

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Comparación de la diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la rizósfera de nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch), atacado con el hongo con pudrición texana (*Phymatotrichicum omnivorum*) y arboles sanos

Por:

Laura Ramón Vicente

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Agroecología

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Comparación de la diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la rizósfera de nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch), atacado con el hongo con pudrición texana (*Phymatotrichicum omnivorum*) y arboles sanos

POR:

LAURA RAMÓN VICENTE

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

APROBADA POR:

PRESIDENTE


M.C. GENOVEVA HERNÁNDEZ ZAMUDIO

VOCAL


DR. ÁNGEL LAGARDA MURRIETA

VOCAL


DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

VOCAL SUPLENTE


M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES



Coordinación de la División de Carreras Agronómicas


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Comparación de la diversidad de hongos micorrízicos arbusculares
(HMA) en la rizósfera de nogal pecanero (*Carya illinoensis*
(Wangenh) K. Koch), atacado con el hongo con pudrición texana
(*Phymatotrichicum omnivorum*) y arboles sanos

POR:

LAURA RAMÓN VICENTE

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORES, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

COMITÉ PARTICULAR

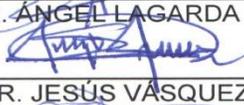
ASESOR
PRINCIPAL


M.C. GENOVEVA HERNÁNDEZ ZAMUDIO

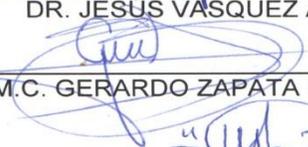
ASESOR

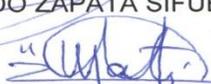

DR. ÁNGEL LAGARDA MURRIETA

ASESOR


DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

ASESOR


M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre 2015

AGRADECIMIENTOS

A DIOS en primera instancia a él más que a nadie porque con él soy todo y sin él soy nada, gracias padre por permitirme lograr uno de mis más grandes sueños por prestarme la vida necesaria para verme triunfar y cumplir en esta tierra una de mis misiones, te agradezco de todo corazón cada una de las bendiciones que as derramado sobre mi persona para tener la capacidad suficiente para romper cada uno de los obstáculos que ha habido en mi vida, nunca serán suficientes las palabras para agradecerte todas las maravillas que has hecho en mí y en mi familia, gracias por la hermosa madre que me diste que ha hecho todo lo posible y lo imposible por mí, gracias por cada uno de los integrantes de mi familia, por cuidarme desde siempre y más desde aquella tarde de julio 2011 que partí del hogar que me diste para vivir, para salir a buscar nuevos horizontes, buscando una oportunidad de superación y mejor estilo de vida, gracias por mantenerme con buena salud, por cobijarme y nunca dejarme sola, por esos abrazos que me diste al derramar lágrimas por estar lejos de mi familia en cada cumpleaños, por la familia de amigos que me diste al llegar a este lugar, por las experiencias vividas, por lo bueno y malo que me ha hecho crecer como persona, miles de gracias por tu amor y tu misericordia y por tu enorme paciencia para conmigo, por estar para mí en las buenas, en las malas y en las peores, gracias por hacerme hija tuya y poder tener el privilegio que puedas llamarme hija.... Todo honor y toda gloria para ti mi Señor.

A MI MADRE ANGELINA VICENTE TORRES sabes que eres la mujer más maravillosa que pueda existir en la faz de la tierra, con tu amor, tu ejemplo, tu paciencia, tus consejos y toda tu ternura has hecho de mi vida la mejor has guiado mi vida por el camino de Dios el camino de la Fe, y fue la mejor decisión que pudiste tomar gracias por permitirme llenarte de alegrías, te amo con todo mi

corazón eres la persona por la que soy y por la que seré para siempre, as luchado sin cansancio por esta meta que es de las dos, solo puedo decir que eres la mejor madre que mi Dios me pudo dar y si vuelve a existir otra vida me gustaría que tu volvieras a ser mi mamita chula sin duda Dios no se equivoca y tú, tu eres el amor de mi vida te amo hermosa...

A MI PADRE TEODORO RAMON BOLAÑOS, lejos de reprocharte tengo mucho que agradecerte viejo, ya que gracias a esos problemas me hice fuerte y a esos regaños me enseñaste a tomar el toro por los cuernos, a no dejarme de nadie y a que nadie me intimide y a no rajarme nunca, a colaboración tuya soy la mujer que ahora soy, ya que a pesar de todo siempre has estado conmigo en las buenas y en las malas, gracias por ayudarme a madurar y a tomar decisiones positivas en mi vida gracias por todo viejo te amo...

A MIS HERMANAS. ROXANA Y ELIZABETH RAMON VICENTE, gracias porque desde pequeñas ustedes siempre me hicieron fuerte, y en toda ocasión ha estado conmigo, en cada una de las necesidades de mi vida, gracias por esos consejos de hermanas mayores, por su amor infinito que me tienen, gracias por ser mis hermanas y las mejores amigas que puedo tener las amo...

A MI ABUELO MATERNO Y MI ABUELA PATERNA.... CRISTOBAL VICENTE CABRERA Y PAULA RAMON BENITEZ, por su bendición cada que solía despedirme de ellos y por todas sus oraciones que hicieron por mi gracias viejitos los adoro...

A MIS TIAS Y TIOS, PATRICIA, LILIANA, TERESA, MARGARITA, MARIA, DAVID Y CRISTOBAL VICENTE TORRES, por confiar en mí, por su gran amor y ternura que me han dado desde siempre en especial a patito gracias por tu apoyo moral y económico gracias por todo lo que has hecho por mi desde la secundaria eres mi segunda mama de todo corazón, por nunca negarme nada este triunfo también es tuyo, gracias tías y tíos fueron la mejor familia que me pudo tocar, los llevo siempre en mi corazón, los amo...

A MI ALMA TERRA MATER UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO. Muchos te reprochan y yo solo tengo palabras para agradecerte ya que en ti tuve la oportunidad de experimentar mi vida como universitaria, la mejor de las etapas de mi vida que he tenido hasta ahora, me diste de conocimiento, de comer, alojo y hasta me vestiste, me diste una familia de amigos y de maestros que siempre los llevare en mi corazón.

M.C GENOVEVA HERNANDEZ ZAMUDIO, de una manera cordial por ser la persona que es, por enseñarnos a que en la vida hay que luchar para poder conseguir lo que se quiere, por compartir sus conocimientos con nosotros en especial quiero agradecer por nunca haber sido frágil conmigo ya que el flojo no llega a parte alguna, gracias bióloga por dejarnos ver el gran ser humano que hay en usted, gracias por sus consejos sus regaños, por su mano dura y ser estricta ya que eso me ha servido para poder llenar las expectativas de las personas que confiaron en mí en el lugar a donde fui a realizar mis prácticas profesionales, de todo corazón, por la paciencia enorme que tuvo conmigo durante la realización de la tesis, por su comprensión y por cada una de sus palabras, por su asesoría mil gracias.

DR. ANGEL LAGARDA MURRIETA por su asesoría en mi tesis, aunque no me dio clases pero sé perfectamente que es un excelente profesor gracias por dedicarle tiempo a mis dudas Dios le bendiga eternamente.

DR. JESÚS VÁZQUEZ ARROYO por sus sabios consejos, por haber sido buen maestro y dejarnos ver esa gran persona, por llenarnos de su sencillez y ejemplo. Gracias por el tiempo que me dio clases, aprendí mucho de usted téngalo por seguro...

M.C GERARDO ZAPATA SIFUENTES le agradezco infinitamente el hecho de que más que un profesor fue un amigo, por sus consejos, su comprensión, asesoría y dudas aclaradas durante esta gran maravillosa estancia y ayudarme a concluir esta hermosa experiencia gracias Dios le colme de bendiciones siempre.

M.E. VICTOR MARTINEZ CUETO por dedicarse el tiempo que me brindo durante la realización del servicio social, fue hermoso convivir con alguien que ama tanto lo que hace y que tenga fe en que la agroecología está prosperando, es una excelente persona y muy buen ser humano Dios derrame tantas dichas de felicidad y prosperidad en su vida para que la siga compartiendo con los que lo apreciamos.

M.C IRMA NORA RODRIGUEZ MARTINEZ por permitirme llenarme de su sabiduría y de esa gran chispa de juventud que la caracteriza, sus consejos jamás los olvidare mil gracias.

A mis amigos más que eso a mis hermanos del alma, **GUADALUPE JANETH LÓPEZ HERNÁNDEZ**, mi china jamás olvidare todo lo que hemos vivido juntas ni mucho menos me cansare de agradecerle a Dios que te haya puesto en mi camino y en esa fila aquel día, ha sido tan hermosa nuestra historia que espero y sea eterna has sido la mejor amiga hermana que he tenido y siempre te llevare en mi corazón, a ti y a mi achel han sido de lo mejor que me ha pasado gracias por darme la oportunidad de ayudarte a criarlo y a tratarlo como si fuera hijo mío los amo. **EUSEBIO GUADALUPE SÁNCHEZ SÁNCHEZ** mi mekis eres el hermano que nunca tuve porque reímos lloramos gritamos cantamos y fueron tantas cosas bellas, con el que puedo hacer y deshacer a mi manera y hablar de todo tipo de cosas gracias, **NISELDI ROSA VÁZQUEZ RUIZ** mi rosa niselada que te puedo decir el convivir contigo fue algo muy grato el saber que podemos pelear para después reconciliarnos fue de las mejores aventuras que viví contigo gracias por dejarme entrar en tu vida y permitirme vivir al lado de mi hermosa gishi las amo muchísimo a las dos, **YONI ABRAHAM PÉREZ VERDUGO**, fuiste, eres y serás mi segundo hermanito, mil gracias por los consejos, regaños, experiencias compartidas, retos cumplidos, sueños, pero lo más importante gracias porque siempre fuimos nosotros mismos sin necesidad de ser alguien que no somos, siempre pediré a Dios por ustedes los amo...

AL ÚNICO Y GRAN AMOR DE MI VIDA

ERICK SANCHEZ RODRIGUEZ

Jamás me cansare de agradecerle a nuestro Dios el haberte puesto en mi camino, ya que me puso al hombre indicado para mí, que se ha desvivido por hacerme feliz, por estar conmigo en las buenas en las malas y en las peores, gracias goldo por sacrificarte por mí que te olvidaste de ti por satisfacerme y ayudarme a cumplir esta gran meta, el gran sueño de los dos, gracias por solo querer verme triunfar, este triunfo lo comparto contigo porque es para ti y por ti que contribuiste tanto para poder lograrlo te amo tanto, eres de las mejores bendiciones que Dios ha dado en mi vida y solo sé que quiero compartirla contigo. Por las experiencias vividas a tu lado que han sido las mejores, por ser mí amigo y confidente, por ayudarme a conocer lo que es el verdadero amor...

Hemos jurado amarnos hasta la muerte, y si los muertos aman, después de muertos amarnos más....

DEDICATORIA

A DIOS que me permitiste culminar este trabajo con salud y entera satisfacción, por haberme llenado de sabiduría y paciencia para poder terminar esto con amor todo lo que soy y lo bueno que haga te lo dedico señor...

A mis adorados y muy amados padres, **ANGELINA VICENTE TORRES Y TEODORO RAMÓN BOLAÑOS**, por su esfuerzo, amor y confianza, a ustedes les dedico mis triunfos porque se esforzaron en hacerme una persona de bien esto es por y para ustedes...

A mis hermanas, a mis tíos y tías que contribuyeron en cada una de las etapas de mi vida, que me ayudaron a corregir mi camino y llevarme por el camino del bien...

Para mi Ing. favorito **ERICK SANCHEZ RODRIGUEZ** por no haberme dejado sola en ningún instante y apoyarme siempre en todas mis decisiones...

Para mis asesores de tesis, **M.C GENOVEVA HERNANDEZ ZAMUDIO, DR. ANGEL LAGARDA MURRIETA, DR. JESUS VAZQUEZ ARROYO, MC GERARDO ZAPATA SIFUENTES**, por el trabajo y esfuerzo dedicado ya que fueron una parte fundamental para que este se realizara...

AL DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA, ya que en este me la pase durante cuatro años entrando y saliendo adquiriendo conocimientos que no el futuro si no en el presente ya los estoy aplicando agroecología eres la carrera del presente y fuiste la mejor carrera que pude tomar.

A mi **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, A MI ALMA TERRA MATER**, por haber brindado la oportunidad de cursar mis estudios superiores y de tener el gran orgullo de decir que soy una buitre...

A cada una de las personas que contribuyeron directa o indirectamente a la realización de este trabajo de tesis y a mi superación como profesionista.

A **MARY** a quien muy amablemente estuvo para nosotros y para apoyarnos durante el proceso de nuestros oficios y formatos para la tesis muchas gracias MARY eres la secre favorita de Agroecología que Dios te bendiga e ilumine junto a tu familia y pequeño bebe que viene en camino muchas gracias.

Al **Q.I. JUAN CARLOS MEJÍA CRUZ** a quien nos dedicó el tiempo necesario para explicarnos y apoyarnos durante el proceso de laboratorio sin su ayuda no hubiésemos podido sacar adelante el análisis que Dios los bendiga y siga siempre con su sencillez y buena persona muchas gracias.

A la **ING. LAURA BERENICE LOZANO OROPESA**, por su gran apoyo y ayuda que me brindo en las necesidades de computo, personas tan amables y sin esperar nada a cambio quedan muy pocas, Dios la bendiga eternamente.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	VI
INDICE DE CUADROS	X
INDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
I. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivo general.....	3
1.1.1. Objetivos particulares.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
II. LITERATURA REVISADA	4
2.1. ¿Que son las micorrizas? Concepto.....	4
2.2. Tipos de las micorrizas.....	4
2.2.1. Ectomicorrizas.....	5
2.2.2. Endomicorrizas.....	6
2.2.3. Ectendomicorrizas.....	6
2.2.4. Orquidaceae.....	6
2.2.5. Ericoides.....	7
2.2.6. Arbutoide.....	7
2.2.7. Monotropoide.....	8
2.2.8. Arbusculares.....	8
2.3. Hongos micorrízicos arbusculares.....	9
2.3.1. Clasificación taxonómica de los HMA.....	10
2.3.2. Característica general de los HMA.....	11
2.3.3. Características anatómicas particulares de cada género HMA.....	12
2.3.3.1. Glomus.....	12
2.3.3.2. Sclerocystis.....	13

2.3.3.3. Entrophospora	13
2.3.3.4. Acaulospora	14
2.3.3.5. Gigaespora.....	14
2.3.3.6. Scutellospora	14
2.3.4. Estructura de los HMA.....	15
2.3.4.1. Arbúsculo.....	15
2.3.4.2. Esporas.....	16
2.3.4.3. Hifas	16
2.3.4.4. Micelio	17
2.3.4.5 Vesículas	17
2.4. Reconocimiento entre planta y hongo micorrízicos Arbúscular	18
2.4.1. Desarrollo de la simbiosis	19
2.5. Beneficios de los hongos micorrízicos arbusculares en el Agroecosistema	21
2.6. <i>Carya Illinoensis</i> Koch	23
2.6.1. Características botánicas.....	24
2.6.2. Clasificación taxonómica del nogal pecanero <i>Carya Illinoensis</i> (<i>Wangenh k. Koch</i>) (<i>Brison, 1975</i>).	26
2.7. <i>Phymatotrichum omnivorum</i> Shear (<i>Duggar</i>).....	26
2.7.1. Características de la Enfermedad.....	27
2.7.1.1. Síntomas en el Follaje.....	28
2.7.1.2. Síntomas en la Raíz	29
2.7.1.3. Medidas de Prevención.....	32
2.7.1.3. Métodos de control	33
2.8. Importancia económica.....	33
2.8.1. Su cultivo en México	34
2.8.2. Su cultivo en la laguna.....	34
2.9. <i>Carya illinoensis</i> y HMA	35
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1. Localización geográfica del área.....	37
3.2. Descripción del experimento.....	37
3.2.1. Recolección de muestras de suelo y raíz.....	37
3.2.1.1 Área A	37

