tuvo la mayor altura de planta pero esto después de que las plantas lograron adaptarse al medio donde se encontraban (120 días después de la inoculación).

Peso fresco de la planta (parte aérea). De acuerdo a la prueba de comparación de medias para esta variable se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos y muestreos realizados (Cuadro 2 y 3), por otra parte, el tratamiento 3 (ENDOVIT- GI) alcanzó un valor de 2.98 gr, (cuadro 3), seguido del T2 (MN-MINA) con 2.81 gr en el segundo muestreo. Estos resultados difieren al compararlo con trabajos realizados por Cerna (2000) en el cultivo de tomate inoculando plantas con dos especies de micorriza *Glomus intraradices* (1109 g) y *Glomus spp* (1075 g) donde hubo diferencia altamente significativamente con respecto al testigo (618 g) con respecto al peso fresco de la planta.

Peso seco de planta (parte aérea). En esta variable de peso seco de planta se presentó una diferencia significativa en cuanto a los tratamientos (Cuadro 2 y 3) al realizar la comparación de medias de Tukey, se observa que las plantas tratadas con ENDOVIT-GI incrementaron el 85 % (cuadro 3) en comparación con el 1er muestreo, que incremento 70% más que el testigo (cuadro2).esto demostró que se obtuvieron mejores resultados que los obtenidos por Terry, (2006) el cual produjo incrementos de 71 a 76 % a diferencia de plantas inoculadas solo con micorrizas y bacterias en forma individual con 18 a 26 %.

Peso fresco de raíz. De acuerdo a la prueba de comparación de medias esta variable no presentó diferencia significativa al ($P = 0.05$) en los muestreos realizados y en los tratamientos (Cuadro 2 y 3). Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey en los tratamientos se observó que el T3 alcanzó el mayor valor con 3.33 gr, siendo 79 % mayor al testigo (cuadro 3), los tratamientos 1 y 2 siguieron aumentando la cantidad de masa comparándolo con el testigo (Cuadro 2 y 3). Al respecto Rosales (2000) en tomate inoculó plantas con dos especies de micorriza *Glomus intraradices* (3.25 g) y *Glomus spp* (3.48 g) las cuáles fueron superiores en peso fresco de la raíz en relación al testigo (2.48 g).

Peso seco de raíz. En esta variable se presentó una diferencia significativa en cuanto al 1er muestreo. (Cuadro 2). Al analizar la comparación de medias entre los dos muestreos y los diferentes tratamiento podemos observar que con el T3 se obtiene el mayor valor con 0.89 gr más que en primer muestreo (Cuadro 3). Estos resultados coinciden con lo encontraron Reveles *et al.* (2011) donde la acumulación de biomasa expresada en términos de peso seco resultó un buen indicador del crecimiento de plántulas de tomate, tanto de sus raíces como de la parte aérea aplicando 650 esporas a la semilla por lo que esta se considera una variable útil para evaluar crecimiento en esta especie.

Longitud de raíz. En el análisis de varianza para esta variable no se observó diferencia significativa ($P = 0.05$) entre los muestreos (Cuadro 2y 3), sin embargo, en la comparación de medias se puede observar que el T3 fue el que mejor se comportó, con 26 % más que el testigo y el resto de las plantas tratadas aumentaron su longitud seguidos de los tratamiento T1 y T2 (Cuadro 2 y 3). Estos resultados coinciden con Rojas y Ortuño (2007) donde realizó un trabajo aplicando *Glomus fasciculatum* (15 kg ha⁻¹) combinada con humus de lombriz y gallinaza inoculada en el cuello de la planta. Se aplicó 200 kg ha⁻¹ de humus de lombriz y 6 t ha⁻¹ de gallinaza también directamente al cuello de la planta y encontró diferencia significancia en los tratamientos (Micorrizas +

humus de lombriz + gallinaza), (Micorrizas) y (Micorrizas + gallinaza) presentaron los mayores valores para las variables de longitud de raíz. En otra coinoculación con Micorriza y *Azospirillum brasilense* se obtuvieron incrementos en longitud de raíz que coinciden con Terry y Leyva, (2006).

