

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Comparación de géneros micorrizas arbusculares y porcentajes de micorrización en cultivos jóvenes y adultos de nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh) K.koch) en Matamoros, Coahuila**

**Por:**

**Eusebio Guadalupe Sánchez Sánchez**

**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 CARRERAS AGRONÓMICAS

Comparación de géneros micorrizas arbusculares y porcentajes de micorrización en cultivos jóvenes y adultos de nogal pecanero (*Carya illinoensis (Wangenh) K.koch*) en Matamoros, Coahuila

POR:

EUSEBIO GUADALUPE SÁNCHEZ SÁNCHEZ

TESIS:

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

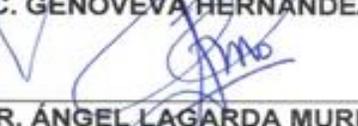
INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

APROBADA POR:

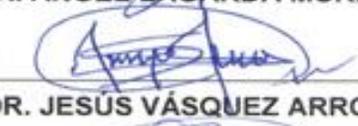
PRESIDENTE:

  
M.C. GENOVEVA HERNÁNDEZ ZAMUDIO

VOCAL:

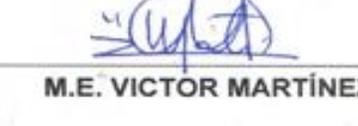
  
DR. ÁNGEL LAGARDA MURRIETA

VOCAL:

  
DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

VOCAL:

  
M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES

  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

COORDINADOR DE LA DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MEXICO

DICIEMBRE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN CARRERAS AGRONÓMICAS

Comparación de géneros micorrizas arbusculares y porcentajes de micorrización en cultivos jóvenes y adultos de nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh) K.koch) en Matamoros, Coahuila

POR:

EUSEBIO GUADALUPE SÁNCHEZ SÁNCHEZ

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

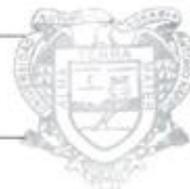
ASESOR:

  
DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

ASESOR:

  
M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES

  
M.E. VICTOR MARTÍNEZ CUETO



Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

COORDINADOR DE LA DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MEXICO

DICIEMBRE 2015

# AGRADECIMIENTOS

**A DIOS**, primeramente por ser el creador del cielo y de la tierra, de todo lo visible e invisible que es mi señor le agradezco de todo corazón por haberme y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencia, por darme una familia maravilloso por permitir que conozca a muchos amigos que formaron parte de mi vida y sobre todo la salud y felicidad.

Por iluminar mi vida con personas buenas que están en el momento justo sin necesidad de que yo les llame y durante este transcurso del tiempo en la universidad porque sin ti no hubiera podido salir adelante y porque siempre has estado presente en la tomas de decisiones especialmente en mis momentos difíciles. Nunca serán los suficientes palabras para agradecerte por todo lo que has hecho en sobre mí, en mi familia y en mis amigos Gracias por no abandonarme nunca

**A mis abuelos Manuel Sánchez y Juana Girón**, por el sacrificio que han tenido que hacer durante todo este tiempo para lograr mis estudios y más a ti abuela de todo corazón te agradezco por todo lo que has hecho de mi porque siempre has estado en mí en las buenas y en las malas has sido como mi madre sin ti no hubiera terminado mi carrera, gracias por los buenos consejos por los regaños y porque siempre has confiado en mí, a pesar de los problemas que hemos tenido en la familia siempre quisiste que yo terminara mis estudios sea como sea nunca me

dejaste caer y por eso este trabajo se los dedico a ustedes con mucho cariño y amor como un símbolo de gratitud y esfuerzo por el amor incondicional que me han dado gracias por todo porque son como mis padres que me criaron desde la infancia , por la oportunidad y por dar lo mejor en todo los aspectos.

**A mis padres, Juan Sánchez y Fernanda Sánchez,** Primeramente por haberme dado la vida y haber dado su amor siempre quisieron lo mejor para mí que saliera adelante a pesar de las situaciones y las circunstancias en las que muchas veces se encontraron siempre me apoyaron creyeron en mí y me tuvieron confianza en que saldría adelante.

**A mis tíos: Rey, Fely, Chofo, Cesar, Lucas y Mary,** quienes los quiero mucho y los considero como mis hermanos gracias por estar conmigo y apoyar en todo momento en lo moral y económico por cederme esta oportunidad y seguir sus buenos ejemplos que ustedes forjaron no tengo con que pagarles de todo lo que hicieron por mí pero de todo corazón les agradezco sus valioso apoyo

**A mis hermanos: Argelia, Agustín Alberto y Cocho,** a pesar de que casi no hemos compartido juntos les agradezco por los buenos deseos y que siempre tuvieron confianza de mí.

## **A mi alma Terra Mater Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.**

Que me dio la oportunidad de realizar mis estudios por haberme cobijado durante estos cuatro años y medio en los que curse mi carrera profesional. Por esos grandes privilegios que me brindó por haber conocido a muchos amigos y profesores, siempre la llevare en mi mente y corazón por permitir a desarrollarme como profesionista

**M.C Genoveva Hernández Zamudio**, Por ser una persona muy importante por lo que nos ha enseñado muchas cosas de la vida y Por aceptar ser mi asesora principal de tesis, un trabajo muy importante para concluir mi carrera y por su conocimiento por brindarme sabiduría lo cual me ha hecho crecer con sus experiencias como profesionista, gracias por todo por los buenos consejos que me has brindado por sus regaños que gracias a ello salimos adelante. De todo corazón le agradezco por su comprensión, confianza, paciencia y dedicación permanente que tuvo durante el proceso de la investigación aclarando mis dudas que tuvo conmigo para terminar mi tesis que es algo muy importante para mí como un profesionista y por su plena confianza en mí, para que este proyecto saliera adelante, mi más sincero respeto y cariño.