3.2.1.2 Área b.....	37
3.3 Aislamiento de esporas e identificación de HMA.....	38
V. DISCUSIÓN.....	50
VI. CONCLUSIÓN	53
VII. LITERATURA CITADA	54

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Número total de esporas obtenidas en 100 g de la rizósfera de cinco arboles de <i>Carya illinoensis</i> a profundidades de 30,60 y 90 cm. en arboles sanos y enfermos con el hongo <i>Phymatotrichum omnivorum</i> en la huerta Tierra Blanca, mpio. De Matamoros, Coah.....	40
Cuadro 2: ANAVA para el numero de esporas en arboles de nogal <i>Carya illinoensis</i> , sanos y enfermos con <i>Phymatotrichum omnivorum</i>	41
Cuadro 3: Géneros obtenidos en muestra sana y enferma atacada con <i>Phymatotrichum omnivorum</i>	45
Cuadro 4: Análisis Físicos y Químicos de las muestras obtenidas de la rizósfera de <i>Carya illinoensis</i> en el suelo sano.	48
Cuadro 5: Análisis Físicos y Químicos de las muestras obtenidas de la rizósfera de <i>Carya illinoensis</i> en el suelo infectado del hongo <i>Phymatotrichum omnivorum</i>	49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación de los principales tipos de micorrizas (Brundrett, 2004).	5
Figura 2: Clasificación general de los HMA (Brundrett, 2004).	11
Figura 3: Partes de un HMA (Varela and Trejo, 2001).	15
Figura 4: Esquema general de las estructuras desarrolladas por los hongos micorrizico arbusculares dentro y fuera de la raíz colonizada. Se ilustra el aspecto de (a) las esporas formadas en el micelio externo, (b) los arbusculos o estructuras de intercambio entre el hongo y la planta a nivel intracelular y (c) el entramado de hifas que constituye el micelio externo (Augé, 1991).....	19

Figura 5: Numero de esporas aisladas de 100 gramos de suelo de la rizósfera de <i>Carya illinoensis</i> a 30 cm de profundidad, en arboles sanos y enfermos con <i>Phymatotrichum omnivorum</i>	42
Figura 6: Número de esporas aisladas de 100 gramos de suelo de la rizósfera de <i>Carya illinoensis</i> a 60 cm de profundidad, en arboles sanos y enfermos con <i>Phymatotrichum omnivorum</i>	42
Figura 7: Número de esporas aisladas de 100 gramos de suelo de la rizósfera de <i>Carya illinoensis</i> a 90 cm de profundidad, en arboles sanos y enfermos con <i>Phymatotrichum omnivorum</i>	43
Figura 8: Número total de esporas en de las muestras sanas y enfermas en las tres diferentes profundidades.....	44
Figura 9: Diferentes géneros encontrados en la muestra sana de <i>Carya illinoensis</i> a 40x. Foto tomada por Ramón- Vicente, L.	46
Figura 10: Géneros encontrados en la muestra de <i>Carya illinoensis</i> , enferma atacada con el hongo <i>Phymatotrichum omnivorum</i> a 40x. Foto tomada por Ramón- Vicente, L.	47

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en una huerta de nogal pecanero de la propiedad tierra blanca, en ejido mieleras, municipio de matamoros Coahuila, México, ubicado entre 25° 25' norte, 103° 18' O con una elevación de 1200 msnm. Los arboles evaluados son del cultivar western de 55 años de edad, en época de cosecha y a una altura promedio de 14 metros. Los muestreos en época de fruto, en la rizosfera de *Carya illinoensis*, en arboles atacados con la enfermedad *Phymatotrichum omnivorum* y arboles libres de este hongo con el objetivo de determinar e identificar la presencia de los géneros de hongos micorrizicos arbusculares, evaluando el grado de micorrización natural en raíces de nogal pecanero, muestreándose 5 árboles libre del hongo *Phymatotrichum omnivorum* y otros 5 atacados con este, a cada uno se le obtuvieron tres tipos de muestras a diferentes profundidades 0-30, 30-60, 60-90 cm obteniendo 500 g aproximadamente de suelo, las cuales se procesaron para la obtención de esporas por el método de decantación y tamizado, continuando con el método físico-químico de suelo. Los géneros obtenidos a través de la identificación de las esporas en la muestra sana donde predominó el género *Glomus* seguidos por *Acaulospora*, *Gigaespora*, y al igual en la muestra enferma fue la *Glomus* continuando *Gigaespora*, *Acaulospora*, *Sclerocystis*, encontrando mayor población de esporas en la muestra sana que en la muestra enferma atacada por el hongo *Phymatotrichum omnivorum* (Shear Duggar), haciendo referencia que cada uno de estos suelos tiene diferente rango de materia orgánica y pH. Esta investigación fue realizada durante el mes de octubre época de cosecha del fruto del nogal.

Palabras clave: Hongos Micorrízicos Arbusculares, *Carya Illinoensis*, *Phymatotrichum omnivorum* (Shear Duggar), Rizosfera.

ABSTRACT

This work was performed in a pecan orchard of white -owned land in Mieleras ejido, municipality of Matamoros Coahuila, Mexico, located between 25 ° 25 'N , 103 ° 18 ' W at an elevation of 1200 meters. The trees are the cultivar western evaluated 55 years of age, at harvest time and at an average height of 14 meters. Sampling in times of fruit, in the rhizosphere of *Carya illinoensis* in trees attacked with disease -free trees *Phymatotrichum omnivorum* of this fungus in order to determine and identify the presence of the genera of arbuscular mycorrhizal fungi, evaluating the degree of natural mycorrhizae in root pecan , free trees being sampled five *Phymatotrichum omnivorum* fungus and another 5 attacked with this , everyone will be three types of samples obtained at different depths 0-30 , 30-60 , 60- 90 cm obtaining approximately 500 g of soil, All were processed to obtain spores by settling and screening method , continuing the physico-chemical soil. Gender obtained through identification of spores in healthy shows the genus *Glomus* predominated followed by *Acaulospora*, *Gigaespora*, and like in the sample was sick continuing *Gigaespora* *Glomus*, *Acaulospora*, *Sclerocystis*, finding spore population in the sample than in the healthy attacked by the fungus *Phymatotrichum omnivorum* diseased sample (Duggar Shear), Referring to each of these soils has different range of pH and organic matter. This research was conducted during the month of October during harvest the fruit of the walnut.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal fungi, *Carya Illinoensis*, *Phymatotrichum omnivorum* (Shear Duggar) rhizosphere.

I. INTRODUCCION

La micorriza es una simbiosis que establece aproximadamente 5000 especies de hongos y más del 90% de las especies de plantas vasculares. La simbiosis micorrízica es muy importante para la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales de regiones tropicales, templadas y boreales del planeta (Pérez-Moreno y Read, 2004). Se trata de una asociación mutualista entre las raíces de las plantas y el micelio de los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) que pertenece al Phylum *Glomeromycota* (López, 1998).

En las asociaciones de micorrizas, el micelio del hongo se extiende fuera de la raíz y de esta manera la planta puede indirectamente explorar un mayor volumen de suelo (Sanders y Tinker, 1971; Hartley y Smith, 1983). Los hongos micorrizicos reciben fotosintatos producidos por la planta y a cambio, esta aumenta la capacidad de absorción de los minerales, y la captación de agua. Aunque no es la función principal de la simbiosis se ha observado que las plantas con los HMA reciben protección contra patógenos en relación con sus homólogos no micorrizadas en estudios experimentales. Se ha propuesto varios mecanismos para explicar cómo surge esta protección, los estudios sugieren que las diferentes especies de los HMA varían tanto en la expresión de rasgos asociados como en alguno de sus mecanismos y en su capacidad de proteger a las planta huésped de los patógenos (Hort and Reader, 2002; pozo and Azcón-Aguilar, 2007).

La protección que los HMA dan a sus plantas huésped contra patógenos es mayor conforme la diversidad de estos hongos sea más grande; este concepto podría ser

análogo (o incluso contribuirá) las relaciones positivas observadas entre la riqueza de especies de los HMA y el crecimiento de las plantas o la diversidad y la productividad de las comunidades de plantas asociadas con estos conjuntos (van der heijden, et al 1998).

De las especies de plantas que cuentan con este beneficio está el nogal pecanero (*Carya illinoensis* K. Koch), lo que permite al árbol la optimización en la toma de nutrientes del suelo por la raíz, mejorando así la eficiencia productiva de éste (Schenck, 1989).

Se debe agregar que de las enfermedades que atacan al nogal pecanero se encuentra la pudrición de la raíz causada por el hongo *Phymatotrichum omnivorum* (Shear Duggar), está presente en la mayoría de las huertas en las áreas desérticas del norte de México que incluye los Estados de Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo León, Durango, Tamaulipas y San Luis Potosí. Los nogales enfermos tienen menor crecimiento, reducen su producción, y pueden morir o transmitir la enfermedad a los árboles contiguos (Streets y Bloss., 1973).

Sin embargo los datos de las interacciones de los HMA con el hongo *P. omnivorum* son escasos. Debido a que no existe un estudio de la comparación de la diversidad de los HMA en la rizosfera de los arboles sanos y enfermos por eso el objetivo de esta investigación fue comparar la diversidad de los HMA en la rizosfera de *C. illinoensis* con *P. omnivorum* (Shear Duggar), y arboles sanos a distintas profundidades.

1.1. Objetivo general

Comparar la diversidad de género de HMA en la rizósfera de árboles de nogal pecanero (*Carya illinoensis*), sanos y enfermos de *Phymatotrichum omnivorum*.

1.1.1. Objetivos particulares

- Conteo de porcentaje de esporas de hongos micorrízicos arbusculares en la rizósfera del nogal pecanero *Carya illinoensis*.
- Determinar la presencia e identificar los géneros de hongos micorrízicos arbusculares en raíces de *Carya illinoensis*.

1.2. Hipótesis

Existirá un mayor número de géneros de hongos micorrízicos arbusculares en las muestras de la rizósfera de árboles sanos de *Carya illinoensis* que los infectados con el hongo *Phymatotrichum omnivorum* (*Shear Duggar*).

II. LITERATURA REVISADA

2.1. ¿Que son las micorrizas? Concepto

Las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas que se establecen entre plantas y hongos del suelo. Probablemente se trate del tipo de simbiosis más extendido en la biosfera, ya que entorno al 90 % de las plantas terrestres son capaces de establecer algún tipo de micorrizas (Smith S, 1997).

El hongo ayuda a la planta a absorber nutrientes minerales del suelo y a cambio la planta le cede al hongo compuestos carbonados derivados de la fotosíntesis. El mantenimiento de esta asociación simbiótica se debe principalmente al papel crucial que el hongo desempeña en la nutrición mineral de la planta colonizada, de forma que fue posiblemente el establecimiento de esta simbiosis lo que posibilitó la colonización de la superficie terrestre por las plantas (Simon *et al.*, 1993; Redecker *et al.*, 2000).

Sin embargo, el papel de las micorrizas no sólo se limita a mejorar la nutrición mineral de las plantas, sino que también contribuyen a la protección de las mismas frente a patógenos del suelo y a una mayor tolerancia frente a estreses abióticos (Van Tichelen *et al.*, 2001; Azcón-Aguilar *et al.*, 2002; Ruiz-Lozano, 2003).

2.2. Tipos de las micorrizas

Son varios los tipos de micorrizas que se distinguen actualmente, todos ellos están basados en las características de la infección y en los organismos mutualistas que

la establecen (Hartley y Smith, 1983). Harley (Bethlenfalvay *et al.*) distinguen principalmente dos grandes tipos de micorrizas: Ectomicorrizas (micorriza ectotrófica) y Endomicorrizas (micorriza endotrófica), y un tercer grupo que podría considerarse a medio camino entre estos dos grupos anteriores que se muestra en la figura 1:

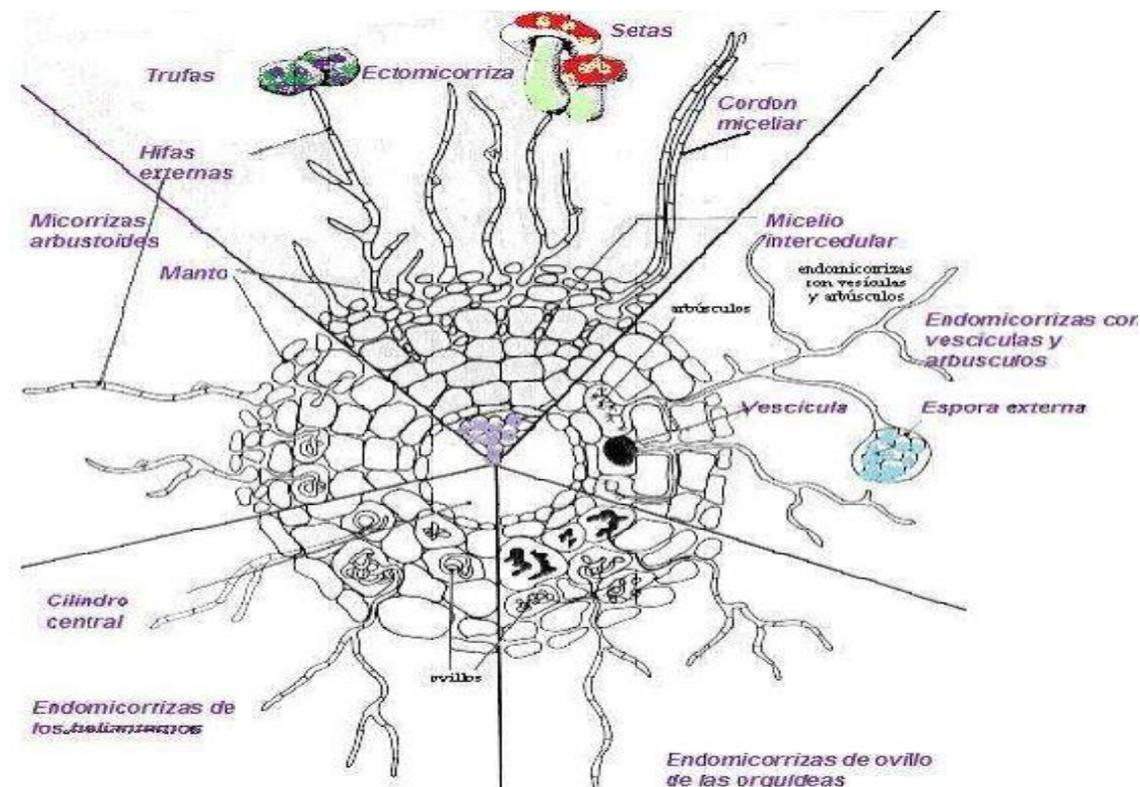


Figura 1: Representación de los principales tipos de micorrizas (Brundrett, 2004).

2.2.1. Ectomicorrizas

Suponen aproximadamente un 3 % de las asociaciones micorrízica (Marjanovic *et al.*, 2005) y se presentan principalmente en especies de interés forestal: *Fagáceas*, *Pináceas*, *Betuláceas*, *Quercíneas*, *etc....* Se caracterizan porque las hifas del hongo (normalmente un basidiomiceto y también algunos ascomicetos)

no penetran en el interior de las células vegetales, sino que se limitan a desarrollarse entre los espacios intercelulares del córtex de la raíz, formando la denominada red de Hartig. La superficie de la raíz queda rodeada por un entramado denso de hifas que constituyen el denominado “manto” (Zhang *et al.*, 2014).

2.2.2. Endomicorrizas

Se caracterizan porque no forman manto y las hifas penetran en las células de la epidermis y/o del córtex de la raíz (Ruiz-Lozano, 2003).

2.2.3. Ectendomicorrizas

Son las menos extendidas y presentan características comunes con los otros dos tipos generales de micorrizas, ya que pueden formar un manto más o menos desarrollado, red de Hartig y existe una ligera penetración de las hifas en las células de la corteza, en las que forman enrollamientos u ovillos (Yu *et al.*, 2001).

2.2.4. Orquidaceae

Formada por basidiomicetos y plantas de la familia *Orquidaceae*. En esta asociación, la planta, que presenta una fase heterótrofa en su ciclo de vida, recibe compuestos carbonados a partir del hongo (Strack *et al.*, 2003; Smith, 2009). Éste penetra en las células de la raíz, invagina la membrana y forma ovillos dentro de la célula, así como agregados de hifas poco estructurados, conocidos como

“pelotones”, que al degenerar liberan los nutrientes que contienen (Smith y Read, 1997).