Ancho de raíz. En el análisis de varianza para esta variable no se observó diferencia significativa para ninguno de los muestreos (cuadro 2 y 3). En la comparación de medias para el segundo muestreo el T3 presentó los mejores resultados (cuadro 3) con un 68% más que el testigo. Resultados que coinciden con lo dicho por Caballero, 2000. El cual hace mención que las micorrizas solubilizan y transportan fósforo, potasio etc. mejoran la hidratación, incrementan el área radicular para la toma de nutrientes, y mejoran la resistencia física de la planta.

CONCLUSIONES

Las micorrizas tuvieron efectos positivos en las plantas de huizache, ya que incrementaron su altura, peso fresco y seco tanto de raíz como de la parte aérea de la planta, longitud y ancho de raíz, y el grado de micorrización, corroborando de esta forma todos los beneficios que los hongos proporcionan a la planta y al suelo.

La micorriza comercial Endovit-gi incrementó e influyó significativamente en el crecimiento y desarrollo de la planta de huizache, debido a una mayor distribución.

RECOMENDACIONES

Las micorrizas comerciales (Endovit) se pueden utilizar como una fuente alternativa de fertilización orgánica para la nutrición de cultivos y árboles para incrementar la reforestación en zonas de riesgo o con poca materia orgánica.

LITERATURA CITADA

1. Aguilera, G. L; Olalde, P. V; Arriaga. R. M; Contreras A; R. 2008. Micorrizas arbusculares. *Ciencia Ergo Sum* 14 (3): 300-306.
2. Alarcón, A. R. 1999.- Manejo de la micorriza arbuscular en sistema de propagación de plantas frutícolas. *Terra Latinoamericana* 17 (3): 179-191.
3. Alcántara, S.E., E.S. Ochoa, B.A. Aguilera y F. Perezgil. 1986. Huizache (*Acacia-farnesiana.L. Willd*) as an alternative resource in goat feeding. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 36(1):135-151.
4. Alvarado, M.A. 2004.- Evaluación de la Presencia de Micorrizas en Plantaciones de (*Tectona grandis*). *Agronomía Costarricense* 29 (1):80-8.
5. Ansorena, M.J. 1994. Sustratos, Propiedades y Caracterización. Ediciones Mundi- Prensa Madrid España. Pp 107-109.
6. Arbiza, A.S. 1986. Nutrición y alimentación. *In: Producción de caprinos*. Ed AGT Editor S.A. México. Pp 310-312
7. Aronson, J.C. Ovalle and Aavedaño, J. 1992. Origen del huizache. *Acacia farnesiana*. Tesis doctoral. Universidad de Chile.30-32
8. Bagyaraj, D.J.F. 1984. Biological Interactions with VA by Micorrizal Fungi. *In: VA Micorriza*. Boca Raton, Florida 59 (1): 131- 153.

9. Blancof, A.F y Salas, A. 1997. Micorrizas en la Agricultura: Contexto Mundial e Investigación Realizada en Costa rica. Agronomía Costarricense. 21:55-67.
10. Caballero M J, 2000. Biofertilizantes para la agricultura sustentable en México *Azospirillum* y hongos micorrizicos (*Glomus*). UNAM. P.10 -35.
11. Cabrera, R L. 1999. Propiedades, Uso y Manejo de sustratos de cultivo para la producción de planta en macetas. Revista Chapingo, serie horticultura, Vol. num.1. Universidad Autónoma Chapingo México.
12. Calvet, C., Camprubi, A. 1996. Integración de las micorrizas arbusculares en el proceso de producción de patrones de cítrico. Levante agrícola. 1er. Trimestre. 62-66.
13. Cardoso, M.C., R.C.C. Costa, B.C. Silva y G.L. Oliveira. 2011. Tannin extraction from the bark of *Pinus oocarpa* var. *oocarpa* with sodium carbonate and sodium bisulfite. Floresta e Ambiente 18(1):1-8
14. Carranza. P. M. Villareal Q .J. A. Leguminosas de Coahuila México, claves y descripciones de especies.1997. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista saltillo Coahuila, México.pp 19-57.
15. Castañón, L. G. 1995. La práctica el riego en el cultivo en sustratos. Actas del 1er simposium Iberoamericano sobre “Aplicación de los plásticos en las tecnologías agrarias” Almería, España. Pp 10-11.
16. Castellanos, J .Z. 2003. Curso internacional de producción de hortalizas en invernaderos, INIFAP, Celaya Guanajuato .México. Pp1-3.