**Dr. Ángel Iargada Murrieta**, por su tiempo que dedico a las correcciones de este trabajo. Y por ser un excelente profesor porque sin él no hubiera salido delante de antemano de agradezco mucho

**Dr. Jesús Vásquez Arroyo**, Por sus buenos consejos que me ha brindado y por darme clases gracias a usted aprendí mucho eres un excelente profesor se lo respeto mucho y te aprecio por ser mi asesor y por dedicar su tiempo para corregir mi trabajo.

**M.C. Gerardo Zapata Sifuentes**, Gracias por la ayuda que me ha brindado para el desarrollo de mi profesión siendo un buen guía tanto en la práctica como en la teoría y por ser como un amigo por dar buen consejo por su comprensión y gracias por las clases que me impartió.

**M.E. Víctor Martínez Cueto**, Por ser un excelente profesor pero más que eso eres como un amigo y por permitir realizar mi servicio social de lo cual obtuve un gran conocimiento en el campo eres una de las persona que lo aprecio mucho y es algo maravilloso convivir con usted, porque siempre me has respetado y que algún día seré alguien de la vida, los buenos ánimos para seguir adelante y por darme clases.

**Doctora Tensy**, Por apoyarme cuando más lo necesitaba y que de alguna forma de las veces que tuve la oportunidad de hablar con usted me diste buenos

consejos y recomendaciones para poder terminar mi tesis no me diste clase pero eres una doctora de buenos modales y una excelente doctora.

**A mis amigo de toda la vida,** Que los vi como unos hermanos que siempre Me brindaron su apoyo su confianza siempre me motivaron a salir adelante en mi vida personal así como profesional en la cual siempre tuvieron un papel importante Cada día ya que con sus consejos y aportaron sabidurías y experiencias en mi vida Personal. A ti **Guadalupe Janeth López Hernández** por ser mi sister por estar conmigo en las buenas y en las malas siempre me apoyaste sin pedírtelo y sin pedir nada a cambio eres una de las personas que aprecio mucho gracias por los ánimos, los consejos por sus regaños cuando no hacia las cosas bien hemos compartido cosas maravillosos alegría tristeza llevamos mucho tiempo y seguiremos así. De todo corazón te doy las gracias porque eres importante y formaste parte de mi vida, y le doy a gracias a dios por conocerte y nunca lo olvidare de toda las cosas que hemos compartido Sin nada más que decir te deseo mucha suerte y que te Dios bendiga siempre te quiero mucho hermanita también a **Axelito** que ahora ya soy su tío (jijijijij) y que la aprecio mucho y por darme la oportunidad Y permitir a estar con él y que siempre lo he considerado como mi sobrino. A ti **Laura Ramón Vicente** eres una de las amigas más pesadas que he tenido y te considero como mi hermana porque contigo te puedo hablar como se me antoje aunque a veces te enojas conmigo pero al siguiente día ya andamos como si nada son raras las veces que hablamos serios y gracias por lo que eres a veces no gritamos, cantamos nos enojamos pero aun si siempre nos hemos llevado bien chido y eso te lo agradezco y porque siempre me has apoyado en las buenas y en las malas.

**Q.I. Juan Carlos Mejía Cruz**, Técnico académico de laboratorio de suelos por el apoyo que me brindó en realizar el análisis de suelos de esta investigación y de antemano le doy las gracias.

**A todos mis Profesores**, Que de alguna manera contribuyeron en mi formación académica, con sus buenas experiencias y conocimientos facilitaron mi culminación como profesionista. A todos, mil gracias.

A mí querida **Leydi**, Por llegar en el momento preciso cuando más necesitaba ayuda, por hacerme feliz, que cambio mi vida, por los buenos ánimos de fuerzas que me dio para lograr mis metas y que cada día dándome buenos consejos, gracias por estar conmigo por este tiempo que es muy importante para mí. Te quiero mucho mi flaquita.

# DEDICATORIA

**A dios**, primeramente por permitir culminar mis estudios y se la dedico a este trabajo porque siempre ha iluminado mi camino, donde he pasado en momentos difíciles pero gracias a el Salí adelante y a I mismo no solo por ser mi guía de mi profesión sino también por mis días de mi vida que he vivido bajo la bendición de él.

**A mis abuelos**, se los dedico a este trabajo por estar siempre conmigo por sus confianza sus buenos deseos por nunca dejarme solo, porque sin ustedes no hubiera logrado mis estudios y con mucho amor y cariño les agradezco por este momento que la estoy pasando.

**A mis queridos y Amados Padres**, que a pesar de los problemas y circunstancias siempre me apoyaron para ser alguien de la vida por los buenos deseos, consejos y los ejemplos que me han brindado durante el transcurso de mi carrera.

**A mis Tíos, Tía y Hermanos**, que siempre me apoyaron en lo económico por los buenos ánimos para salir adelante era algo difícil pero gracias a ustedes logre mi meta y de todo corazón les doy las gracias a **MVZ Lucas** por apoyar desde el primer semestre hasta culminar mis estudios y que nunca me dejaste solo cuando más lo necesitaba tanto en lo moral y económico.

Para mis asesores de tesis, **M.C Genoveva Hernández Zamudio, Dr. Ángel Lagarda Murrieta, Dr. Jesús Vásquez Arroyo, MC Gerardo Zapata Sifuentes**, por el trabajo y la dedicación que hicieron para poder terminar mi trabajo de investigación

### **AL DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA**

Gracias a esta carrera adquirí muchos conocimientos y por ofrecer a los profesores quienes fueron guías para el desarrollo a mi profesión y le agradezco por todo lo que ha brindado por mi profesión lo cual pase cuatro años y medio y ahora le doy gracias por terminar mi carrera y puedo decir que es buena carrera y tiene muchos futuros.