2.2.5. Ericoides

Formada por ascomicetos o basidiomicetos y plantas de la familia de las *Ericáceas*. El componente fúngico de esta simbiosis presenta una gran versatilidad en el uso de distintas fuentes de C, N y P, orgánicas o no, lo que contribuye significativamente a la capacidad de las plantas que forman este tipo de micorrizas para crecer en suelos con un alto contenido orgánico (Pearson y Read, 1975; Rivera-Becerril *et al.*, 2002).

2.2.6. Arbutoide

Es un tipo de *Ectendomicorrizas*, pues se observa que simultáneamente el hongo penetra las células radicales de la planta y forma la red de Hartig (Schüler, 2000). Se presenta en plantas de los géneros *Arctostaphylos*, *Arbutus* y *Pyrola*, integrantes del orden Ericales, comúnmente conocidas como madroños. Los hongos asociados son siempre *Basidiomycotina*; se han reportado especies de los géneros *Hebeloma*, *Laccaria*, *Poria*, *Rhizopogon*, *Pisolithus*, *Thelephora*, *Piloderma*, *Cenococcum* y *Lactarius*. Generalmente los hongos que forman micorriza arbutoide son capaces de formar *Ectomicorrizas* si interactúan con plantas del género *Pinus* (Peterson y Bonfante, 1994).

2.2.7. Monotropoide

Es otro tipo de *Ectendomicorrizas* que se caracteriza por establecerse solamente entre plantas de la familia *Monotropaceae* (perteneciente al orden *Ericales*), la cual tiene 10 géneros de plantas pequeñas completamente aclorófilas (sin clorofila), por lo que dependen mucho del hongo asociado para obtener nutrimentos. Las plantas asociadas son de los géneros *Sarcodes*, *Pterospora* y *Monotropa*. Los hongos asociados son siempre del grupo *Basidiomycotina*, principalmente de los géneros *Lactarius*, *Russula*, *Suillus* y *Rhizopogon* (Rivera-Becerril *et al.*, 2002).

Las semillas de las plantas del género *Monótropa* son pequeñas y presentan dificultades para germinar en ausencia de hongos asociados. Por otro lado, se ha observado que el hongo que forma micorriza *monotropoide* es capaz de colonizar las raíces de árboles cercanos (uno a dos metros) principalmente de los géneros *Pinus* y *Picea*, y transportar nutrimentos desde el árbol a las plantas aclorófilas (Bougher *et al.*, 1996).

2.2.8. Arbusculares

Las micorrizas arbusculares las forman entre el 80 y el 85 % de todas las plantas terrestres (Pérez-Moreno y Read, 2004) y los hongos del Phylum *Glomeromycota* (Schüler *et al.*, 2001) . El hongo es capaz de penetrar las células del córtex de la raíz, en las que se ramifica dicotómicamente de forma repetida para dar lugar a los arbusculos, estructuras típicas de la colonización de estos hongos. Antes se conocían también como vesículo-arbusculares, en base a unas estructuras

globosas, las vesículas, que contienen sustancias de reserva y que forman algunas especies de hongos micorrizicos en el interior de la raíz. Sin embargo, dado que no todas las especies de hongos micorrizicos son capaces de formar vesículas, es término ha caído bastante en desuso (Valot *et al.*, 2006).

2.3. Hongos micorrízicos arbusculares

Los HMA son microorganismos rizósfericos (Carvalho *et al.*, 2010), biotrófos obligados, cuyo desarrollo depende de la asociación mutualista, que se lleva a cabo entre el hongo y las raíces de las plantas hospederas (Zhang *et al.*, 2012). Se considera que pueden formar simbiosis con el 80 % de las plantas terrestres, al asociarse con *Angiospermas*, *Gymnospermas*, *Pteridofitas* y *Briófitas* (Carvalho *et al.*, 2010).

Una vez que se lleva a cabo la asociación, los HMA desarrollan arbusculos que son estructuras de intercambio de carbono y de minerales entre el hongo y la planta. Algunos hongos también forman vesículas en el micelio interno, las cuales son estructuras de reserva del hongo (Árciga, 2008).

Los factores de ineffectividad y efectividad del hongo influyen en la determinación de esta asociación (Guerra, 2008). El factor ineffectividad, se relaciona con la capacidad que tiene el hongo para penetrar e invadir la raíz de las plantas y con ello lograr una amplia exploración del suelo. El factor efectividad se refiere a la mejora que presentan las plantas que han sido infectadas previamente por el hongo (Tapia *et al.*, 2010).

Los HMA se encuentran en todo tipo de ecosistemas terrestres, por lo que existen cepas adaptadas a cualquier región y a diferentes condiciones ambientales, las cuales determinan el favorecimiento o el des favorecimiento de dicha asociación (Azcón-Aguilar *et al.*, 2002).

El tema de la evolución no ha dejado exento a ningún ser vivo y se ha sugerido que los diferentes HMA han evolucionado de manera independiente y complementarios entre sí, ya que diferentes familias suelen ser mayormente efectivas para una función determinada, tal es el caso de la familia *Glomeraceae* que es específica en la protección de la planta contra patógenos, mientras la familia *Gigasporaceae* favorece la disponibilidad y absorción del fósforo. Por lo anterior se plantea que interacciones entre diferentes especies de HMA con algún cultivo vegetal, puede resultar alentador en sistemas de producción agrícola (Martínez y Pugnaire, 2009).

2.3.1. Clasificación taxonómica de los HMA

Los HMA pertenecen a la clase de los *Zygomycetos* (Figura 2); al orden de los *Glomales*; y al suborden *Glomineae*; existen 4 familias las cuales son *Paraglomaceae* (género: *Paraglomus*), *Archaeosporaceae* (género: *Archaeospora*), *Glomaceae* (género: *Glomus*), *Acaulosporaceae* (géneros: *Entrophospora* y *Acaulospora*). Al Suborden *Gigasporineae*, pertenece la familia *Gigasporaceae* (géneros: *Gigaspora* y *Scutellospora*) (Alarcón *et al.*, 2000).

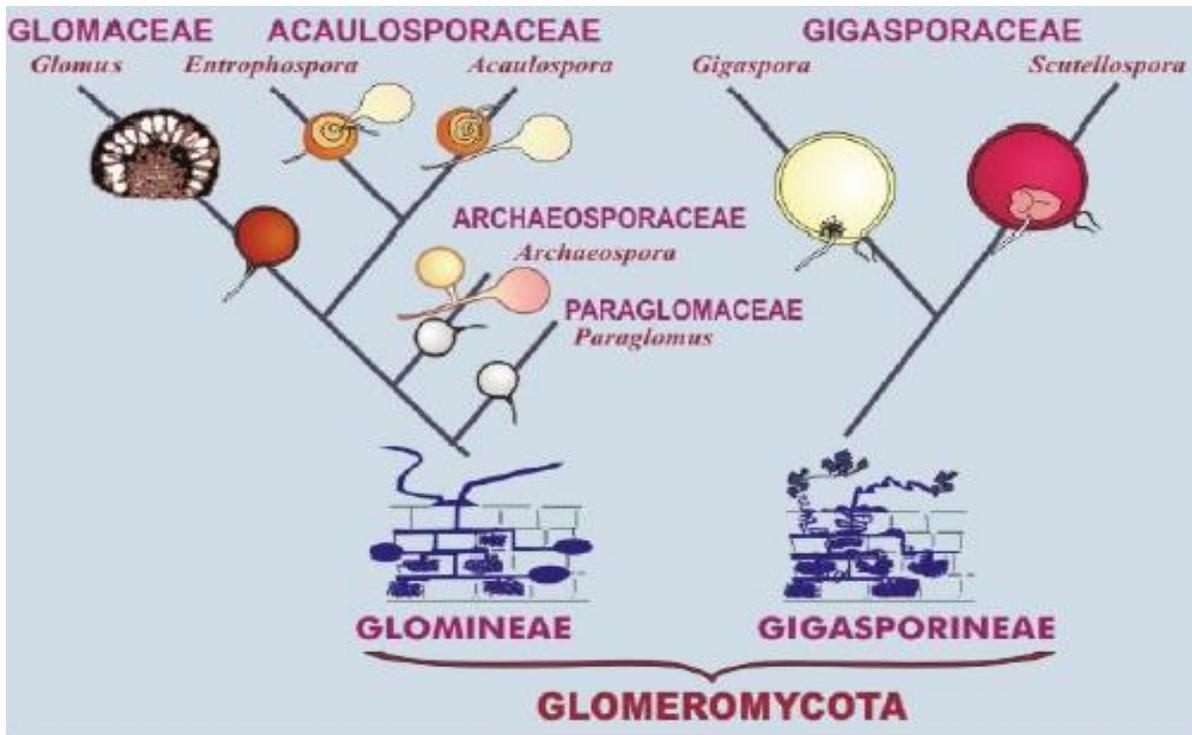


Figura 2: Clasificación general de los HMA (Brundrett, 2004).

2.3.2. Característica general de los HMA

El hongo MA es un biotrofo obligado que solo se puede mantener con una planta hospedera (Azcón-Aguilar *et al.*, 2002). Las esporas son parte de dichos hongos, estas al no tener condiciones óptimas para su desarrollo pueden entrar en una etapa de latencia, mediante el engrosamiento de su pared, hasta que las condiciones ambientales sean apropiadas para su desarrollo (Martínez y Pugnaire, 2009).

Los hongos producen esporas o clamidosporas que son células reproductoras producidas asexualmente, que permiten la dispersión y supervivencia por largo tiempo en condiciones adversas y que se podrían “comparar” con las semillas que

producen las plantas (Zhang *et al.*, 2012). Son la parte más conspicua de estos hongos, no son visibles a simple vista se requiere de un microscopio para su observación (Varela y Trejo, 2001).

La producción de esporas de estos hongos puede ser individualmente en el suelo, en el interior de las raíces de la planta hospedera, o formando densas masas no estructuradas o bien en esporocarpios en o cerca de la superficie del suelo (Schüler, 2000). En su mayoría, son de forma globosa (esférica) pero algunas especies tienen esporas ovaladas u oblongas; de ellas se desprende una hifa de sustentación que en conjunto dan la apariencia de un globo con su hilo colgando. Las esporas son de diferentes colores: blancas, amarillas, pardas, magenta, etc. y su tamaño puede variar de 20 a 50 μm , y en las más grandes de 200 a 1000 μm (Schüler *et al.*, 2001).

2.3.3. Características anatómicas particulares de cada género

HMA

2.3.3.1. Glomus

Las esporas se producen en el ápice de las hifas o intercaladas en el micelio. Las esporas maduras conservan restos del micelio que les dio origen en forma de una “hifa de sostén” que en el punto de unión con la espora es recta o cónica (Alarcón *et al.*, 2000). Las esporas pueden poseer pared estructural y paredes internas o solo estructural, así mismo algunos de los extractos de la pared pueden cambiar de color al adicionar reactivo de mezler, ya que contiene yodo y puede producirse

una reacción destrinoide (cambio de color a rosa, rojo, magenta o purpura) característica de especies particulares (Sharmah *et al.*, 2010). La germinación de este género se da por la emergencia de una o varias hifas que atraviesan las paredes de la espora o bien por el lumen de la hifa de sostén. Este género está representado por más de 100 especies de HMA y, por tanto, es el que tiene mayor número de especies en el grupo (Tapia *et al.*, 2010).

2.3.3.2. Sclerocystis

En este género las esporas forman agrupaciones de esporas más o menos compactas, conocidas como esporocarpios, los cuales se caracterizan por presentar una masa semicompacta de hifas en su parte central, llamada plexo, así mismo, en algunos casos es posible observar una cubierta compacta o laxa de hifas denominada peridio (Varela y Trejo, 2001).

2.3.3.3. Entrophospora

En este caso las esporas se producen intercaladamente a la hifa, que en uno de sus ápices se ensancha o infla a manera de globo formado lo que se conoce como sáculo (Zhang *et al.*, 2012). Las esporas maduras pierden los restos de la hifa que se les dio origen y a cambio conservan dos cicatrices como señal de ello, una opuesta a la otra. Las esporas pueden poseer paredes estructurales e internas o solo estructurales (Brundrett, 2004).

2.3.3.4. Acaulospora

En este género las esporas se producen de manera lateral a la hifa de sostén, la cual, como en el caso de *Entrophospora* se encuentra ensanchada en su ápice (Brundrett, 2004). En las esporas maduras se pierden la totalidad de la hifa de sostén y a cambio queda en la pared estructural de la espota una cicatriz. Las esporas poseen paredes estructurales injertas o solo paredes estructurales, algunos cuyos extractos pueden cambiar de color con el reactivo de mezler (Bago *et al.*, 2000).

2.3.3.5. Gigaespora

Las esporas de este género se producen apicalmente a partir de una hifa de sostén ligeramente ensanchada en su ápice, a manera de bulbo (Brundrett, 2004). Las esporas poseen solo pared estructural, la cual generalmente incluye dos o tres extractos, alguno de los cuales cambia de color con el reactivo de mezler (Bago *et al.*, 2000). La última característica importante de este género es que previamente a la germinación se produce un extracto interno adicional, altamente papilado, conocido como extracto germinal (Harris *et al.*, 2009).

2.3.3.6. Scutellospora

Como en el caso de *Gigaespora*, las esporas se producen apicalmente a partir de una hifa de sostén en forma de bulbo (Harris *et al.*, 2009). Pero, a diferencia de *Gigaespora*, las esporas siempre poseen paredes estructurales externas y algunos

de los extractos cambian de color con el reactivo de mezler (Martínez y Pugnaire, 2009).

2.3.4. Estructura de los HMA

Las estructuras del mico-simbionte que se extienden dentro de la raíz de la planta hospedadora y en el sustrato circundante, son características de cada tipo de micorriza y sirven para su diferenciación (Allen, 1991) (Fig. 3).

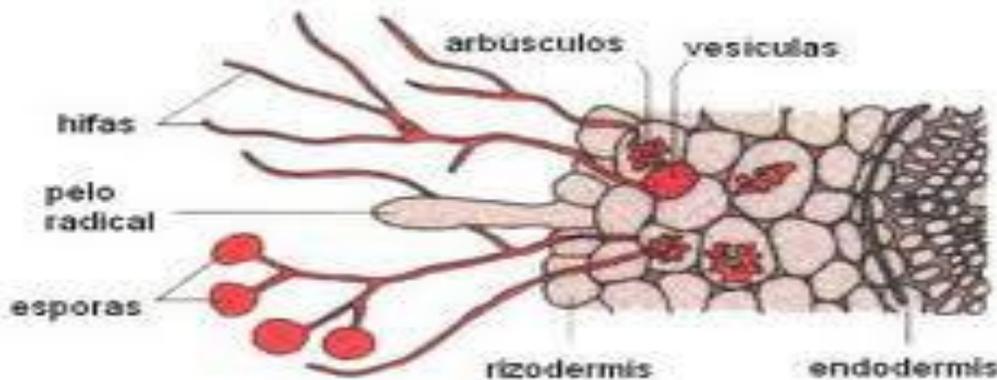


Figura 3: Partes de un HMA (Varela and Trejo, 2001).

2.3.4.1. Arbúsculo

Los hongos MVA al ponerse en contacto con la raíz forman una estructura sobre las células epidérmicas vegetales conocida como “apresorio” y a partir de este cuerpo se producen las hifas que son filamentos tubulares, que penetran la epidermis radicular hasta llegar a la endodermis sin atravesarla, allí comienza su ramificación para formar los arbusculos, que tienen un tamaño comparable al de las mitocondrias y su vida aproximada es de 1 a 3 semanas, después de lo cual se

colapsa y parte de él se reabsorbe hacia el citoplasma hifal y el resto de componentes permanecen en la célula hospedera, rodeados por el plasma lema (Azcón-Aguilar *et al.*, 2002).