17. Cerna S, y Martines A: 2010. Fertilización biológica, técnica de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible, Universidad de Magdalena, Santa Marta, Colombia. 4(20):391-399.
18. Clarke, H.D., D.S. Seigler y J.E. Ebinger. 1989. *Acacia farnesiana* (Fabaceae, Mimosoideae) and related species from Mexico, the southwestern United States, and the Caribbean. Systematic Botany 14(4):549-564.
19. Cuenca, G. J. Cáceres A. F; Oirdobro G. E; Hasmy Z. T. 2007. Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. Interciencia (1): 23-29.
20. De la rosa, A. I. 1999. A .I. 1999. Micorrizas asociadas a los cultivos de papa, manzano y nogal en el área de influencia inmediata de la UAAAN. Buena vista, saltillo, Coahuila, México. 56 pp.
21. Díaz, F. A; Alvarado C. M; cantú, A. M y Garza, C, I. 2005. Fertilización biológica y producción de maíz en la región semiárida del norte de Tamaulipas, México. Agricultura técnica en México 31 (2): 153-163.
22. Díaz, M. E. Moncada, M. 1998. Espectro de la flora folinifera de la localidad de el cano en la provincia ciudad de la habana. Ciencia y técnica en la agricultura, apicultura. 4 (2): 9-43.
23. Espinosa, F. J. y J. Sarukhán, 1997. Manual de Malezas del Valle de México. Claves, descripciones e ilustraciones. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
24. Esparza, C. E. 1980. Variación estacional de los atributos nutricionales de *Atriplex canescens*. Tesis de licenciatura Escuela Superior de

Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del estado de Durango. Gómez palacio, Durango. México.

25. Famurewa J., A.V. y A.O. Raji. 2005. Parameters affecting milling qualities of undefatted soybeans (*Glycine max* L. Merill) (1) Selected thermal treatment. Int J Food Eng 1:1.
26. Granito, M., A. Torres y M. Guerra. 2003. Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. Interciencia 28(7):372-379.
27. Galindo, A. S. García, M. E. y Wendt, T. L. 2000. El huizache árbol de usos múltiples. Universidad de Guanajuato. México. Pp 51-62.
28. García. G. O. 2007. Efecto de endoesporas para el rendimiento y calidad en diferentes genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* mil.), bajo el sistema de hidroponía. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, saltillo, Coahuila. México.
29. Gerdemann, J.W., y Nicolson, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogen* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Brit. Mycol. Soc. 46, 235-244.
30. Gill, L.S.; Jagede, R.O.; Husaini, S.W.H. 1986. Studies on the seed germination of *Acacia farnesiana* (L.) Willd. Journal of Tree Sciences. 5(2): 92-97.
31. Gómez, F. Hernández, I. 1990 Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C, mezquite y huizache, aspectos en la economía y en la ecología, México, D.F. Pp 22 -24.