**A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a mi Alma Terra Mater**, por darme la oportunidad de estudiar y ser alguien de la vida y me siento orgulloso de ser un buitre de corazón.

Y por último deseo dedicar este momento tan importante e inolvidable, a mí mismo, por no dejarme vencer ya que en ocasiones el principal obstáculo se encuentra dentro de uno.

# INDICE

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIA.....	vii
INDICE DE CUADRO.....	xi
ÍNDICE DE FIGURA.....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo general .....	3
1.1.1. Objetivo específico .....	4
1.2. Hipótesis.....	4
<b>II. LITERATURA REVISADA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Cultivo de nogal pecanero ( <i>Carya illinoensis</i> (Wangehn) K. Koch).....	5
2.2.1. Clasificación Taxonómica y Morfológica .....	6
2.2.2. Descripción botánica .....	6
2.2.2.1. Raíz .....	8
2.2.2.2. Tronco y Ramas .....	8
2.2.2.3. Hojas .....	9
2.2.2.4. Flores .....	9
2.2.2.5. Frutos .....	10
2.2.2.6. Brotación.....	12
2.2.2.7. Floración y Polinización.....	12
2.2.2.8. Caída del Fruto .....	13
2.2.2.9. Madurez del Fruto .....	13
2.2.3. Periodo Vegetativo .....	14
2.2.4. Importancia del cultivo .....	14
2.2.4.1. Origen .....	15
2.2.4.1. Distribución.....	17
2.2.4.2. Estadísticas de producción del nogal.....	17
2.2.5. Principales productores en México .....	18
2.2.5.1. Nacional.....	19
2.2.5.2 producción Regional .....	21
2.2.5.3. Rendimiento .....	21
2.2.6. Requerimientos Agroclimáticos .....	22
2.2.6.1. Suelo .....	22
2.2.6.2 Agua .....	23

2.2.6.3. Clima .....	23
2.2.6.4. Riego .....	24
2.3. Micorriza.....	25
2.3.1 Clasificación Taxonómica de Micorrizas vesículo Arbusculares (MVA) .....	26
2.3.2 Distribución de hongos micorrizógenos en México.....	29
2.3.3 Micorrizas Vesícula Arbusculares .....	30
2.3.3.1. Ectomicorrizas .....	32
2.3.3.2. Endomicorrizas .....	33
2.3.3.4. Interacción Planta-Hongo.....	33
2.3.4 Evolución de las Micorrizas Arbusculares.....	34
2.3.5 Importancia de las micorrizas .....	37
2.3.6. Ciclo de vida de HMA .....	38
2.3.6.1. Esporas de HMA .....	40
2.3.6.2. Germinación de las esporas .....	42
2.3.6.3 Influencia de las micorrizas Arbusculares en la absorción de fósforo por la planta..	43
2.3.6.4. Mecanismo de colonización.....	44
2.3.7. Raíz del Nogal .....	46
2.3.7.1 Micorrizas y Nutrición .....	47
2.3.7.2. Micorrizas y reguladores del crecimiento .....	48
2.3.7.3. Micorrizas y enfermedades radicales.....	48
2.3.7.4. Micorrización en nogal pecanero ( <i>Carya illinoensis</i> (Wangehn) K.koch) .....	48
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>50</b>
3.1. Localización del experimento.....	50
3.1.2. Realización del muestreo .....	50
3.2. Colecta de material biológico.....	51
3.2.1. Colecta de raíces .....	51
3.2.2. Muestreo de Suelo.....	51
3.3. Análisis de suelos en el laboratorio (aislamiento de esporas). .....	51
3.4. Conteo de esporas .....	52
3.5. Formo especie.....	52
3.6. Diseño experimental.....	53
<b>IV. RESULTADO .....</b>	<b>54</b>
<b>V: DISCUSION.....</b>	<b>60</b>
<b>VI: CONCLUSIÓN .....</b>	<b>62</b>
<b>VII: LITERATURA CITADA.....</b>	<b>63</b>

## INDICE DE CUADRO

Cuadro 1: De acuerdo con (Arreola A <i>et al.</i> , 2002).....	6
Cuadro 2: Periodo desde amarre de fruto hasta la maduración en las variedades western y Wichita. (Lagarda, 1978) .....	11
Cuadro 3: Superficie, producción total y producción promedio en la.....	21
Cuadro 4: Calendario de riegos para nogales en producción.....	24
Cuadro 5: clasificación taxonómica propuesta por Salamanca y Silvia, 1998. ....	26
Cuadro 6: Genero de micorriza Arbusculares presentes en las muestras de suelo del cultivo de nogal ( <i>Carya illinoensis (wangehn) K.Koch</i> ) en arboles jóvenes y viejos. ....	54
Cuadro 7: Numero esporas por muestra en 100 g de suelo en el cultivo de nogal pecanero ( <i>Carya illinoensis (wangehn) K.Koch</i> ).....	55
Cuadro 8. ANAVA.....	56
Cuadro 9: Análisis Físico-químico del suelo de nogal pecanero de la variedad <i>Western</i> ..	57
Cuadro 10: Análisis Físico-Químico del suelo de nogal pecanero de la variedad <i>Wichita</i> .	58

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Distribución de nogal pecanero.....	5
Figura 2: Árbol de nogal pecanero ( <i>Carya illinoensis (Wangehn)k.koch</i> ).....	7
Figura 3: Floración .....	13
Figura 4: Madurez del fruto.....	14
Figura 5: los diferentes grupos de micorrizas .....	28
Figura 6: Colonización de Ectomicorrizas .....	31
Figura 7: Colonización de Endomicorriza .....	32
Figura 8: ciclo de vida de HMA .....	39
Figura 9: Estructura morfológica de las micorrizas vesículo arbuscular.....	40
Figura 10: Esporas de micorrizas Arbusculares presentes en las muestras del suelo, del cultivo de nogal ( <i>Carya illinoensis (wangehn) K. Koch</i> ) en arboles jóvenes y viejos. ....	60