2.3.4.2. Esporas

Se forman sobre el micelio extramático y son órganos de conservación sexual o asexual de las MVA (Azcón-Aguilar *et al.*, 2002). Formadas en el extremo o no de una hifa, con características propias que constituyen la única estructura externa que puede permitir el reconocimiento morfológico de las especies de las Micorrizas Vesícula Arbúscular (Peterson y Bonfante, 1994; Flores-Gomez *et al.*, 2008). Las esporas se dividen en dos grupos: las Clamidosporas que son células especializadas formadas de manera asexual y que agrupa a los géneros *Glomus* y *Sclerocystis*. Y las azigosporas que son esporas formadas sexualmente y que agrupa a los tres géneros: *Gigaespora*, *Acaulospora* y *Entrophospora* (Redecker *et al.*, 2000).

2.3.4.3. Hifas

Son ramificaciones fúngicas que se extiende horizontal y verticalmente en el suelo, favoreciendo el acceso y la asimilación de nutrimentos alejados de la planta con la cual forma simbiosis (Alarcón *et al.*, 2000).

2.3.4.4. Micelio

Componente importante en la simbiosis, formado por las hifas principales, gruesos y ramificados dicotómicamente, así como por hifas también ramificadas, siendo las encargadas de la absorción del fósforo y otros nutrientes de lugares donde las raíces no pueden acceder por sí mismas. Pero cuando el sustrato se agota el citoplasma de las hifas finas se retrae hacia la hifa principal donde se forman septos (Redecker *et al.*, 2000).

2.3.4.5 Vesículas

componente importante en la simbiosis, formado por las hifas principales, gruesos y ramificados dicotómicamente, así como por hifas también ramificadas, siendo las encargadas de la absorción del fósforo y otros nutrientes de lugares donde las raíces no pueden acceder por sí mismas (Peterson y Bonfante, 1994; Redecker *et al.*, 2000). Pero cuando el sustrato se agota el citoplasma de las hifas finas se retrae hacia la hifa principal donde se forman septos. Este fenómeno puede ser un indicador de deficiente aireación y/o agotamiento de nutrientes del suelo, entre otros (Azcón-Aguilar *et al.*, 2002).

2.4. Reconocimiento entre planta y hongo micorrízicos Arbúscular

La factibilidad de la relación entre los Hongos Micorrizicos Arbusculares (HMA) con las plantas, se lleva a cabo por medio de señales específicas bioquímicas y genéticas, en las fases del desarrollo de la simbiosis, las cuales participan en el reconocimiento, la colonización y el intercambio de nutrientes. La simbiosis de HMA con las plantas, necesita del reconocimiento y armonización de procesos complejos que permitan el establecimiento de la simbiosis entre el hongo y la planta (Ramírez y Rodríguez, 2010).

La planta es el organismo que controla la simbiosis, y es ella quien envía la primera señal de reconocimiento que permite la entrada del HMA al interior de sus células (Ramírez y Rodríguez, 2010), ya que disminuye la actividad de su sistema de defensa, propiciando el ingreso del hongo a su interior. No se ha comprobado si el hongo genera sustancias que debiliten el sistema de defensa de la planta (Sharmah *et al.*, 2010)

La colonización de las raíces por parte del hongo micorrizico Arbúscular, implica el desarrollo de diferentes estructuras fúngicas como son: hifa interna, arbusculos y vesículas, las cuales se forman dentro de las raíces hospederas de la planta (Fitze *et al.*, 2005).

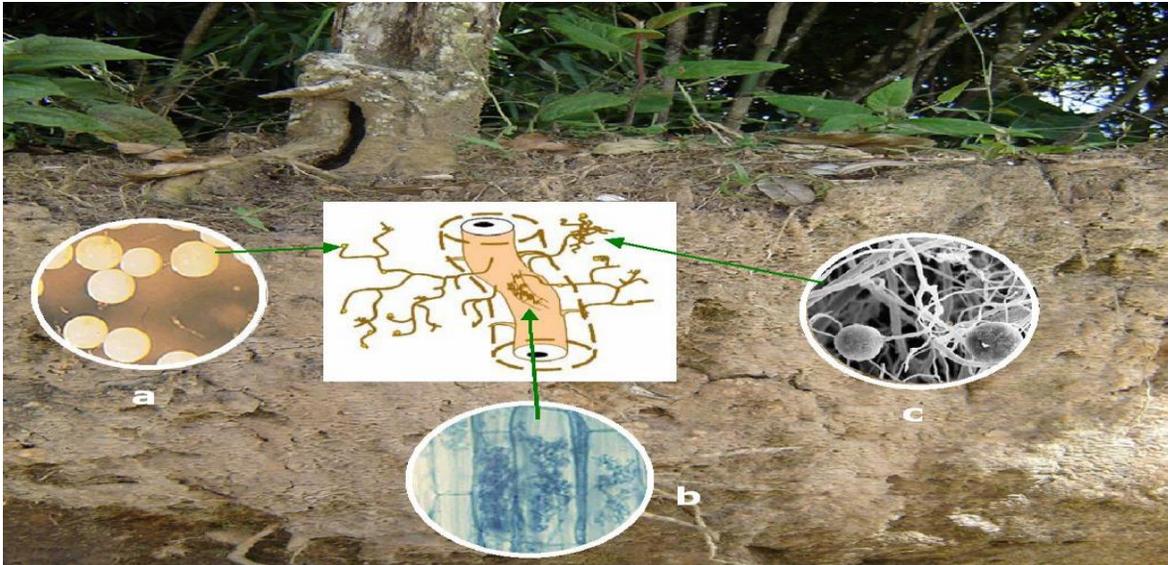


Figura 4: Esquema general de las estructuras desarrolladas por los hongos micorrizico arbusculares dentro y fuera de la raíz colonizada. Se ilustra el aspecto de (a) las esporas formadas en el micelio externo, (b) los arbusculos o estructuras de intercambio entre el hongo y la planta a nivel intracelular y (c) el entramado de hifas que constituye el micelio externo (Augé, 1991)

2.4.1. Desarrollo de la simbiosis

En el establecimiento de la micorriza Arbuscular, el hongo experimenta tres fases de desarrollo: la simbiótica, la pre simbiótica y la simbiótica (Fitze *et al.*, 2005).

La fase simbiótica, se caracteriza por la germinación de la espora y producción mínima de micelio, fenómeno que ocurre en ausencia de la planta (Guerra, 2008).

En esta fase el hongo vive del reservorio de triaglicéridos (Sharmah *et al.*, 2010).

La fase presimbiótica es estimulada por exudados de raíz, se caracteriza por la ramificación extensa de hifas, en la cual el hongo entra en contacto con la superficie de la raíz, formando un apresorio en la epidermis, previo a la penetración hifal (De la Rosa, 2009). El apresorio es la estructura fúngica

responsable de la penetración al tejido radical, que genera una reorganización en el citoplasma (Martínez y Pugnaire, 2009).

La fase simbiótica se lleva a cabo en las células corticales de la raíz, implica la formación de arbusculos intracelulares (estructuras ramificadas) y producción de micelio extra radical esporulativo (Brundrett, 2004). La colonización fúngica de la célula lleva al desarrollo de arbusculos, que se caracterizan por ser la interface raíz-hongo, y sitio del intercambio de nutrientes y metabolitos (De la Rosa, 2009).

Al llevarse a cabo la simbiosis mutualista, la planta proporciona entre un 4 y un 20 % del total de los fotoasimilados para el mantenimiento de dicha asociación (Bago *et al.*, 2000; Schüler, 2000).

Existen diversos factores que pueden dañar la micorriza Arbuscular, entre los principales se encuentran: las prácticas culturales agrícolas (uso irracional de fertilizantes), aplicaciones de pesticidas, rotaciones de cultivos, así como los factores ambientales (Guerra, 2008).

2.5. Beneficios de los hongos micorrízicos arbusculares en el Agroecosistema

Los HMA tienen un papel importante en el mantenimiento de la biodiversidad en comunidades naturales, como consecuencia de sus diferentes efectos sobre las plantas y la rizosfera (Schüler *et al.*, 2001).

Son múltiples los beneficios que brindan los HMA a las plantas y al recurso suelo (Redecker *et al.*, 2000), ya que se han estudiado desde diferentes perspectivas en diferentes cultivos y bajo diferentes condiciones bióticas y abióticas, encontrándose resultados alentadores desde diferentes perspectivas (Peterson y Bonfante, 1994).

Entre los principales efectos de los HMA se encuentra el favorecimiento de la nutrición vegetal (Azcón-Aguilar *et al.*, 2002; Zapata *et al.*, 2007), principalmente en N y P (Harris *et al.*, 2009), y pueden llegar a aportar el 80 % de P, 25 % del N, 10 % del K, 25 % del Zn y 60 % del Cu, incremento de la capacidad de resistencia hídrica (Azcón-Aguilar *et al.*, 2002; Zapata *et al.*, 2007); aumento en la productividad agrícola (Flores-Gomez *et al.*, 2008), la estabilidad de los suelos (Guerra, 2008), disminución del ataque patogénico en cultivos de interés económico (lucha por hábitat), incremento en la síntesis de sustancias de pigmentación (Árciga, 2008).

Van der Heijen *et al.* (1998), demostraron que ciertos HMA tienen efecto directo ante la biodiversidad de las plantas y el funcionamiento del ecosistema. También comprobaron que los HMA mejoran la asimilación de nutrientes en diferentes cultivos, lo que fortalece los sistemas de producción.

2.6. *Carya Illinoensis* Koch

La nuez pecanera es originaria del norte de México y sureste de los Estados Unidos de América. Los colonizadores españoles llamaron “Nogal” al árbol pecanero y a su fruto la pecana” le llamaron “nuez”. El nombre de pecana o pecanera es derivado del vocablo indígena *Algonquin* que le da el nombre de *Pakan*” que significa nueces tan duras que requieren una piedra para quebrarlas (Brison, 1976a). Por miles de años, la nuez fue una de las principales fuentes de alimento para los indios americanos (Tait, 1996). Por su clasificación botánica pertenece a la familia: *Juglandaceae* y su nombre científico es: *Carya illinoensis* Koch (Brison, 1976a).

Su conocida nuez pecanera es la semilla de su fruto, que se encuentra dentro de una cáscara indehisciente o endocarpio leñoso, formada de dos lóbulos carnosos comestibles. A diferencia de otras nueces, la nuez pecanera (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch) puede distinguirse por su cáscara delgada, denominada también “cáscara de papel”, misma que facilita el proceso de “quebrado”, esta nuez se caracteriza por un sabor y aroma agradable. México es el segundo productor mundial de Nuez Pecanera después de Estados Unidos, se cosecha entre octubre y diciembre con las variedades *Western*, *Wichita* y *criollas*, principalmente (Wakeling *et al.*, 2001).

Rica en ácidos grasos mono y poli insaturados, como los Omega 3 y Omega 6, mismos que tienen funciones protectoras en la prevención de coágulos de sangre y reducen el riesgo de cardiopatía coronaria, además contribuyen en el desarrollo

normal del sistema nervioso, la nuez pecanera, al mismo tiempo, es fuente de proteína rica en arginina, fitoesteroles y compuestos fitoquímicos, contiene vitamina E, vitaminas del Complejo B y Hierro (NOM-043-SSA2, 2005).

Las variedades de nueces *Western, Wichita, Mahan, Sioux, Choktaw, San Saba, Cherokee, Pawnee*, son nueces de tamaño mediano a grande, de cáscara delgada y blanda. Las nueces “criollas” denominadas así aquellas que provienen de árboles que no son injertados, o bien, injertados con material vegetativo identificado como nativo, ejemplo: “RG”, “Frutoso” y “Agosteño”, nativos de Rayones, N. L., Parras de la Fuente, Coahuila y Comarca Lagunera (Coahuila y Durango), respectivamente, generalmente son nueces pequeñas y medianas, de cáscara gruesa y dura comparadas con las variedades antes mencionadas (Tarango, 2006).

2.6.1. Características botánicas

El nogal pecanero es una planta dicotiledónea, de raíz pivotante muy desarrollada, cuya parte aérea puede alcanzar alturas de hasta 50 m con un diámetro de tronco de 2m de diámetro; el tallo es un tronco corto muy robusto del que parte gruesas ramas de crecimientos, presentando formas simpodicas y en ocasiones policotómico el cual forma una copa amplia muy frondosa de hermoso aspecto; la corteza es gruesa, agrietada vertical y desordenadamente, de color gris oscuro en las ramas y en los tronco (Aragón, 2004).

Sus hojas son caducas, alternas, imparipinada, compuestas de 11 a 17 folíolos ovales, peciolados, de forma oblonga lanceoladas, acuminadas con bordes

semiacerrados con longitud de 10 a 17 cm. pubescentes cuando jóvenes y glabras en la madurez excepto en las nervaduras, al frotarlas expiden un olor característico entre los dedos (Herrera, 2004).

Es una planta monoica, presenta flores femeninas y masculinas en la misma planta, pero separadas con una dicogamia muy marcada, primero maduran las flores masculinas, que se situadas en la parte media de las ramas y después las femeninas que están situadas en las partes terminales de las mismas, o bien a la inversa (Aragón, 2004).

Las flores son unisexuales, apétalas, las masculinas son de color verdoso, con inflorescencias en amentos colgantes, de 6 a 8 centímetros de longitud, axiláres que nacen en la madera de un año de edad; los estambres son indefinidos de cuatro a seis en cada flor, la cual está protegida por una bráctea de tres estípulas; las flores femeninas se presentan en inflorescencias de espiga en ápices de la misma rama floral, son pistiladas con un involucre de cuatro brácteas y estigma bífido, son originadas en el crecimiento del año en curso (Brisson, 1992).

2.6.2. Clasificación taxonómica del nogal pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh k. Koch) (Brison, 1975).

Reino: Vegetal

División: *Embrifitas sifonogamas*

Sub-división: *Angiospermas*

Clase: *Dicotiledónea*

Orden: *Juglandales*

Familia: *Juglandáceas*

Género: *Carya*

Especie: *Illinoensis*: (*Wangenh k. Koch*)

2.7. *Phymatotrichum omnivorum* Shear (Duggar)

La enfermedad más importante del nogal *Carya illinoensis*, en la Región Lagunera es la “pudrición texana” o pudrición de la raíz asociada al hongo *Phymatotrichum omnivorum* Shear (Duggar). El hongo es nativo del Norte de México y Suroeste de

Estados Unidos de América y se encuentra distribuido en una amplia gama de suelos (Herrera y Arreola, 1989).

P. omnivorum ataca más de 2000 especies de plantas, donde se incluye la mayoría de las especies cultivadas con excepción de: espárrago (*Asparagus officinalis* L.), fresa (*Fragaria spp.*), palma datilera (*Phoenix dactylifera*), ajo (*Allium sativum* L.), cebolla (*Allium cepa* L.), y todas las especies gramíneas. El patrón naranjo agrio (*Citrus aurantium*) y las especies cucurbitáceas son resistentes a su ataque (Herrera y López, 1984; Stein *et al.*, 1989).

2.7.1. Características de la Enfermedad

Los nogales enfermos expresan una o más de las siguientes características: menor crecimiento, reducción en su rendimiento de nuez, muerte, transmisión de la enfermedad a los árboles contiguos sanos y recuperación de la sanidad a través de reversión de síntomas (White y Kenerley, 1986b)

Nogales que tienen varios años de estar enfermos y no logran recuperarse ni morir, se mantienen con un crecimiento por debajo de los árboles sanos (Herrera y Arreola, 1989; Samaniego *et al.*, 1996).

Respecto a la transmisión de la enfermedad se tienen evidencias que el manejo y la condición de suelo influyen en la expresión y diseminación de la enfermedad en el nogal y otros cultivos (Medina y Aguilar, 1985; Matocha y Hopper, 1995), presentándose el riego como el principal factor involucrado, de tal manera que, en el cultivo de nogal establecido en áreas con más de seis riegos no se incrementó

la incidencia de la enfermedad en más de un 13% (excepto en un caso) en contraste, con un incremento entre 31-82% en áreas con menos de seis riegos (Samaniego *et al.*, 1998).