32. Granados, S. D. Pérez, C. M. 1995. Educación ambiental en ecología e impacto ambiental, México, SEP, colección, los veinticinco agropecuarios.
33. Granito, M., A. Torres y M. Guerra. 2003. Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. *Interciencia* 28(7):372-379.
34. Hernández Dorrego 1999. Micorrización temprana de porta injertos de frutales como alternativa biotecnológica para el control de nematodos. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 187 pp.
35. Hernández, C. 2001. Efecto del hongo micorriza (*Glomus intraradices Schenk & Smith*) en el crecimiento del porta injerto Mexícola (*Persea americana Mill*) cultivado bajo cinco tratamientos de fertilización. Taller de Licenciatura. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 84 pp
36. Hernández Dorrego, A. 2003. Las micorrizas, (on line). www.terraia.com
37. Herrera, M. M. 2008. Estudio sobre la participación y función de moléculas señal en la regulación de la simbiosis micorriza arbuscular. Tesis doctoral. Universidad de Granada. España
38. Jarris, V. F. Esqueda, M. V y Soto V.M. 2009. Tolerancia al estrés hídrico en la interacción planta- hongo micorrizico arbuscular: metabolismo energético y fisiología. *Revista fitotecnia mexicana* 32: 265- 27.
39. Joshi, H.B. 1983. The silviculture of Indian trees. Ed. rev. Delhi: Government of India Press. 344 p. Vol. 4.

40. Leyva, A. G. 2006. Evaluación microbiológica de la coinucleación micorrizas rizobacterias en tomate. *Agronomía costarricense* 30(1):65-73.
41. Linderman, G. R. 1989. Micorrizal simbiosis. *Animal and plant species* (1): 181-187.
42. Márquez, A. C. Lara, O. B. Esquivel R. y Mata, E. 1999. Plantas medicinales de México II. Composición, usos y actividad biológica. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Pp 21-30.
43. Marrero, J. 1949. Tree seed data from Puerto Rico. *Caribbean Forester*. 10: 11-30.
44. Marín, Z, J. 2000. Las algaenzimas y micorrizas en la producción de coliflor (*Brassica oleracea* var. *Bitritis* l). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, saltillo, Coahuila, México.
45. Martínez, R.O. Rivera, M. J. Santamaría, C. E. 2000 (*Acacia farnesiana*) en el área de influencia de la URUZA. Pp 93-99.
46. Martínez, L. B. Pugnaire, F. 2009. Interacciones entre las comunidades de los hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. *Revista Científica de América Latina*. 18 (2): 44-54.
47. Mendieta, R. y del Amo, S. 1981. Importancia ecológica del huizache, usos y aprovechamiento del huizache, Universidad Autónoma de Chapingo, México, D.F. Pp 25-28.
48. Miranda, F. 1976. Especies de *Acacia farnesiana*, Cuarta edición. México, D. F. Pp 87-89.

49. Pedraza-Bucio, F.E. y J.G. Rutiaga-Quiñones. 2011. Extracto tánico de la madera de palo de Brasil. *Conciencia Tecnológica* 42:36-41
50. Phillips, J.M., y Hayman, O.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55, 158-161.
51. Pimienta, B. E. Zañudo, H. J; López, A. E. 2009. Efecto de las micorrizas arbusculares en el crecimiento fotosíntesis y anatomía foliar de plantas jóvenes de *Agave tequilana*. *Acta botánica mexicana* 89: 63-78.
52. Pinochet, J., Calvet, C., Camprubi, A., Fernández, C. 1995. Interaction between the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* and the mycorrhizal association of *Glomus intraradices* and Santa Lucía 64 cherry rottock. *Plant and Soil* 170: 323-329.
53. Pinochet, J., Camprubi, A., Fernández, C. 1995. Increase tolerance to the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* in mycorrhizal micropropagated BA-29 quince rootstocks. *Mycorrhiza* 5: 253-258.
54. Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski, 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México
55. Rojas R. Kattia y Ortuño. N. Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. *Revistas Bolivianas en línea. Departamento de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad Católica Boliviana, Fundación PROINPA*