# RESUMEN

El presente investigación se realizó en una huerta de nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangehn) K. Koch), en el estado de Coahuila del norte de México. Cuyo nombre Tierra Blanca, municipio de matamoros, Coahuila, México, en época de cosecha, con el objetivo de Identificar los géneros de hongos micorrizicos arbusculares en la rizosfera de *Carya illinoensis* (Wangehn) K.koch, en arboles jóvenes con la edad de 10 años en 3 de la variedad *Wichita* y con árboles viejos con la edad 30 años de la variedad *Western* y es determinar la presencia e identificar los géneros de hongos micorrizicos arbusculares en raíces de *Carya illinoensis* k.koch evaluando el grado de micorrización natural en raíces de nogal pecanero, muestreándose 5 árboles tanto en arboles jóvenes y viejos a cada uno se le obtuvieron tres tipos de muestras a diferentes profundidades 30-60-90 cm de 500 gr 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 de árboles jóvenes se predominó el género *Glomus* seguidos por *Acaulospora*, *Gigaespora*, y *Sclerocystis*, y en los arboles viejos de igual manera el género *Glomus* fue el más alto porcentaje que se encontró Esta investigación fue realizada durante el mes de noviembre época de cosecha del inicio de la caída de las hojas del nogal.

**Palabras claves:** Hongos micorrizicos arbusculares, diversidad, esporas, rizósfera, nogal pecanero (*cayra illinoensis* (Wangehn) K.koch).

## ABSTRACT

This research was conducted in an orchard of pecan (pecan (Wangehn) K. Koch), in the state of Coahuila in northern México. Tierra Blanca whose name, municipality of Matamoros, Coahuila, México, at harvest time, in order to identify the gender of arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of *Carya illinoensis* (Wangehn)K.koch in young trees with the age of 10 on 3 Wichita variety and age-old trees 30 years of the Western variety and to determine the presence and identify the kinds of arbuscular mycorrhizal fungi in roots of *Carya illinoensis* (Wangehn)k.koch evaluating the degree of natural mycorrhizal in root pecan, 5 trees being sampled both young and old trees will each obtained three kinds of samples at different depths 30-60-90 cm of soil approximately 500g, which are processed for the production of spores by the method of settling and screening, continuing the physical-chemical method of soil. Gender obtained through the identification of spores in the sample of young trees followed by gender *Glomus Acaulospora*, *Gigaespora* and *Sclerocystis*, and the equally old trees are predominant genus *Glomus* was the highest percentage was found this research was conducted during November harvest time the start of the falling leaves of walnut.

**Keywords:** Arbuscular mycorrhizal fungi, diversity, spores, rhizosphere, pecan (*Carya illinoensis* (Wangehn) K.koch).

## I. INTRODUCCION

El nogal pacanero (*Carya illinoensis (Wangehn) K .Koch*) se cultiva en 50,700 ha en el estado de chihuahua y 90,100 ha en el país (Sagarpa, 2009), y la superficie aumenta sin planeación alguna para que las nogaleras sean rentables la producción anual de nuez debe ser > 2.0 t/ha. Una alta productividad se logra aumentando la eficacia de las prácticas de manejo y bajando los costos del cultivos (Puente, 2002).

Los principales productores son Estados Unidos (72 %) y México (25 %). Otros productores menores son Australia, Sudáfrica, Israel, Brasil, Argentina, Perú y Egipto. Además de ser el principal productor y exportador de nuez encarcelada, Estados Unidos es el más grande consumidor. Otros consumidores importantes son: Reino Unido, Alemania, Canadá y Japón. Los Estados Unidos exportan e importan nueces, y México es el principal exportador (nuez con cáscara .(Herrera y Clevenger, 1996).

En las huertas de nogal pacanero el suelo es explotado de manera intensiva (Guerrero y flynn, 2002); así, muchas nogaleras basan su buen producción y calidad de nuez en un alto uso de insumos (González, 2007).

La alternancia de la producción se debe en buena medida a las condiciones del suelo, manejo, independientemente de la edad de la huerta. La fertilización que se lleva a cabo en el otoño puede ser absorbido por las raíces mientras los árboles tengan follaje y las temperaturas sean  $\pm 8$  °C, las aplicaciones tardías no causan

efectos dañino sobre el follaje por heladas tempranas al final de la estación y al inicio de la estación con las heladas tardías por una Brotación temprana de yemas vegetativas en el árbol (Brison, 1976).

Alrededor del 95% de las plantas terrestres forman simbiosis de tipo mutualista con ciertos hongos del suelo, estas simbiosis se producen en las raíces, originado lo que se conoce como micorrizas. Las más conocidas son las pertenecientes al grupo de ectomicorrizas o micorrizas exógenas ya que no colonizan intracelularmente los tejidos de la raíz, sino que forman un manto de hifas que recubre la misma. Sin embargo las micorrizas arbusculares forman endomicorrizas con órganos en el interior de las células de la raíz (arbúsculos), que están presentes en al menos en un 80 % de las especies vegetales terrestres De todo tipo incluyendo la mayor parte de los árboles y arbustos forestales y en todo tipo de ecosistemas (Tarango R *et al.*, 2004).

La micorrización supone una ventaja para la producción de planta tanto en aspectos cualitativos como cuantitativos, pues es conocido que esta simbiosis mejora las capacidades de exploración de la rizósfera y la absorción de agua y nutrientes. Varios estudios previos han puesto de manifiesto los efectos positivos de la inoculación con endomicorrizas sobre las características biométricas de plantas de nogal americano (*Juglans Nigra*). Sin embargo los trabajos referidos a

*Juglans Regia* son mucho menos abundantes en el terreno de las micorrizas arbusculares (Tarango R *et al.*, 2004).