La forma de diseminación más común de la pudrición texana es por crecimiento de cordones miceliales, formados por el patógeno sobre las raíces de las plantas enfermas, o plantas nativas que sirven como reservorios o portadoras. El traslado y plantación de árboles que contienen el hongo, sobre o dentro de sus raíces, también es una forma frecuente de diseminación de la enfermedad (Herrera y Arreola, 1989).

2.7.1.1. Síntomas en el Follaje

En huertas jóvenes de uno a cuatro años de edad, los árboles mueren en forma repentina y quedan con las hojas fuertemente adheridas, aunque vientos intensos puede desprenderlas. La muerte de los árboles ocurre comúnmente de junio a septiembre, sin que estos muestren síntomas visibles de estar afectados por la enfermedad. En contraste, por lo general, en árboles enfermos de cinco o más años de edad, los síntomas de la enfermedad se manifiestan en forma gradual (White y Kenerley, 1986a).

Cuando el árbol muestra un avance gradual de la enfermedad, las hojas empiezan a presentar un tono color amarillo con tinte café o amarillo-bronceado, que es distinto del color verde oscuro del cultivar Western, o de verde claro de Wichita y del follaje amarillo debido a deficiencia de fierro (Streets y Bloss, 1973). En estos árboles el color amarillo del follaje aumenta en intensidad durante el verano,

aunque puede no hacerlo, en cuyo caso las hojas presentan deshidratación o muerte en su base, parte media o punta. Estos síntomas, algunas veces son seguidos por una defoliación prematura parcial o total del árbol (Samaniego *et al.*, 1998).

Los árboles con follaje amarillento, escaso o defoliado presentan de 60 a 90% de sus raíces con pudrición (Herrera y Santamaría, 1988), si estos árboles sobreviven, a la primavera siguiente, su follaje es escaso, el color de las hojas es verde claro o verde opaco y se presentan muerte de las ramas más jóvenes que ocupan la periferia de la copa; si esto ocurre, los brotes en las ramas más gruesas que quedaron vivas son de mayor longitud y vigor con hojas de color verde normal. En algunos árboles es imperceptible el avance de los síntomas iniciales durante el verano, por lo general, permanece la misma densidad de follaje que se desarrolló en primavera durante el resto del año. Los nogales enfermos pueden distinguirse de los sanos desde fines de abril o principios de mayo hasta finales de septiembre o principios de octubre (Borunda y Herrera, 1984).

Debido a la diferencia en la época en que los árboles son atacados inicialmente por el hongo, y de acuerdo con la rapidez con que las raíces son invadidas, en unas huertas con pudrición texana, se encuentran árboles con una gama diferente de síntomas (Matocha y Hopper, 1995).

2.7.1.2. Síntomas en la Raíz

Las raíces del árbol al ser invadidas por el hongo, muestran lesiones elípticas u ovaladas de color café en la corteza y madera, que contrasta con el color blanco

del tejido sano (Percy, 1983). En raíces con mayor tiempo de invasión y muertas por el hongo, la corteza se desprende fácilmente y sobre ésta se observan los cordones miceliales característicos de *P. omnivorum*. Los cordones tienen aspecto de hebras de estambre, son delgados y de color blanco crema en las raíces recientemente invadidas; pero son gruesos y de color café claro a oscuro conforme transcurre su permanencia sobre las raíces (Samaniego, 1994).

El patógeno sobrevive y desarrolla su ciclo de vida en las raíces y suelo. En donde forma estructuras globosas u ovoides de 0.3 a 5 mm de diámetro conocidos como esclerocios (Samaniego, 1994). Los esclerocios se originan a partir de cordones miceliales que el hongo produce en el suelo o sobre las raíces de los cultivos o plantas susceptibles (Galván, 1985). El esclerocio es una agregación compacta de células de pared delgada, rodeadas por una cubierta de células de pared gruesa. Una vez formado el esclerocio, puede germinar y formar el cordón miceliales, cuya función es colonizar nuevas raíces, si esto ocurre, todo el esclerocio se utilizará para formar cordones miceliales, pero sí no, el cordón formado se desprenderá del esclerocio y este podrá volver a germinar cuando existan condiciones favorables, como lo pueden ser en presencia de raíces de cultivos susceptibles (Herrera y Arreola, 1989).

Los cordones miceliales tienen un aspecto de hebras de un hilo, están formados por células alargadas llamadas hifas, las hifas están rodeadas por células pequeñas de pared gruesa, muchas de ellas con prolongaciones en forma de cruz y de aguja, que es una característica única del género (Streets y Bloss, 1973).

A partir de los cordones se pueden formar esclerocios, o dar origen en la superficie del suelo húmedo a estructuras con aspecto de cojín, de color blanco crema, cuando son jóvenes a café crema y de consistencia similar al talco pocos días después (Streets y Bloss, 1973). Estas estructuras conocidas como masas de esporas, se forman solamente en el verano en las paredes de hoyos, zanjas o agujeros o sobre el suelo que no pierde humedad superficial por estar de 4 a 5 días sombreado por el árbol, por malas hierbas o durante períodos de lluvia prolongados. Las masas de esporas son estructuras reproductoras constituidas por conidióforos globosos que producen esporas de tipo botriblastosporas; las esporas, aparentemente no son capaces de diseminar la enfermedad, debido a que su germinación es muy baja (Streets y Bloss, 1973; Percy, 1983).

El hongo *P. omnivorum* crece y se reproduce rápidamente a temperaturas de 28 a 30°C, aunque hay crecimiento y producción de cordones miceliales y esclerocios en el rango de 15 a 35 °C. Su crecimiento se detiene a temperatura menor de 12 y mayor a 37 °C (Lyda, 1978; Herrera y Arreola, 1989).

El micelio se desarrolla en un medio de cultivo con pH entre 3 a 8 (Castrejón, 1975). Sin embargo, se requieren suelos con reacción neutra o alcalina para la formación de los cordones miceliales y esclerocios. Los esclerocios no se forman o son escasos en suelos con pH menor de 5, por lo que la pudrición texana se mantiene baja en las regiones cuyos suelos son cercanos a este valor (Bell, 1989; Herrera y Arreola, 1989).

El hongo sobrevive en el suelo hasta por 11 años en ausencia de una planta huésped y como cordón micelial de un año a otro (Streets y Bloss, 1973) y en forma natural, se encuentra infestando el suelo hasta la profundidad a la que llegan las raíces de las plantas atacadas, pero los esclerocios se han encontrado más comúnmente a profundidad de 0.15 a 1.20 m (Borunda y Herrera, 1984).

Se considera que el micelio y el esclerocio tienen poca capacidad para competir con los microorganismos saprobios en el suelo; sin embargo, el esclerocio soporta dicha competencia gracias a que permanece en estado latente sin germinar. Aunque se determinó que los esclerocios pierden su viabilidad al someterse a una competencia con microorganismos saprobios, inducida al adicionar glucosa en el suelo e inundarlo (Samaniego, 1994). Al parecer, condiciones de inundación o cercanas, no permiten la germinación de los esclerocios e inducen su pérdida. Tecnología de Producción en Nogal Pecanero 183 de viabilidad, aunque esto ocurre después de meses (White y Kenerley, 1986b; Samaniego, 1994).

2.7.1.3. Medidas de Prevención

P. omnivorum sobrevive en el suelo por muchos años (Streets y Bloss, 1973). Sin embargo, los suelos difieren en la distribución de la infestación por este patógeno. Los árboles frutales establecidos en terrenos altamente infestados mueren en los primeros años después de ser plantados. En áreas donde la infestación es general se pierde el 100% de la inversión. Por lo cual, es aconsejable conocer el grado de infestación que existe en el terreno donde se planea establecer la huerta. Una vez localizada una zona libre de pudrición texana pudrición texana se deben plantar

árboles sin lesiones o parte de su raíz muerta (Streets y Bloss, 1973; Orona *et al.*, 2006).

2.7.1.3. Métodos de control

Los árboles en producción con grado de síntomas leves o medios de pudrición texana, pueden ser recuperados al ser tratados con una sola aplicación de fungicidas sistémicos (Herrera y López, 1984). Los árboles con síntomas fuertes a severos requieren de varios años de aplicación de fungicidas (Galván, 1985).

2.8. Importancia económica

La producción de nuez pecanera en México es de aproximadamente 79 mil toneladas, de las cuales 54 mil se producen en el estado de Chihuahua como principal productor, otros estados que destacan en su producción es Coahuila, la Comarca Lagunera (Coahuila-Durango), Sonora y Nuevo León, el rendimiento promedio de este cultivo es de 1.6 ton/ha. El valor de la producción de la nuez pecanera en 2008 fue de 2,922 millones de pesos; en la producción de este cultivo se emplean de 20 a 40 jornales por hectárea, generando alrededor de 5,000 empleos indirectos en el campo (SAGARPA, 2009).

La exportación e importación de nuez pecanera se da principalmente por Estados Unidos; la nuez mexicana es apreciada por China y Estados Unidos por su alto nivel de calidad y sanidad, así como por la pureza de su contenido comestible. En Asia, los habitantes del lejano oriente consumen la nuez "crackeada" (quebrada) y tostada que se comercializa como alimento botana y es aderezada con sabores de

frutas tropicales (NOM-043-SSA2, 2005). China junto con Estados Unidos, se han convertido en los principales compradores de la producción nacional de nuez pecanera por sus altos niveles de calidad y sanidad, así como por la pureza de su contenido comestible, China compró en la presente cosecha ocho mil toneladas de la cosecha nacional (SAGARPA, 2009).

2.8.1. Su cultivo en México

La primera plantación del nogal pecanero se estableció en el estado de Nuevo León en el año de 1904 (Brisson, 1976b). La Comisión Nacional de Fruticultura, reportó en 1980 la existencia de 48 mil hectáreas plantadas de nogal, de las cuales aproximadamente 10 mil correspondían a nogales nativos y criollos. Para 1996, había 59,695 hectáreas de nogal pecanero plantadas en México, de las cuales 34,495 eran del estado de Chihuahua; que representa el 58% de la superficie nacional; 12,500 de Coahuila, 6,200 de Nuevo León, 3,300 de Durango y 3,200 de Sonora, aproximadamente (Ojeda y Velo, 1999). En menor importancia en superficie de nogal están Hidalgo, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Oaxaca, Baja California Norte, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Tamaulipas y Zacatecas (Medina, 1998).

2.8.2. Su cultivo en la laguna

La Comarca Lagunera está ubicada en el norte-centro de México, integrada por cinco municipios del suroeste del estado de Coahuila y 10 del noreste del estado

de Durango. El clima es seco desértico con una precipitación media de anual 220 mm con una altitud media de 1100 msnm (Orona *et al.*, 2006).

Las primeras plantaciones del nogal en la Región Lagunera se establecieron en el año de 1948. Las variedades introducidas fueron: *Western, Wichita, Burkett, San Saba Improved, Stuart, Barton y Mahan*, predominando *Western y Wichita* (Orona *et al.*, 2006).

2.9. *Carya illinoensis* y HMA

Las Micorrizas son muy importantes para el crecimiento del nogal debido a que incrementan el sistema radicular y da como resultado una mayor absorción de agua y nutrientes minerales. También reduce la incidencia de enfermedades de la raíz (Marx., 1970)

La mayoría de los cultivos de gran importancia económica como la nuez, especies forestales, cultivos agrícolas y plantas ornamentales tienen raíces que pueden ser micorrizadas. Más del 95% de todas las plantas tienen Micorrizas (Sharpe., and Marx. 1986)

Las Ectomicorrizas fueron encontradas por primera vez en nogal en 1933 por Woodroof en Georgia y Florida (Powell *et al.*, 1968).

Según Tarango *et al.* (2004), el tipo de micorriza que se forma en el nogal pecanero es la ectomicorriza. Sin embargo, Taber *et al.* (1982) reportan géneros de hongos micorrízicos arbusculares naturales en este mismo hospedante. Las micorrizas incrementan la superficie radical para la absorción de agua y elementos

esenciales como: N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn y Zn (Marx, 1971; Brison, 1976), así como, S y B (Taber *et al.*, 1982) y los translocan a las raíces hospedantes (Brison, 1976). Además, inducen a la longevidad de las raíces (Marshall y Perry, 1987) y proporcionan fitohormonas a los hospedantes (Harley y Smith, 1983). Las hifas rompen el complejo mineral y degradan las sustancias orgánicas, transformando los compuestos en moléculas aprovechables, además de aumentar la tolerancia a condiciones de estrés hídrico y salinidad (Sylvia y Williams, 1991).

El rendimiento agrícola disminuye entre 25-75% como consecuencia del ataque por fitopatógenos que son componentes habituales de los sistemas naturales y agronómicos (Brison, 1976; Schenck, 1989; Hooker *et al.*, 1994). La interacción de la micorriza y microorganismos implicados en el control biológico suponen una integración de mecanismos benéficos para la sanidad vegetal, lo cual se considera como principal objetivo en el campo de la sustentabilidad agrícola (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica del área

El estudio se realizó en una huerta de nogal pecanero de la propiedad tierra blanca, en ejido mieleras, municipio de Matamoros Coahuila, México, ubicado entre 25° 25' norte, 103° 18' O con una elevación de 1200 msnm. Los árboles evaluados son del cultivar western de 55 años de edad, en época de cosecha y a una altura promedio de 14 metros.

3.2. Descripción del experimento

3.2.1. Recolección de muestras de suelo y raíz

3.2.1.1 Área A

El muestreo se realizó en árboles de nogal pecanero seleccionados al azar, en el área libre de infección de hongo *P. omnivorum*. Sacando tres muestras de cada árbol a diferentes profundidades 30-60-90 cm, colectando aproximadamente 500 g de suelo de la rizósfera, guardándolas en bolsas de plástico, para su posterior procesamiento en el laboratorio.

3.2.1.2 Área b

Se llevó a cabo este muestreo en el área donde el hongo *P. omnivorum* atacó considerablemente a los árboles de nogal realizando el mismo procedimiento que se llevó a cabo en el área A.

3.3 Aislamiento de esporas e identificación de HMA

Una vez en el laboratorio las muestras de suelo se pasaron por un tamiz de 2 mm para eliminar piedras y materia orgánica, se pusieron a secar a temperatura ambiente durante 72 horas, se colocaron en el refrigerador a 4 °C, hasta su análisis.

Las esporas se extrajeron de 20 g de suelo del área muestreada. Se utilizó el método de tamizado húmedo (Gerdemann y Nicolson, 1963), seguido por centrifugación en un gradiente de sacarosa por (Walker *et al.*, 1982).

3.4 Conteo, montaje e identificación de esporas

Este proceso es de separar las esporas extraídas del suelo de acuerdo con sus rasgos morfológicos más evidentes (color, tamaño) utilizando el método de (Sánchez y Posada, 2010). Se vació la muestra en una caja Petri, lo cual contiene un papel filtro cuadriculado de 1 x 1 donde las esporas se distribuyen de manera uniformemente. Se tomaron diez cuadros de una manera al azar y se realizó el conteo de cada uno de los cuadros, con la ayuda de un microscopio estereoscopio. Una vez hecho el conteo se realizó los montajes de esporas dividiéndolos en laminillas en secciones diferentes para el reactivo mezler y glicerol lactofenol polivinilo (PVLG). En portaobjetos se puso una gota de cada reactivo. Se recuperó con una jeringa de insulina cuidadosamente los diferentes tipos de esporas que se logran encontrar, Colocando las esporas en cada uno de los reactivos y se hizo una duplicación de laminillas dependiendo la diversidad de esporas que se encuentran en cada muestra. Una vez que las esporas fueron extraídas, en los reactivos de mezler y glicerol lactofenol polivinilo (PVLG) se cubren con un cubreobjetos, dejándolo reposar por 5 días a temperatura ambiente para que se seque.

Una vez que el tiempo de reposo paso se sellaron las muestras con esmalte de uñas durante 24 horas a temperatura ambiente y así evitar que las esporas se salieran o se movieran de los portaobjetos, antes de observarlas al microscopio óptico.