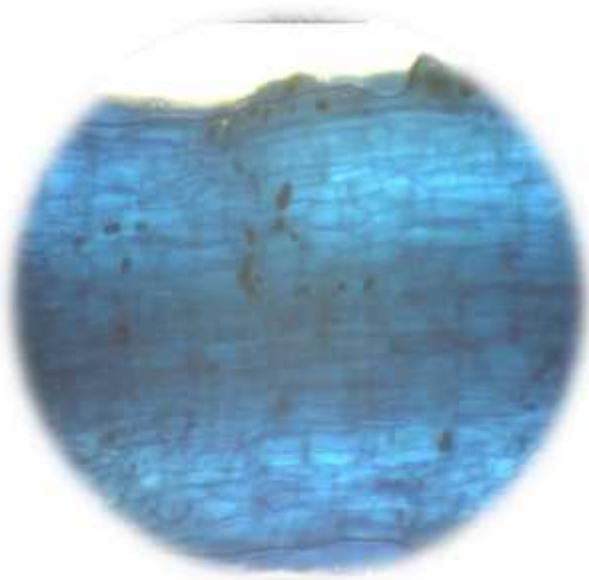
56. Rojas-Rodríguez, F .y G. Torres Córdoba.2012.Árboles del Valle central Costa Rica: reproducción, aroma (*Acacia farnesiana*). Revista forestal mesoamericana kuru (Costa Rica) 9 (22): 66-67.
57. Salas, E. L y Blanco, F. 2000. Selección de plantas hospederas y efecto del fosforo para la producción de inoculo de hongos formadores de micorrizas arbusculares por el método de cultivo en macetas. Agronomía Costarricense 24 (1): 19-28.
58. Sánchez, C.M.J. 2003. Estudios de micorrizas arbusculares en especies cultivadas y silvestres en adisoles del estado de México. Agricultura técnica en México 29 (1): 69-79.
59. Sánchez. T. V. 2006. Producción de hongos formadores de micorrizas y su aplicación como biofertilizantes. En biofertilizacion viable para la nutrición vegetal. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Pág. 137-150.
60. Sánchez. S. O. 1984. La flora del valle de México. Editorial Herrero. México. D.F. 513 p.
61. Terry, A. E; Leyva, G. 2006. Evaluación agro biológica de la inoculación micorrizas- rizobacterias en tomate. Agronomía Costarricense. 30(1): 65-73.
62. Troup, R.S. 1921. The silviculture of Indian Trees. Oxford, England: Clarendon Press. 1195 p. 3 vol.
63. Velasco, J .V. 2001. Vermicomposta, Micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cascara. Terra Latinoamericana. 19(3): 241-248.

64. Verdugo, O .V. 2000. Efecto de los ácidos húmicos y fulvicos sobre hongos micorrizicos arbusculares en chile ancho C.V gigante. Tesis de maestro en ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
65. Villaseñor R., J. L. y F. J. Espinosa G., 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
66. Villegas, R. M. Cifuentes, J. 2004. Las micorrizas en la evolución de las plantas. Universidad Nacional Autónoma de México. 73:30-36
67. Wiegand K., Jeltsch. F. y Ward D. 1999. Analysis of the population dynamics of *Acacia* trees in the Negev desert, Israel with a spatially-explicit computer simulation model. *Ecological Modeling* 117:2003-224.
68. Zaidan, O., A. 1997. Cindaco. Curso internacional de hortalizas Shefarim Israel.