Son muchos los efectos beneficiosos de las simbiosis micorrízicos. Se sabe que las micorrizas aportan a la planta fósforo y otros nutrientes, y tienen un efecto positivo en su estado hídrico, en especial en plantas que están sometidas a estrés (Morton y Redecker., 2001)

En algunas regiones el nogal pecanero sufre de una enfermedad llamada necrosis de las raíces alimentadoras; sin embargo cuando las raíces son micorrizadas por *S. Bovista*, la enfermedad no se presenta, pues este hongo benéfico produce antibiótico. Dada sus necesidades nutricionales, el hongo micorrízico restringe su hábitat a la raíz y al suelo vecino a ella y se reproduce cuando está colonizando una raíz. El presente trabajo tiene como objetivo de determinar el porcentaje de micorrización Arbusculares nativos asociados a las raíces de nogal pecanero (*Carya illinoensis* K .Koch) en árboles jóvenes con 3 años de producción y árboles viejos con las variedades *Wichita* y *western* (Marx, 2000).

## 1.1. Objetivo general

Evaluación general de las poblaciones de micorrización Arbusculares en plantas jóvenes y viejos de nogal pecanero (*Carya illinoensis* K .Koch).

### 1.1.1. Objetivo específico

Comparación de la diversidad morfológica de los géneros de los HMA presente en la rizosfera de los arboles jóvenes y viejos de (*Carya illinoensis* (Wangehn) K .Koch)

- Comparación de la evaluación de porcentaje de micorrización en raíces de los arboles jóvenes y viejos de. (*Carya illinoensis* (Wangehn) K .Koch)
- Conteo de esporas en 100 g de la rizósfera de los arboles jóvenes y viejos de. (*Carya illinoensis* (Wangehn) K .Koch)

### 1.2. Hipótesis

Los arboles jóvenes presentan una mayor diversidad de esporas. Y un alto porcentaje de micorrización arbusculares

## II. LITERATURA REVISADA

### 2.1. Cultivo de nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangehn) K. Koch)

El pecano (*Carya illinoensis* (Wangehn) K.koch) es una especie frutal perteneciente al grupo de las nueces; miembro de la familia Juglandaceae, la misma del nogal castilla (*Junglans regia*). Es nativa del sur de Estados Unidos, extendiéndose por Texas y Norte de México. La especie es abundante en los ríos y arroyos de Oklahoma central y oriental y en Texas (Lemus S, 2004).

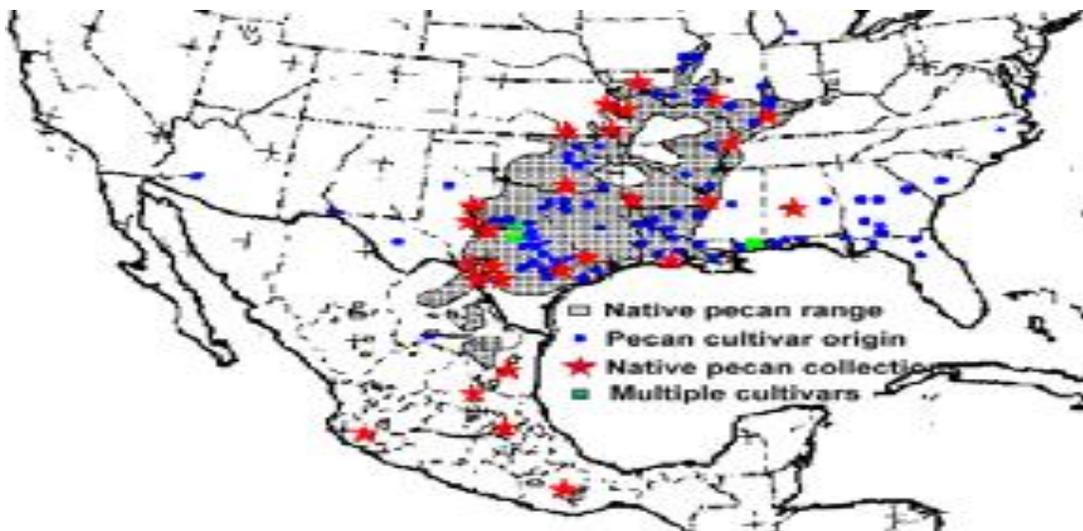


Figura 1: Distribución de nogal pecanero (Lemus S, 2004).

### 2.2.1. Clasificación Taxonómica y Morfológica

**Cuadro 1:** De acuerdo con (Arreola A *et al.*, 2002)

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Espermatofitas
<b>Subdivisión</b>	Angiosperma
<b>Clase</b>	Dicotiledóneas
<b>Familia</b>	Juglandácea
<b>Genero</b>	<i>Cayra</i>
<b>Especie</b>	<i>illinoensis (koch)</i>

### 2.2.2. Descripción botánica

Es un árbol que puede superar los 30 metros de altura, vigoroso y longevo, inicia su producción de los 6 a los 10 años de edad y continúa produciendo comercialmente durante más de 50 años, Su fruta se considera una drupa, la cual consta de pericarpio, mesocarpio y semilla (almendra). El pericarpio y el mesocarpio es una estructura segmentada en cuatro partes que al Deshidratarse se abre dejando libre el endocarpio y a la semilla. A la porción del mesocarpio y Endocarpio se lo conoce como ruezno. Las nueces compuestas por el endocarpio y la semilla Normalmente miden de 2 a 6 cm de largo y pesan de 4 a 12 gramos cada una (Retes López, 2014).



Figura 2: Árbol de nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangehn) K.koch).