Para finalizar con el proceso de la identificación de esporas Micorrízicas se utilizó la técnica realizada por (López, 1998; PEÑA-VENEGAS *et al.*, 2007; Sánchez y Posada, 2010), microscopio compuesto de alta resolución, fueron observadas sus características taxonómicas tales como: color, textura, forma, desarrollo, tamaño, grosor de las paredes, diámetro, número y características de la hifa de acuerdo a (López, 1998; PEÑA-VENEGAS *et al.*, 2007; Sánchez y Posada, 2010).

IV. RESULTADOS

4.1. NÚMERO TOTAL DE ESPORAS

Cuadro 1: Número total de esporas obtenidas en 100 g de la rizósfera de cinco arboles de *Carya illinoensis* a profundidades de 30,60 y 90 cm. en arboles sanos y enfermos con el hongo *Phymatotrichum omnivorum* en la huerta Tierra Blanca, mpio. De Matamoros, Coah.

ÁRBOL	PROFUNDIDAD	MUESTRA SANA	MUESTRA ENFERMA
1	30	2560	576
2	30	2240	672
3	30	3136	863
4	30	4131	951
5	30	2720	1280
Suma		14787	4342
1	60	2176	512
2	60	3584	1888
3	60	2688	769
4	60	3252	280
5	60	2664	832
Suma		14364	4281
1	90	1664	571
2	90	2816	1920
3	90	2536	1792
4	90	1967	896
5	90	2199	1056
Suma		11182	6235

Cuadro 2: ANAVA para el numero de esporas en arboles de nogal *Carya illinoensis*, sanos y enfermos con *Phymatotrichum omnivorum*

FV	GL	SS	SM	Fo	Ft	
					0.05	0.01
Parc. Salud de Árbol (Ppales)	14	5,913,757.80				
Parc. P/salud * Profundidad	29	31,048,148.30				
Bloques (Profundidad)	4	2,340,128.47		1.369	3.84	7.01
			585,032.12			
Factor A (Salud del Árbol)	2	155,772.80		0.182	4.46	8.65
			77,886.40			
Error A	8	3,417,856.53				
			427,232.07			
Factor B (Salud del Árbol)	1	21,632,520.83		161.174	4.75	9.33
			21,632,520.83			
Interaccion Rep. * Profundidad	2	1,891,251.47		7.045	3.89	6.93
			945,625.73			
Error B	12	1,610,618.20				
			134,218.18			

De acuerdo con el ANAVA (**Cuadro 2**) se encontraron diferencias altamente significativas respecto de los árboles sanos de los enfermos y también en la interacción de los factores profundidad salud del árbol, mientras que en las profundidades muestreadas no existe diferencia significativa, por lo que se acepta la hipótesis planteada, es decir, encontramos un mayor número de esporas en los árboles sanos que los enfermos.

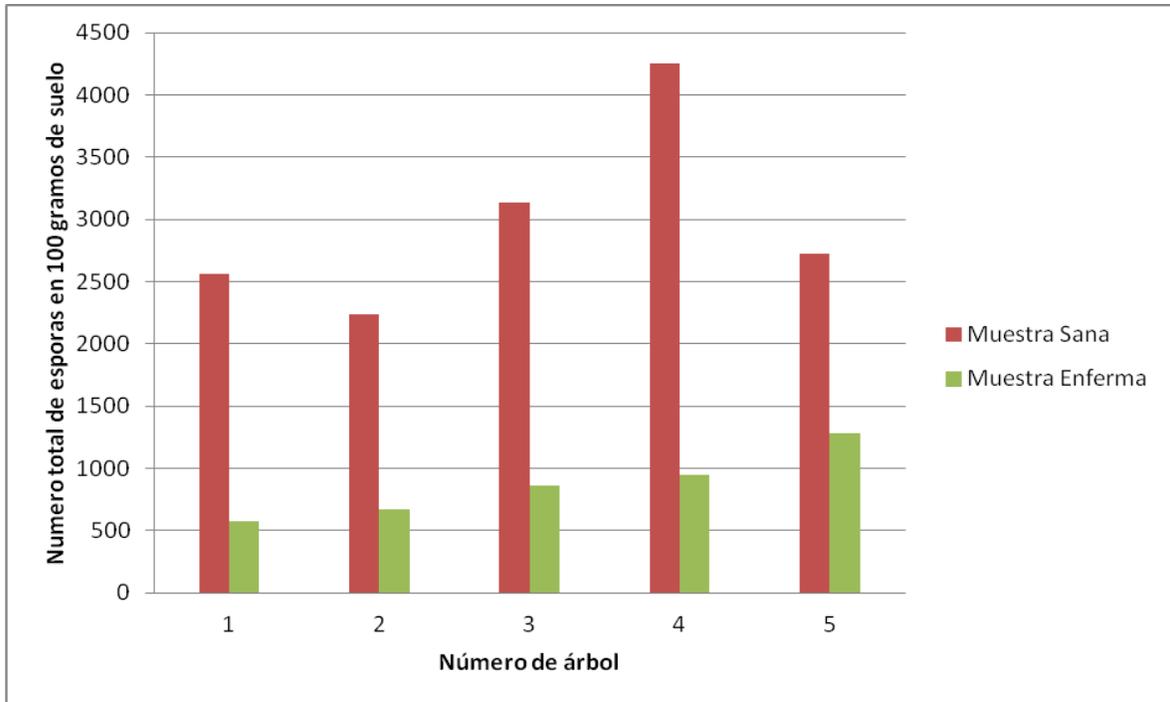


Figura 5: Número de esporas aisladas de 100 gramos de suelo de la rizósfera de *Carya illinoensis* a 30 cm de profundidad, en arboles sanos y enfermos con *Phymatotrichum omnivorum*.

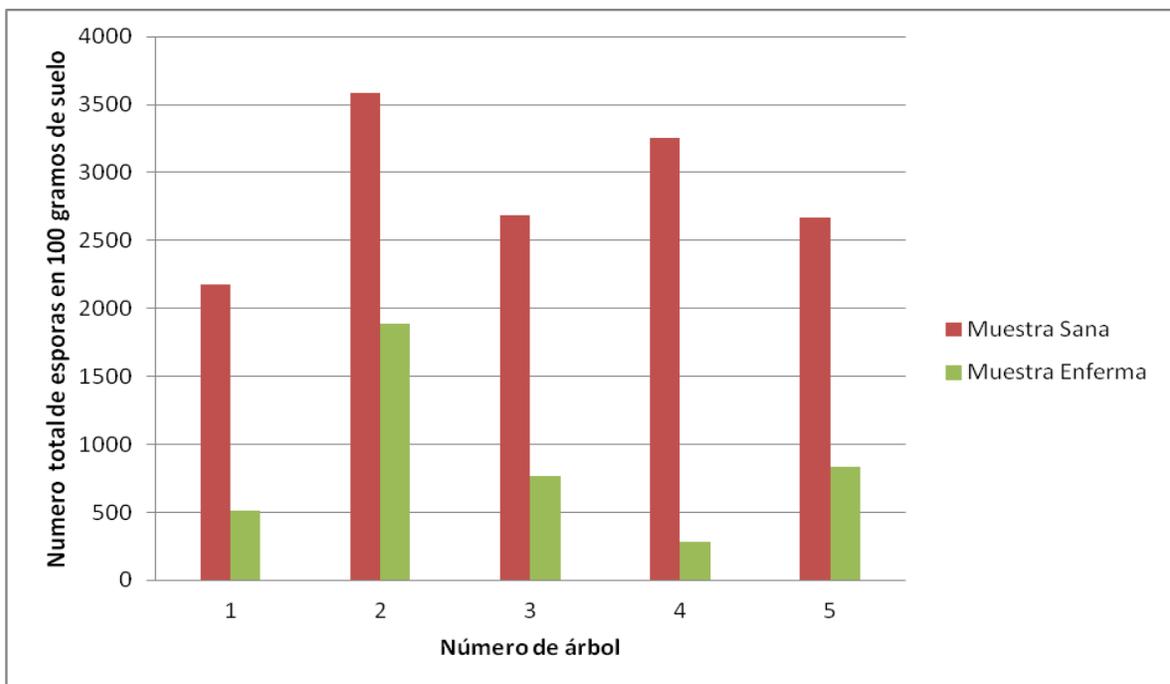


Figura 6: Número de esporas aisladas de 100 gramos de suelo de la rizósfera de *Carya illinoensis* a 60 cm de profundidad, en arboles sanos y enfermos con *Phymatotrichum omnivorum*.

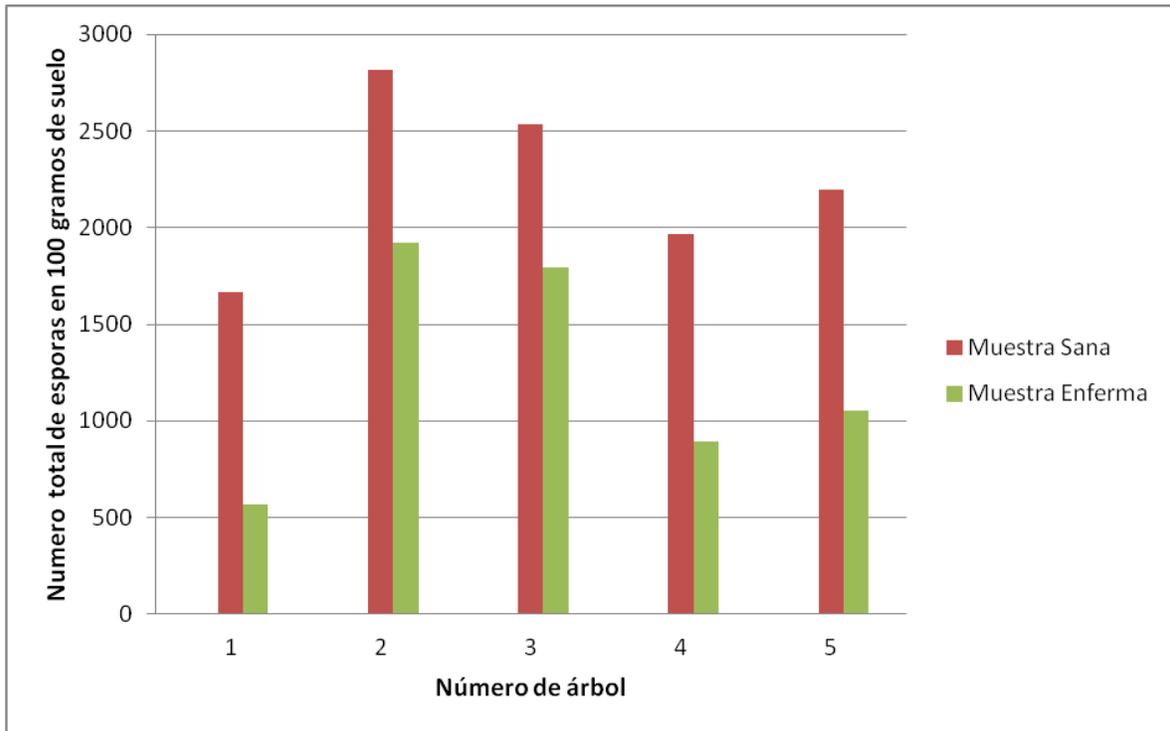


Figura 7: Número de esporas aisladas de 100 gramos de suelo de la rizósfera de *Carya illinoensis* a 90 cm de profundidad, en arboles sanos y enfermos con *Phymatotrichum omnivorum*.

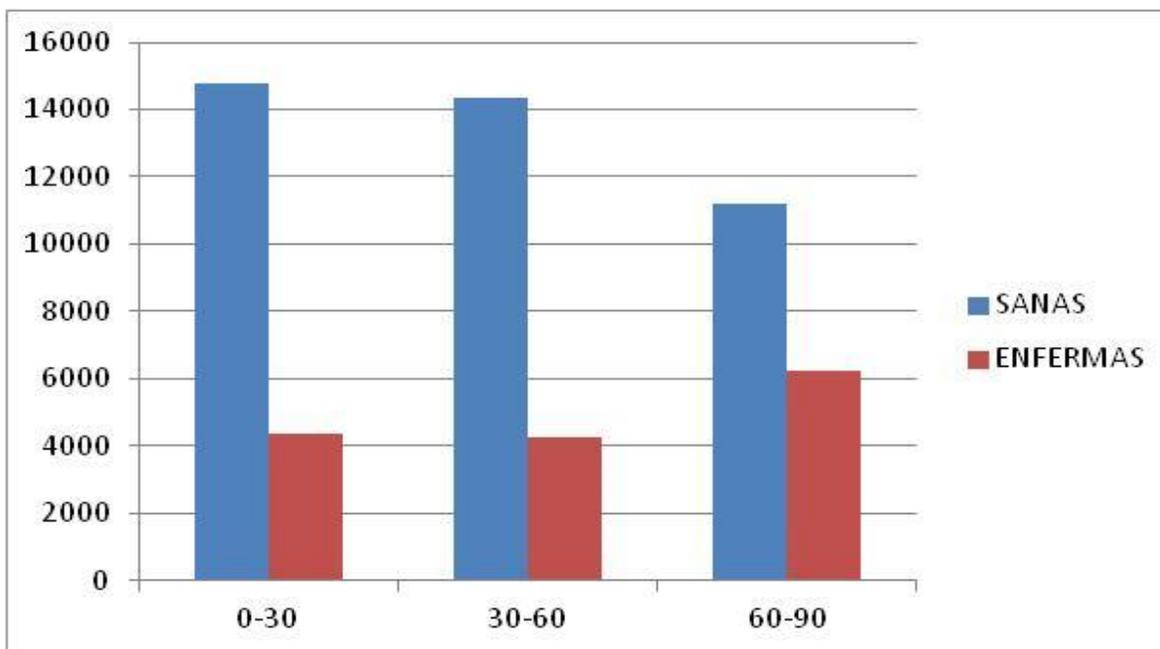


Figura 8: Número total de esporas en de las muestras sanas y enfermas en las tres diferentes profundidades

La diferencia entre la salud de los árboles y sus interacciones en las profundidades 0-30, 30-60 y 60,-90 con respecto a sus medidas demostraron que prevaleció la muestra sana con mayor número de esporas y a una profundidad de 0-30 cm es donde se encontraron el mayor número de esporas.

Cuadro 3: Géneros obtenidos en muestra sana y enferma atacada con *Phymatotrichum omnivorum*.

N° ÁRBOL	PROFUNDIDAD CM	GENEROS PRESENTES	
		Sanas	Enfermas
1	30	<i>Glomus</i>	<i>Gigaespora</i>
		<i>Acaulospora</i>	<i>Gigaespora</i>
	60	<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i>
		<i>Glomus</i>	<i>Acaulospora</i>
2	30	<i>Glomus</i>	<i>Sclerocystis</i>
		<i>Acaulospora</i>	-
	60	<i>Glomus</i>	-
		<i>Glomus</i>	-
3	30	<i>Acaulospora</i>	-
		<i>Glomus</i>	-
	60	<i>Gigaespora</i>	<i>Glomus</i>
		<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i>
4	30	<i>Gigaespora</i>	<i>Glomus</i>
		<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i>
	60	<i>Entrospora</i>	-
		<i>Glomus</i>	-
5	30	<i>Acaulospora</i>	<i>Gigaespora</i>
		<i>Gigaespora</i>	<i>Glomus</i>
	60	<i>Glomus</i>	<i>Gigaespora</i>
		<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i>
9	<i>Acaulospora</i>	-	
	<i>Glomus</i>	-	

Como resultado del análisis de las 30 muestras, se obtuvieron cinco distintos géneros en las dos diferentes muestras analizadas, el género *Glomus* prevaleció en la mayoría de los dos análisis tanto en la muestra sana como en la enferma atacada con el hongo *Phymatotrichum omnivorum*.