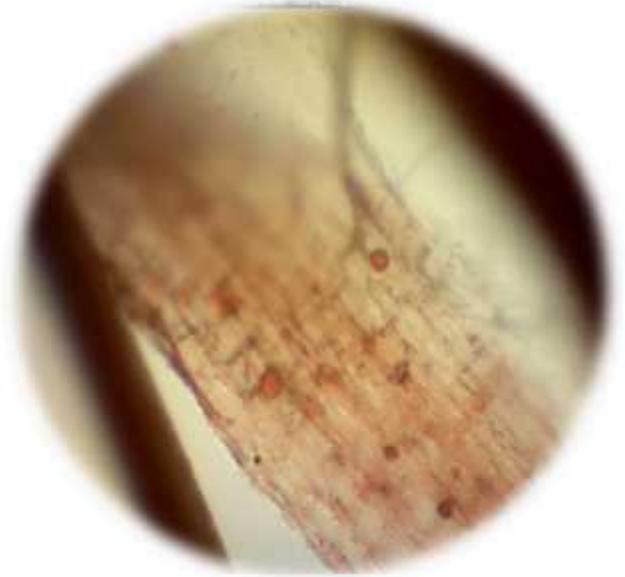
ANEXOS

Fig. 9. Esporas de micorrizas observadas en los diferentes tratamientos del segundo muestreo

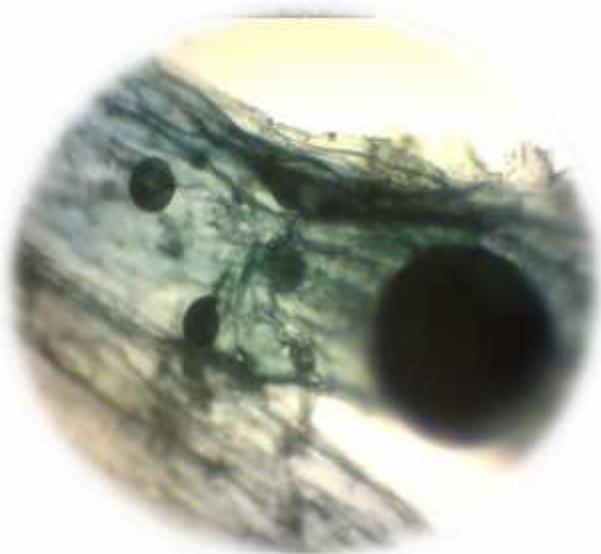
T1



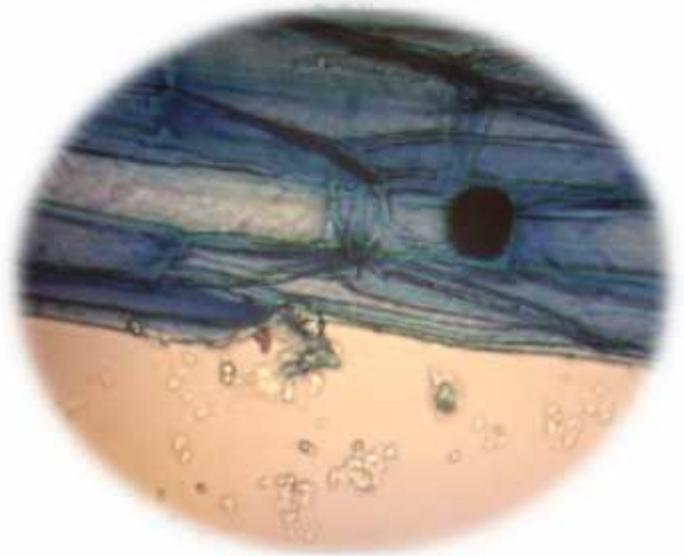
T2



T3



T4



INDICE DE SIGLAS

1. Ca.....Calcio
2. EM.....Ectomicorrizas
3. Fe.....Fierro
4. Gi.....Glomus intrarradices
5. Gf.....Glomus fasciculatum
6. HCl.....Ácido Clorhídrico
7. HMA.....Micorriza Arbuscular
8. K.....Potasio
9. MA.....Micorrizas arbusculares
10. Mg.....Magnesio
11. Mo.....Molibdeno
12. Msnm.....Metros sobre el nivel del mar
13. N.....Nitrógeno
14. P.....Fosforo
15. KOH.....Hidróxido de potasio
16. S.....Azufre
17. SAS.....Statical Analisys System
18. UAAAN.....Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
19. VAM.....Micorrizas Vesiculo-Arbusculares.