Son arboles monoicas la cual cuenta con flores masculinas dispuestas en amentos largos, de 6 a 8 cm. casi siempre solitarios, de color verde parduzco e insertas en la parte superior de las ramillas nacidas el año anterior, que en la floración están desprovistas de hojas. Las flores femeninas son solitarias o agrupadas en un número de una a cinco, en espigas terminales encima de los ramillos del año corriente, y son llevadas por un pedúnculo corto y grueso. El receptáculo floral lleva un pequeño perigonio con tres o cuatro dientecitos; ovario ínfero adherente, con un óvulo, terminado por dos estilos cortísimos. Florece en primavera (SAGARPA, 2005).

Su color de su madera es variado, en la especie europea posee gran contraste entre la parte externa muy clara y la parte más interna oscura. Estos contrastes varían mucho de unos árboles a otros, por lo general se suele definir el color como pardo grisáceo aunque la atraviesan grietas de color muy oscuro (SAGARPA, 2005).

La nuez del pecano es un alimento altamente saludable. Es un producto libre de colesterol, con altos contenidos de proteínas y ácidos grasos insaturados

que reducen el contenido de colesterol en la sangre. Cabe destacar que este contenido de ácido oleico es similar al que poseen las mejores variedades de olivo para aceite. Además, los frutos son fuente de calcio, hierro, potasio y vitamina A. El Pecano necesita largos periodos libres de heladas, 150 a 210 días, desde que comienza el crecimiento en la primavera hasta la madurez de los frutos en otoño (Lemus S, 2004)

#### **2.2.2.1. Raíz**

Presenta una raíz pivotante el primero y segundo año de crecimiento; crece más del doble de su follaje, del tercer año en adelante, se hace semifibrosa y se extiende en su radio que se ensancha horizontalmente hasta abarcar un área semejante o mayor a la alcanzada por el follaje, pudiendo llegar a desarrollarse a una profundidad de 3.6 a 5.4 m. Al momento de la madurez. Esto se debe a que las capas profundas del suelo no encuentran sustancias nutritivas y debajo de 1.5 a 2 mt. De profundidad la compactación de la tierra impide que las raíces puedan respirar con facilidad. Cuando están encuentran agua estancada detiene ay su desarrollo (Camargo, 2001).

Por otra parte tiene un sistema radical muy desarrollado formado por una raíz principal pivotante y un sistema secundario, en condiciones naturales, puede penetrar a una profundidad de 10 metros (Lemus S, 2004) .

#### **2.2.2.2. Tronco y Ramas**

Existen nogales con troncos de más de 3 mt. De diámetro, estos por lo general son nativos o silvestres, se elevan rectos y sus ramificaciones comienzan casi a los 10 m. de altura. Estas características diferencian a los arboles criollos de los injertos, ya que en estos generalmente su tronco es más corto y sus ramificaciones empiezan desde abajo. Un nogal adulto con alimentación equilibrada deberá tener un crecimiento anual entre 10 a 35 cm. en sus ramas y aumento en el diámetro del tronco no menor de 2.5 cm al año (Camargo, 2001)

#### **2.2.2.3. Hojas**

Todos los nogales adultos son de follaje espeso con copa semiredonda, sus hojas son compuestas con 5 a 19 folíolos grandes, ovales, lanceoladas y finalmente dentadas, al tallarlos despiden un olor típico. Las hojas del nogal criollo comparado con los injertados, es una característica típica para diferenciarlos antes de los primeros cinco a seis años de edad. Las hojas de los nogales criollos tienen vellosidades y son de color verde ligeramente grisáceas, las del nogal injertado son “glabras”, es decir, carecen de bello, su color verde es más brillante y el aserrado del margen es diferente y más notable. Las hojas contribuyen directamente en el desarrollo de las nueces y proveen de reservas alimenticias que son almacenadas en los tallos y raíces, las cuales servirán para el crecimiento del árbol y desarrollo de las Nueces del año siguiente (Camargo, 2001).

#### **2.2.2.4. Flores**

El nogal es una planta monoica, la cual significa que tiene flores femeninas y masculinas en el mismo árbol. Las flores masculinas son muy pequeñas, apetaladas y se encuentran ubicadas en amentos cilíndricos colgantes que nacen en yemas mixtas (hojas y flores) no de la rama. Las flores femeninas crecen en inflorescencia de racimo en número de 2-9 en un pedúnculo corto, son de color verde claro y los pistilos tienen forma de motita amarilla en la punta cuando ya están maduras. Las yemas florales macho se forman de julio a septiembre de cada año y lo hacen junto con las nueces en desarrollo y las flores femeninas al inicio de la Brotación (Camargo, 2001).

#### **2.2.2.5. Frutos**

Los frutos (nueces) se desarrollan de las flores femeninas por lo general de 3 a 9, pero cuando el árbol está viejo o es débil solo produce una por racimo; el fruto del nogal es clasificado botánicamente como drupa (cuya cubierta es el ruezno). El fruto es una drupa, de 2,5 a 4,5 centímetros de longitud. La nuez es de forma oblonga, lisa, de cáscara delgada y puntiaguda. Su periodo de desarrollo es largo y se extiende aproximadamente por siete meses (Lemus S, 2004) .

Estas drupas tienen una capa verde carnosa de sabor amargo llamado ruezno (mesocarpio) que al madurar se vuelve negra y se abre a lo largo dejando la nuez libre, la parte dura de la nuez (endocarpio) protege a la almendra o parte comestible (Camargo, 2001).

El fruto de la nuez inicia su crecimiento después que la flor femenina es fecundada, su desarrollo implica dos etapas, a) crecimiento rápido del fruto, donde es el periodo que corresponde al crecimiento de la nuez, comprende del amarre del fruto (mayo) al inicio de endurecimiento de cascara (finales de julio) b) llenado de almendra, abarca el endurecimiento de cascara (finales de julio o principios de agosto) al comienzo de la maduración del fruto o apertura del ruezno (mediados de septiembre (Lagarda, 1978).