4.2. Descripción y géneros encontrados de HMA en la rizósfera de *Carya illinoensis*.

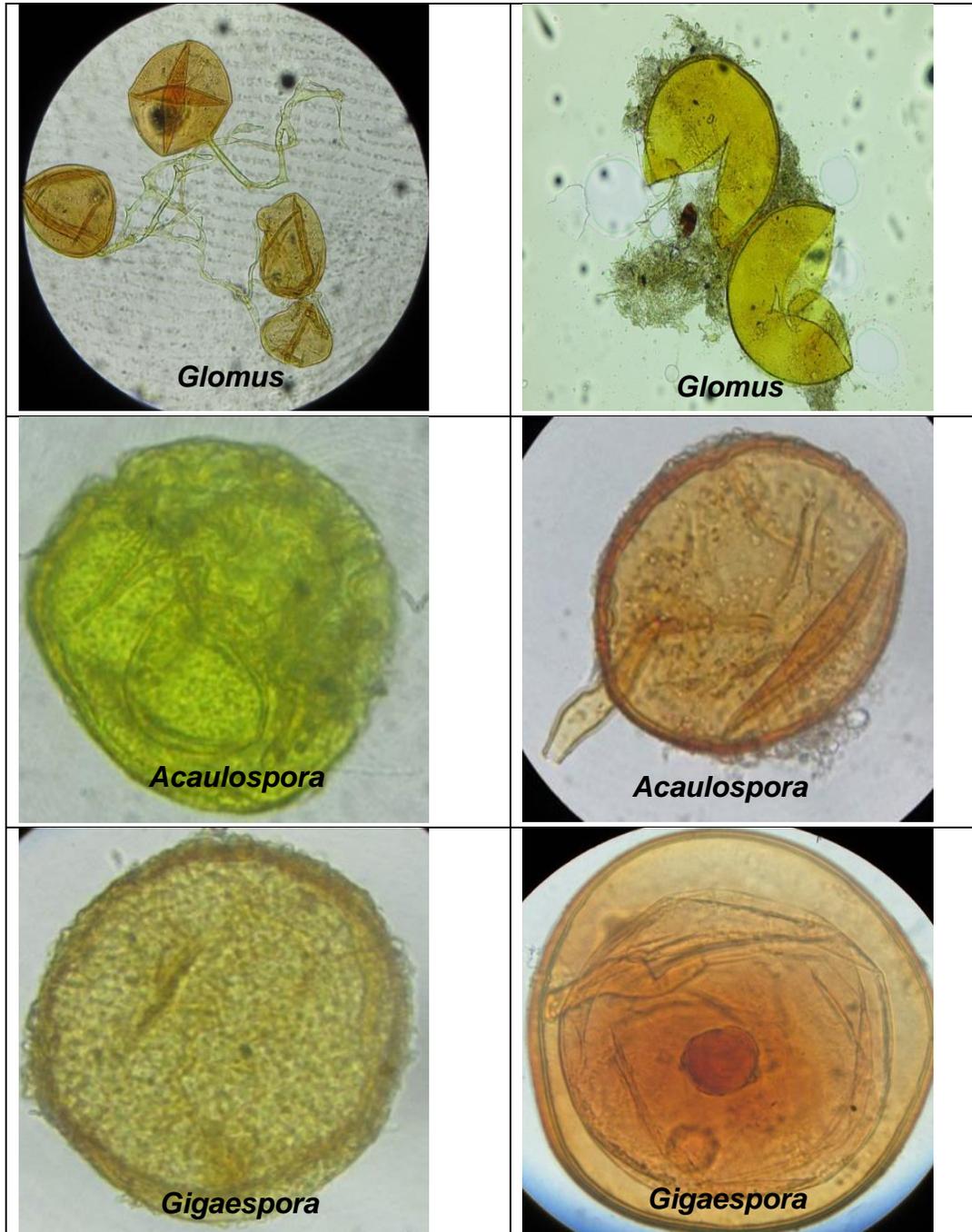


Figura 9: Diferentes géneros encontrados en la muestra sana de *Carya illinoensis* a 40x. Foto tomada por Ramón- Vicente, L.

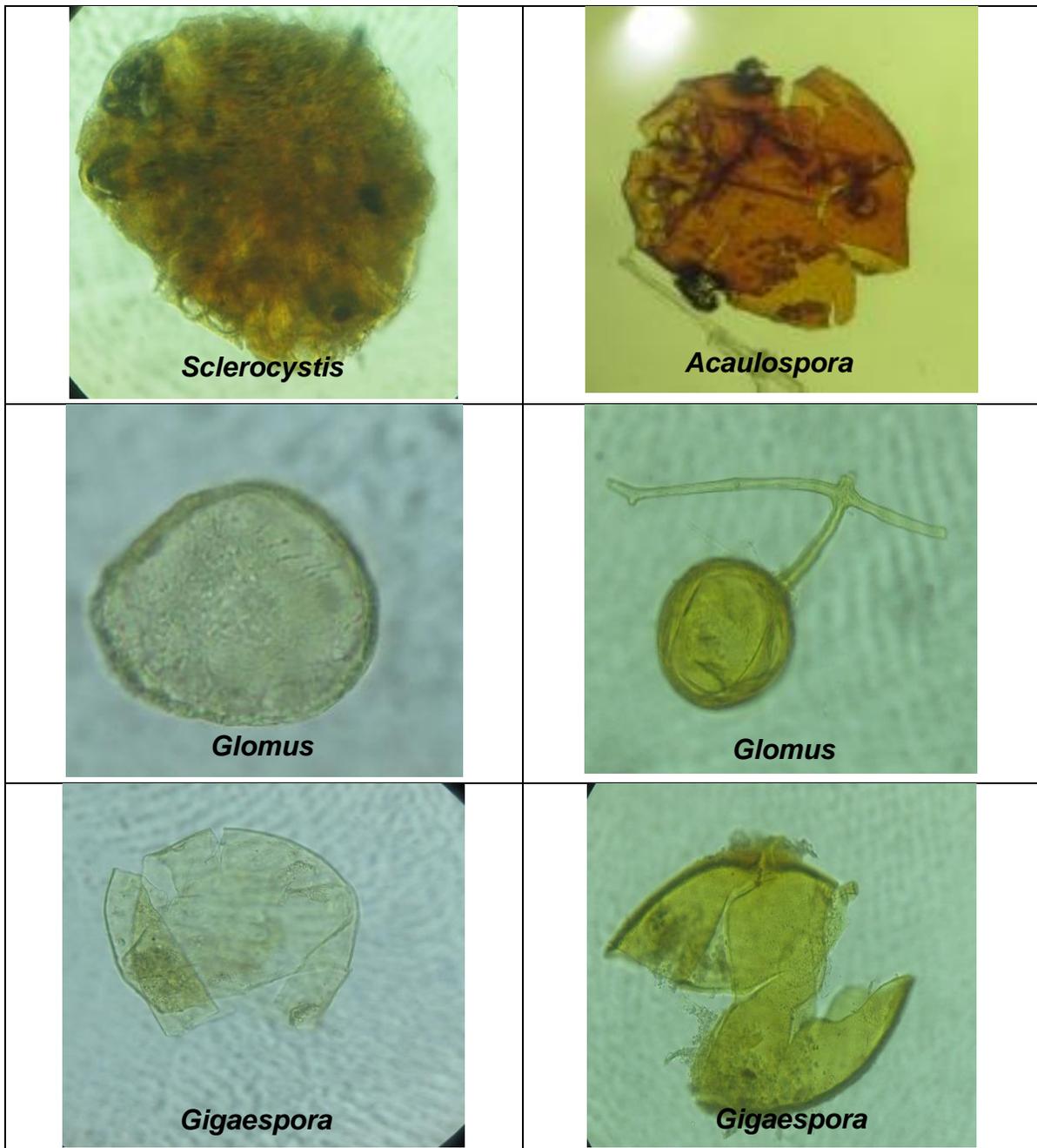


Figura 10: Géneros encontrados en la muestra de *Carya illinoensis*, enferma atacada con el hongo *Phymatotrichum omnivorum* a 40x. Foto tomada por Ramón- Vicente, L.

Se presenta dos diferentes tipos de esporas de cada género, resaltando que *Glomus* fue el género más observado en los dos diferentes tipos de muestras (figura 5 y 6).

En el **(Cuadro 3)** se muestra los resultados obtenidos de la muestra sana libre del hongo *Phymatotrichum omnivorum*, indican tener un suelo oscuro con textura Franco arenoso.

En cuanto a los resultados de materia orgánica se muestra un valor no muy elevado pero a la vez no tan bajo que viene siendo un porcentaje de 1.16. Por otra parte los resultados de pH muestran con un valor neutro con 4.95. La conductividad eléctrica con un valor de 5.37 mS/cm lo cual indica que es un suelo salino. Para el Nitrógeno total con 0.01 lo cual indica que está dentro de los rangos medios eficientes para el suelo y finalmente para el Fósforo extraíble con 110 lo que indica que es totalmente alto y eficiente para la rizósfera *Carya illinoensis*.

Cuadro 4: Análisis Físicos y Químicos de las muestras obtenidas de la rizósfera de *Carya illinoensis* en el suelo sano.

PARAMETROS	S-2713	RANGO OPTIMO
Densidad aparente g/cm	1.28	<1.30
Textura	F. arenoso	
Arena %	69.12	
Arcilla %	15.6	
Limo %	15.28	
pH en extracto %	4.95	7.0
Cond. Eléctrica en extracto mS/cm	5.37	<4.0
Materia orgánica %	1.16	3.0-6.0%
Ca. Inter. Cat. Meq/100 g	11	>25.0
Nitrógeno total %	0.01	0.15-0.25%
Fosforo ppm	110	>11.0
Calcio meq/lto	16.08	
Magnesio meq/lto	15.2	
Sodio meq/lto	21.7	
RAS	5.42	
PSI	8.49	<15

Los resultados (**Cuadro 4**) obtenido de la muestra del suelo enfermo infectado del hongo *P. omnivorum* indican tener un suelo franco arenoso.

En cuanto a los resultados de materia orgánica se muestra un valor muy bajo que viene siendo un porcentaje de 0.77. Por otra parte los resultados de pH muestran con un valor neutro con 4.80%. La conductividad eléctrica con un valor mayor que el de la muestra sana que viene siendo 10.79 mS/cm. Para el Nitrógeno total se encuentra con el mismo valor que la muestra sana con 0.01 lo cual indica que está dentro de los rangos medios eficientes para el suelo y finalmente para el Fósforo extraíble con 79 lo que indica que es totalmente alto y eficiente para la rizósfera *Carya illinoensis*.

Cuadro 5: Análisis Físicos y Químicos de las muestras obtenidas de la rizósfera de *Carya illinoensis* en el suelo infectado del hongo *Phymatotrichum omnivorum*.

PARAMETROS	S-2714	RANGO OPTIMO
Densidad aparente g/cm	1.37	<1.30
Textura	F. arenoso	
Arena %	67.12	
Arcilla %	19.24	
Limo %	13.64	
pH en extracto %	4.80	7.0
Cond. Eléctrica en extracto mS/cm	10.79	<4.0
Materia organica %	0.77	3.0-6.0%
Ca. Inter. Cat. Meq/100 g	22	>25.0
Nitrógeno total %	0.01	0.15-0.25%
Fosforo ppm	79	>11.0
Calcio meq/lto	20.8	
Magnesio meq/lto	16.4	
Sodio meq/lto	70.7	
RAS	16.40	
PSI	22.72	<15

V. DISCUSIÓN

Se acepta la hipótesis, ya que se presentó mayor porcentaje de esporas en la muestra sana. En esta investigación se presentó cinco géneros de HMA (*Glomus*, *Entrophospora*, *Acaulospora*, *Gigaspora* y *Sclerocystis*) en el total de los 30 muestras de 2 sitios muestreados uno de árboles atacados con el hongo *Phymatotrichum omnivorum* y el otro sitio donde estuvo libre de este, en un ecosistema desértico. Este resultado es similar al encontrado por (Muñoz-Márquez *et al.*, 2009), identificaron esporas de los géneros *Acaulospora*, *Glomus* y *Gigaspora*.

Coincidiendo también con (PEÑA-VENEGAS *et al.*, 2007) que a distancia de 0 a 30 cm es donde se encuentra el mayor número de esporas.

En una investigación realizada por (Samaniego y Herrera, 2003), en el campo experimental la laguna de Torreón-Matamoros, Matamoros, referente a Producción de Nuez en Nogales [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] Atacados por *Phymatotrichum omnivorum* (Duggar) Hennebert en lo que realizaron análisis, donde el suelo es sano, y tiene las mejores características para el cultivo de nogal primordialmente por una baja conductividad eléctrica; por el contrario, el suelo enfermos cuyo CE es de esperar que induzcan en los árboles una menor

producción, pues se conoce que la producción disminuye en suelos con más de 2 dS m⁻¹ (Miyamoto, 1997).

En cuanto a dominancia del género en *Carya Illinoensis*, en este trabajo se presentó a *Glomus*, con el mayor porcentaje y a *Entrophospora* con el género de menos dominancia. El cual coincide con los resultados obtenidos por (Muñoz-Márquez *et al.*, 2009), donde *Glomus* presentó el mayor porcentaje seguido por *Entrophospora*. En tierras cultivadas en ecosistema desértico. (Cervantes, 2010), obtuvo una mayor dominancia del género *Glomus*, seguido por *Gigaspora*.

Los resultados que aquí se mencionan por diferentes investigadores, algunos fueron similares ya que se relacionan los géneros obtenidos en esta presente investigación. En algunas de las investigaciones realizadas por los autores citados se encontraron diferencias de géneros por los mismo que fueron realizados en zonas diferentes, donde influyen diversos factores medioambientales como los son: el suelo, temperatura, lluvias, materia orgánica, salinidad; ya que se menciona que los géneros *Glomus* y *Acaulospora* son más frecuentemente encontrados en suelos con alta cantidad de materia orgánica, % de fósforo y lo que es la conductividad eléctrica los que sustentado por (Rojas *et al.*, 2011).

Para investigaciones futuras es recomendable realizar varios muestreos en las cuatro épocas del año ya que puede existir variabilidad sobre los resultados tanto en época de frío, como en época de calor.

Al igual que revisar cómo va avanzando la enfermedad y mejorar el riego ya que base a eso la enfermedad se va propagando más y más.

VI. CONCLUSIÓN

- Los árboles de nogal pecanero son capaces de asociarse con hongos micorrízicos arbusculares.
- A menor profundidad es donde se pueden encontrar mayor número de esporas.
- Se encontraron esporas de hongos micorrízicos arbusculares correspondientes a los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora* y *sclerositys*.
- Las condiciones favorables que permitieron el mayor porcentaje de esporulación fue un suelo con buena materia orgánica y buen pH.
- La muestra de suelo sana presentó el mayor porcentaje de esporas.
- Se encontraron diferencias altamente significativas respecto de los árboles sanos de los enfermos.

VII. LITERATURA CITADA

- Alarcón, A., C. R. Ferrera, C. M. González y M. A. Villegas 2000. "Hongos micorrízicos arbusculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas." *TERRA Latinoamericana* Vol. 18(3): pp. 211-218.
- Aragón, P. 2004. "El cultivo del nogal pecanero: sus perspectivas de producción, comercialización y transformación de la nuez." *FACIATEC-UACH*. México: Pág. 163.
- Árciga, G. F. 2008. "Selección de plantas hospederas adecuadas para producción de inóculo de Hongos formadores de Micorrizas " Arbusculares por el método de cultivo en macetas U.M.S.N.H.
- Azcón-Aguilar, C., M. Jaizme-Vega y C. Calvet 2002. "The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to the control of soil-borne plant pathogens. ." In *Mycorrhizal technology in agriculture*. : pp 187-197.
- Bago, B., P. Pfeffer y Y. Shachar-Hill 2000. "Carbon Metabolism and Transport in Arbuscular Mycorrhizas." *Plant Physiology* Vol. 124(3): pp. 949-958.
- Bell, A. A. 1989. "Role of nutrition in diseases of cotton. p. 167-204. En: *Soil Borne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro-and Microelements*." The American Phytopathological Society St., Paul, MN: pp. 243.
- Bethlenfalvay, G. J., M. S. Brown, K. L. Mihara y A. E. Stafford 1987. "Glycine-Glomus-Rhizobium Symbiosis: V. Effects of Mycorrhiza on Nodule Activity and Transpiration in Soybeans under Drought Stress." *Plant Physiol* 85: 115-9.
- Borunda, F. E. y P. T. Herrera 1984. "Distribución vertical de esclerocios de *P. omnivorum* en huertas de nogal en la Región Lagunera. CIAN-INIFAP." *Informe de Investigación en Fruticultura*. : Pág. 149-171.
- Bougher, B., T. Dell, N. Grove y Malajc-zuk 1996. "Working with mycorrhizas in forestry and agri-culture." Australia, *ACIAR Monograph* 32.
- Brison, R. F. 1975. "Cultivo del nogal pecanero. México. ." *CONAFRUT*: Pág. 106-10, 133, 279-291.
- Brison, R. F. 1976a. "Cultivo del Nogal Pecanero. México." *CONAFRUT*: p. 4, 34, 79, 83, 97.
- Brison, R. F. 1976b. "Cultivo del Nogal Pecanero. México." *CONAFRUT*: 4, 34, 79, 83, 97. .
- Brison, R. F. 1992. "Cultivo del nogal pecanero (AR. Federico Garza F.) 2ª. ." Ed. México. *CONAFRUT*. : Pág. 349.
- Brundrett, M. 2004. "Diversity and classification of mycorrhizal associations." *Biol. Rev* (79): :473-495.
- Carvalho, A., R. Castro, I. Cordoso y T. Kuyper 2010. "Mycorrhizal Associations in Agroforestry Systems. *Soil Biology and Agriculture in the Tropics*." Vol. 21: pp. 185-208.
- Castrejón, S. A. 1975. "Efecto del pH en el desarrollo de *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggar, utilizando tres medios de cultivo en algodónero.