Durante el periodo de crecimiento del fruto, se inicia el periodo de alta demanda de agua y nutrimentos y cualquier deficiencia de estos insumos afecta el tamaño de la nuez. Después del crecimiento de la nuez, inicia la etapa del llenado de la misma con el crecimiento del embrión o almendra, por lo que cualquier factor que reduzca la elaboración de carbohidratos en el árbol reducirá al llenado de la nuez y se reflejara en un bajo porcentaje de almendra. (Lagarda, 1978).

**Cuadro 2: Periodo desde amarre de fruto hasta la maduración en las variedades *western* y *Wichita*. (Lagarda, 1978)**

<b>Variedad</b>	<b>Inicio de aumento de tamaño</b>	<b>Inicio de estado acuoso</b>	<b>Inicio de endurecimiento de la cascara</b>	<b>Inicio de la maduración</b>
<b>Wéstern</b>	20-21 mayo	18-30 junio	25-30 julio	6-20 sep.
<b>Wichita</b>	12-20 mayo	12 jun-9 jul.	15-30 julio	6-13 sep.

Durante la etapa de llenado de la nuez las labores de riego, control de plagas y enfermedades son prioritarias la almendra constituye del 30 al 60% del

peso de la nuez madura y contiene aproximadamente 70%de aceite que se producen en un periodo de seis semanas aproximadamente (Lagarda, 1978).

#### **2.2.2.6. Brotación**

La época de brotación e el nogal varía según el clima que prevalezca en el año, sin embargo esta ocurre de manera general durante quincena de marzo, el porcentaje de yemas que broten bajo condiciones de la región lagunera en la variedad western, es superior al 72%no obstante, una cantidad considerable de brotes quedan sin desarrollarse y mueren durante el desarrollo de flores masculinas o femeninas. (Lagarda, 1978).

#### **2.2.2.7. Floración y Polinización**

En nogal es una planta monoica en consecuencia tiene flores masculinas y femeninas separadas en el mismo árbol, si la producción, viabilidad y dispersión de polen de la flor masculina no coinciden con la receptiva de la femenina ocurre la dicogamia y cuando estos periodos son simultáneos se denomina monogamia. La dicogamia puede ser protandrica, cuando el polen se libera y, cuando la flor femenina aún no está receptiva y la liberación del polen aun no ocurre. Estos fenómenos pueden ser completos si la liberación del polen y la receptividad de la flor ocurren en periodos separados o bien incompletos cuando parte de ellos coinciden (Lagarda, 1978).



**Figura 3: Floración**

#### **2.2.2.8. Caída del Fruto**

Estas etapas son de importancia y corresponden los periodos de fecundación, estado acuoso del fruto y endurecimiento de cascara, los mayores porcentajes de caída de nuez se presentan durante la fecundación y en estado acuoso, sin embargo la etapa más conocida, porque ocurre cuando la nuez puede ser vista fácilmente corresponde al endurecimiento de la cascara y se presenta a principios de agosto (Lagarda, 1978).

#### **2.2.2.9. Madurez del Fruto**

Una vez que el desarrollo de la almendra se ha completado, lo cual ocurre en un periodo aproximado de seis semanas (agosto y septiembre) en las variedades *western*, *Wichita* y *Choctaq*, la planta inicia la apertura del ruezno, lo cual indica que principia la maduración del fruto (Lagarda, 1978).



**Figura 4: Madurez del fruto**

### **2.2.3. Periodo Vegetativo**

El periodo vegetativo del nogal varía de 240 a 270 días, considerando desde su brotación a fines de marzo hasta la defoliación natural a fines de noviembre. Las variedades inician su brotación generalmente después de la semana de marzo (Lagarda, 1978).

### **2.2.4. Importancia del cultivo**

El nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangehn) K .Koch) es un frutal de gran importancia a nivel mundial, ya que se tiene establecida una superficie aproximada de 307 000 ha (SAGARPA-SIAP, 2009).

Es un árbol de gran importancia económica, tanto por la producción de los frutos como por el leño, siendo una de las especies frutales más rentable

actualmente. La mayoría de los países productores de nueces han aumentado su escala operativa para reducir el coste en la adquisición de los insumos, así como para el procesamiento de la nuez, donde se ha logrado avanzar tanto en la presentación del producto como en la diversificación de usos para lograr un producto diferenciado. En general, la mejora de la competitividad en el cultivo del nogal, ha reflejado el aumento de la superficie cultivada (SAGARPA-SIAP, 2009).

Este cultivo tiene una inmensa importancia en la Comarca Lagunera inicia a partir del año 1948, cuando se establecieron las primeras huertas de nogal. Las variedades introducidas fueron: *Western, Wichita, Burkett, San Saba Improved, Barton, Mahan*, predominando *Western y Wichita*. Actualmente el nogal ocupa el primer lugar entre los frutales cultivados (Arreola A *et al.*, 2002).

De todos los alimentos con que América ha contribuido a la población internacional, la nuez es la más importante y está destinada a jugar un papel muy importante en la gastronomía, siendo un recurso para resolver la falta de alimentos como fuente de energía concentrada. Es fruto además tiene aplicaciones en la medicina y en la industria (Arreola A *et al.*, 2002).

#### **2.2.4.1. Origen**

Los españoles llamaron nogal al árbol pecanero y a su fruto la nombraron "nuez". En distintas regiones del país se le diferencia de otras nueces con el nombre de nuez cáscara de papel" Las áreas productivas se extienden en Estados Unidos de América desde el suroeste de Ohio hasta Kentucky y Alabama (Brison, 1992).

En 1948 se establecieron las primeras plantaciones de nogal en la Comarca Lagunera, ocupando actualmente el primer lugar en valor de la producción entre los frutales de la región, seguido por hortalizas como melón, sandía, chile y otros cultivos. Para el año 2003 se reportó un valor de la producción de nuez en la región de 182.400 millones de pesos (Retes López, 2014).