- Matamoros, Coah., México. CIANE-INIA-SARH." Informe de Investigación en Algodonero.: pp:8.11-8.20.
- Cervantes, G. R., G 2010. "Estudio transcricional del mecanismo de resistencia sistémica contra patógenos de parte aérea inducida por micorrización en tomate (*solanum lycopersicum*) y frijol (*phaseolus vulgaris*)." Tesis.
- De la Rosa, M. C. 2009. "Micorriza arbuscular y estrés abiótico en el contenido de alcaloides (Vinblastina y vincristina) de *catharantus roseus* (L). G. Don." Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Fitze, D., A. Wiekling y M. Kaldorf 2005. "Auxins in the development of an arbuscular mycorrhizal symbiosis in maize. *Journal of Plant Physiology*." Vol. 162 pp. 1210-1219.
- Flores-Gomez, E., L. Gomez-Silva, R. Ruiz-Medrano y B. Xoconostle-Cazeres 2008. "Role of acetosyringone in the accumulation of a set of RNAs in the arbuscular mycorrhiza fungus *Glomus intraradices*." *Int Microbiol* 11: 275-82.
- Galván, L. R. 1985. "Efecto de los fungicidas Topsin M y Tilt, en dos diferentes métodos de aplicación, para el control de pudrición texana en nogal. Delicias, Chih. CAE Delicias, Chih." Informe de Investigación en Fruticultura CIAN 1985: Pag. 87-97.
- Gerdemann, J. W. y T. H. Nicolson 1963. "Spores of mycorrhizal Endogene species extracted from soil by wet sieving and decanting." *Transaction of the British Mycological Society*: 46:234-244.
- Guerra, S. B. 2008. "Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible." *Tecnología en Marcha* Vol. 21(1): pp. 191-201.
- Harris, V. C., M. Esqueda, S. E. Valenzuela y A. Castellanos 2009. "Tolerancia al estrés hídrico en la interacción planta-hongo micorrízico arbuscular: metabolismo energético y fisiología." *Fitotecnia Mexicana* Vol. 32(4): pp. 265-271.
- Hartley, J. y S. Smith 1983. "Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London, UK."
- Herrera, E. 2004. "Libro Manejo de Huertas de Nogal." edición libre agosto del 2004: P.267.
- Herrera, P. T. y M. López 1984. "Incidencia y distribución de pudrición texana del nogal pecanero en la Comarca Lagunera. ." Informe de Investigación Agrícola en Fruticultura. Campo Agrícola Exp. de La Laguna Matamoros, Coah. INIFAP-SARH. : Pag. 80-95.
- Herrera, P. T. y J. Santamaría 1988. "Magnitud del daño a la raíz por *P. omnivorum* al inicio del ciclo vegetativo y su relación con el crecimiento vegetativo del nogal pecanero." CAE La Laguna. CIAN-INIFAP-SARH. Informe de Investigación.
- Herrera, P. T. y A. J. Arreola 1989. "Estimación de la relación entre el daño a la raíz por *Phymatotrichum omnivorum* y el crecimiento vegetativo del nogal pecanero *Carya illinoensis*. ." CIFAP-Región Lagunera-INIFAP-SARH. Informe de Investigación en Fruticultura. Tecnología de Producción en Nogal Pecanero 203.
- López, Z., G. A 1998. "Hongos Micorrízicos Vesículo Arbusculares (VA) en fragmentos de matorral Senso lato de los Municipios de Linares y

- Hualahuises, Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales Linares, N. L., Universidad Autónoma de Nuevo León." Maestría: 1-137.
- Lyda, S. A. 1978. "Ecology of *Phymatotrichum omnivorum* ." Ann. Rev. of Phytopathology 16:193:309. .
- Marjanovic, Z., N. Uwe y R. Hampp 2005. "Mycorrhiza formation enhances adaptive response of hybrid poplar to drought." Ann N Y Acad Sci 1048: 496-9.
- Martínez, L. y F. Pugnaire 2009. "Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos de los ecosistemas semiáridos." Ecosistemas Vol. 18(2): pp. 44-54.
- Matocha, J. E. y F. L. Hopper 1995. "Influence of soil properties and chemical treatments of *Phymatotrichum omnivorum* in cotton." En: (eds.). Ritcher, D. A. y J. Armour. Proceedings beltwide cotton conferences. San Antonio Texas: p. 224-229.
- Medina, M. d. C. 1998. "Producción de nuez y su alternancia en nogal pecanero. Sexto Simposium Internacional Nogalero." NOGATEC 98. Torreón, Coah: p. 63-69.
- Medina, M. E. y P. J. Aguilar 1985. "Características del suelo asociadas con pudrición texana (*Ph. omnivorum*) en huertas nogaleras del norte de Coahuila. CIAN." Informes de Investigación Fruticultura 1: 506-520.
- Miyamoto, S. 1997. "Salinity Management. In: G.R. McEachern and L.A. Stein (eds.) Texas Pecan Handbook. Texas A&M University. College Station, Texas, USA." Irrigation V-p. 21-29.
- Muñoz-Márquez, E., C. Macías-López, A. Franco-Ramírez, E. Sánchez-Chávez, J. Jiménez-Castro y J. González-García 2009. " IDENTIFICACIÓN Y COLONIZACIÓN NATURAL DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN NOGAL." Terra Latinoamericana, Chapingo, México Vol. 27, Núm. 4: Pp. 355-361.
- NOM-043-SSA2, N. O. M. 2005. "Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria." Criterios para brindar orientación.
- Ojeda, B., D. L y D. L. C. Velo 1999. "Futuro de la nuez en el Estado de Chihuahua. Tercer Día del Nogalero." Memorias. Cd. Delicias, Chihuahua, México: Pag. 51-56.
- Orona, C. I., A. J. Espinoza, C. G. González, A. B. Murillo, H. J. García y C. J. Santamaría 2006. "Aspectos técnicos y socioeconómicos de la producción de nuez (*Carya illinoensis* Koch.) en la Comarca Lagunera, México." Agricultura técnica en México: 32(3), 295-301.
- Pearson, V. y D. Read 1975. "The physiology of the mycorrhizal endophyte of *Calluna vulgaris*." Trans. Br. Mycol. Soc. 64: 1-7.
- PEÑA-VENEGAS, C., P, G. CARDONA, J. ARGUELLES, H y A. ARCOS, L 2007. "Micorrizas Arbusculares del Sur de la Amazonia Colombiana y su Relación con Algunos Factores Físicoquímicos y Biológicos del Suelo." Acta Amazonica vol. 37(3) 327 - 326.
- Percy, R. G. 1983. "Potential range of *Phymatotrichum omnivorum* as determined by edaphic factors." Plant Disease: 67: 981-983.

- Pérez-Moreno, J. y D. J. Read 2004. "Los hongos ectomicorrízicos, lazos vivientes que conectan y nutren a los árboles en la naturaleza. *Interciencia* 29, 239-247." *Interciencia*. 29,.
- Peterson, R. y P. Bonfante 1994. "Comparative structure of vesicular-arbuscular mycorrhizas and ectomycorrhizas. ." *Plant Soil*. 159: 79-88.
- Ramírez, G. M. y V. A. Rodríguez 2010. "Señales de reconocimiento entre plantas y hongos formadores de micorrizas arbusculares." *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* Vol. 11(1): pp. 53-60.
- Redecker, D., R. Kodner y L. Graham 2000. "Glomalean Fungi from the Ordovician." *Science*: 289: 1920-1921
- Rivera-Becerril, F., C. Calantzis, K. Turnau, J. P. Caussanel, A. A. Belimov, S. Gianinazzi, R. J. Strasser y V. Gianinazzi-Pearson 2002. "Cadmium accumulation and buffering of cadmium-induced stress by arbuscular mycorrhiza in three *Pisum sativum* L. genotypes." *J Exp Bot* 53: 1177-85.
- Rojas, R., D. A. Nazelle, M. Tainio y M. Nieuwenhuijsen 2011. "The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: health impact assessment " study. *BMJ* 343:d4521.
- Ruiz-Lozano, J. 2003. "Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress. New perspectives for molecular studies Mycorrhiza." 13: 309-317.
- SAGARPA 2009. "NUEZ, ANALISIS DE SU RENTABILIDAD. CLARIDADES AGROPECUARIAS."
- Samaniego, G. J. y P. T. Herrera 2003. "Producción de Nuez en Nogales [*Carya illinoensis* (Wangenh.) Koch] Atacados por *Phymatotrichopsis omnivora* (Duggar) Hennebert *Revista Mexicana de Fitopatología*." *Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Texcoco, México* vol. 21, núm. 3: pp. 323-330
- Samaniego, J., P. T. Herrera y C. J. Santamaría 1996. "Influencia de las condiciones de suelo y manejo de las huertas de nogal pecanero con el incremento de la pudrición texana y pérdidas en el cultivo." *Avances de Investigación para las Fundaciones Pruduce Durango y Coahuila, Matamoros, Coah.*
- Samaniego, J., P. T. Herrera y C. J. Santamaría 1998. " Influencia de las condiciones de suelo y manejo de las huertas de nogal pecanero con el incremento de la pudrición texana y pérdidas en el cultivo." *VI Simposium Internacional Nogalero. Torreón, Coahuila, México.* : p. 56-62.
- Samaniego, J. A. 1994. "Viabilidad de los esclerocios de *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggar en suelos inundados y complementados con glucosa. ." *Revista Mexicana de Fitopatología*: 12: 125-133.
- Sánchez, D. P. M. y A. R. Posada 2010. "Metodologías básicas para el trabajo con micorrizas arbusculares y hongos formadores de micorriza arbuscular." *Sede Palmira, Universidad Nacional de Colombia.*
- Sanders, F. y P. Tinker 1971. "Mecanismo de absorción de fosfato del suelo por *Endogone* micorrizas." *Naturaleza*.: 233: 278-279.
- Schenck, N. C. 1989. "Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and the control of fungal roots diseases. p. 260. In: A. Alarcón y R Ferrera (eds.). *Ecología*,

- fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. ." Mundi-Prensa. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México.
- Schüler, A. 2000. "Glomus claroideum forms an arbuscular mycorrhiza-like symbiosis with the hornwort *Anthoceros punctatus*. ." *Mycorrhiza*. 10: 15-21.
- Schüler, A., D. Schwarzott y C. Walker 2001. "A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution." *Mycol Res*. 105: 1413-1421.
- Sharmah, D., D. Jha y R. Pandey 2010. "Molecular Approaches In Arbuscular Mycorrhizal Research: A Review." *Journal of Phytology* Vol. 2(7): pp. 75-90.
- Simon, L., J. Bousquet, R. Lévesque y M. Lalonde 1993. "Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. ." *Nature*: 363: 67-69.
- Smith, R. D. 2009. "Plant-mycorrhiza percent infection as evidence of coupled metabolism." *J Theor Biol* 259: 172-5.
- Smith, S. y D. Read 1997. "Mycorrhizal symbiosis " Academic Press, London.
- Smith S, R. D. 1997. "Mycorrhizal symbiosis Academic Press, London
- ".
- Stein, L. A., G. R. McEachern y J. B. Storey 1989. "Summer and fall moisture stress and irrigation scheduling influence pecan growth and production." *HortScience*: 24(4): 607-611.
- Strack, D., T. Fester, B. Hause, W. Schliemann y M. H. Walter 2003. "Arbuscular mycorrhiza: biological, chemical, and molecular aspects." *J Chem Ecol* 29: 1955-79.
- Streets, R. B. y H. E. Bloss 1973. "Phymatotrichum root rot. The American Phytopathological St. Paul, MN." Monograph N° 8. 38.
- Streets, R. B. y H. E. Bloss. 1973. "Phymatotrichum root rot. ." Monographs of the American Phytopathological Society No. 8.
- Tait, N. 1996. "The pecan tree. Dohmann Pecan Farms. ." <http://www.ortechengr.com/pecans/tree.html>. .
- Tapia, G. J., C. R. Ferrera, L. Varela-Fregoso, O. J. Rodríguez, C. J. Soria, I. M. Tiscareño, O. C. Loreda, J. J. Alcalá y M. S. Villar 2010. "Infectividad y efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de suelos salinos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*)." *Revista Mexicana de Micología* Vol. 31. pp. 69-74.
- Tarango, R., S. H 2006. "Manejo del nogal pecanero con base en su fenología." Folleto técnico No. 24. Campo Experimental Delicias, INIFAP: P. 39
- Valot, B., L. Negroni, M. Zivy, S. Gianinazzi y E. Dumas-Gaudot 2006. "A mass spectrometric approach to identify arbuscular mycorrhiza-related proteins in root plasma membrane fractions." *Proteomics* 6 Suppl 1: S145-55.
- Van Tichelen, K., J. Colpaert y J. Vangronsveld 2001. "Ectomycorrhizal protection of *Pinus sylvestris* against copper toxicity. ." *New Phytologist* 150[1]: 203-213. 2001.
- ".
- Varela, L. y D. Trejo 2001. "Los Hongos Micorrizógenos Arbusculares como Componentes de la Biodiversidad del Suelo de México." *Acta Zoológica Mexicana* Vol. 1: pp. 39-51.

- Wakeling, L. T., R. L. Mason, B. R. Arcy y N. A. Caffin 2001. "Composition of pecan cultivars wichita and western schley [*Carya illionensis* (Wangenh) K. Koch] grown in Australia." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: 49:1277-1281.
- Walker, C., C. W. Mize y J. H. S. McNabb 1982. "Populations of endogonaceous fungi at two locations in central Iowa." *Canadian Journal of Botany*: 60:2518-2529.
- White, T. L. y C. M. Kenerley 1986a. "Germination of *Phymatotrichum omnivorum* sclerotia in Houston black clay soil." *Phytopathology* 76: 1745.
- White, T. L. y C. M. Kenerley 1986b. "Germination of *Phymatotrichum omnivorum* sclerotia in Houston black clay soil." *Phytopathology*: 76: 1745.
- Yu, T., K. Egger y R. Peterson 2001. "Ectendomycorrhizal associations - characteristics and functions." *Mycorrhiza*. 11: 167-177.
- Zapata, L., L. Gerard, C. Davies y M. Schavab 2007. "Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates." *Ciencia, Docencia y Tecnología* Vol. 35: pp. 175-193.
- Zhang, Q., Q. Sun, R. T. Koide, Z. Peng, J. Zhou, X. Gu, W. Gao y M. Yu 2014. "Arbuscular mycorrhizal fungal mediation of plant-plant interactions in a marshland plant community." *ScientificWorldJournal* 2014: 923610.
- Zhang, T., C. Tian, Y. Sun, D. Bai y G. Feng 2012. "Dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi associated with desert ephemeral plants in Gurbantunggut Desert." *Journal of Arid Land* Vol. 4(1). : pp. 43-51.