La nuez pecanera tiene sus orígenes en la prehistoria, se han encontrado rastros fósiles en Texas y en el Norte de México indicando su existencia desde antes que los americanos nativos vivieran ahí. El descubrimiento de restos fósiles junto con millones de árboles nativos de nuez pecanera han sido encontrados a lo largo de la mayoría de los arroyos y cauces de ríos en estas regiones (Sur de EUA y Norte de México) indican que el origen de la nuez pecanera es en dichas áreas.(Brisson, 1992).

En el estado de Coahuila el nogal es de gran relevancia, ya que la región norte del estado forma parte del centro de origen de esta especie (Orona Castillo, 2013)

La industria nogaleras en México comenzó con plantaciones que contaban con un gran número de variedades (más de 15) de las cuales, como es de esperarse, no todas tuvieron la adaptación adecuada, con lo que se limitaba el potencial productivo de nuez durante los primeros 30 años, hasta que se definieron que las variedades *Western Schley* y *Wichita*, variedades de alrededor de 180 días de ciclo vegetativo (de brotación a cosecha) y con un potencial de rendimiento de 2000 kg/ha, requieren una lámina de riego de 1.4 m para la región del Desierto

Chihuahuense, sin embargo, son susceptibles a la viviparidad de la nuez (nuez germinada), a pesar de ello, fueron las de mejor adaptación para todo el norte de México, motivo por el cual ocupan el 85% de las variedades de nogal pecanero actualmente cultivadas y se han implementado en las nogaleras nuevas (ojeda *et al.*, 2009).

#### **2.2.4.1. Distribución**

Como originario de Asia, su distribución por Europa se atribuye a los romanos, ocupa gran parte de Europa excepto la zona norte, se extiende por China y en general por el centro de Asia llegando hasta el Himalaya. En América ocupa desde Canadá hasta el sur de Estados Unidos, no faltan ejemplares distribuidos por la América Latina (Brison, 1992).

#### **2.2.4.2. Estadísticas de producción del nogal**

Se estima que en conjunto Estados Unidos y México producen entre 90% a 95% del total de nuez pecanera en el mundo, el primero con alrededor de 75% y el segundo con 20%. Otros países han mostrado interés y avances en la producción de nuez, entre ellos Australia, Sudáfrica, Brasil, Israel, Egipto, Perú y Argentina. (Brison, 1992).

En México, los principales estados productores son Chihuahua (61.8% del total), Coahuila (18.6%), Sonora (7.74%), Nuevo León (5.38%) y Durango (5.57%) y a través de los años, el país ha tenido un incremento estable de la producción. La información estadística del gobierno estadounidense muestra que para el ciclo

2002/03, la producción total de México fue 63,000 toneladas con un incremento Anual de 1% en los últimos dos años. Aproximadamente, entre 60% y 70% de la producción mexicana se exporta principalmente hacia el mercado estadounidense. Para el año 2005, el número de árboles en producción en México fue alrededor de 3.4 millones, plantados en 65,525 hectáreas. Para el año 2008, las estadísticas nacionales registraron un rendimiento promedio de 1.51 ton ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2008). Las estimaciones predicen que para el año 2010, la producción total de nuez en México podría alcanzar la cifra de 75,000 toneladas (López Díaz, 2011).

En las regiones productoras de nuez del país, existe una amplia diversidad genética de nogal pecanero y a la fecha solo se ha explorado, recolectado, resguardado y caracterizado con fines varietales (Núñez, 2002).

México es considerado el centro de origen de esta especie, se estima que existen 1, 500,000 árboles de nogal nativo y criollos distribuidos en 8 estados (Núñez, 2002).

### **2.2.5. Principales productores en México**

El nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangehn) K. Koch) es un frutal de gran importancia a nivel mundial, ya que se tiene establecida una superficie aproximada de 307 000 ha. Los principales países productores son: Estados Unidos (72%) y México (25%). En México la superficie de nogal sembrada aumentó de 48 000 ha en 1980 a 84 000 ha en 2009 (75%), de las cuales se tienen establecidas 820 001 ha en condiciones de riego (SAGARPA-SIAP, 2009). En México, los estados de Chihuahua, Coahuila, Sonora, Durango y Nuevo León, representan el 97.39%

del total de la producción nogaleras (SAGARPASIACON, 2013). El estado de Coahuila tiene una superficie de 14 mil ha, que corresponde al 16.9% de la superficie total nacional, con una producción de 19 433 Mg y un rendimiento de 1.53 Mg ha<sup>-1</sup> (SAGARPA-SIAP, 2009).

#### **2.2.5.1. Nacional**

En la zona norte de México se concentra el 92 % de la producción nacional (SAGARPASIAP, 2009). Sin embargo, existen diversas limitantes para su producción, por lo que el rendimiento promedio a nivel nacional es de 1.3 t·ha<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2005). Entre dichas limitaciones se encuentran las deficiencias y desbalances nutrimentales derivados de las características edáficas y climáticas de las regiones productivas (GARCÍA-HERNÁNDEZ *et al.*, 2009). Todo ello afecta el rendimiento, ya que esta variable es un reflejo de las condiciones del suelo, manejo y sanidad del nogal (SANTAMARÍA *et al.*, 2002).

El crecimiento de la producción nacional en el periodo a partir del años 2003 se atribuye a crecimiento de la superficie, ya que la productividad media pertenece alrededor de 1.5 ton/Ha, cabe mencionar que esta cifras se encuentran sujetas a interacciones interanuales por la alternancia de producción que muestra el cultivo y esta alternancia ha variado mucho en los últimos años (Retes López, 2014).

Alrededor del 70% de la producción nacional se exporta principalmente a estados unidos y en los últimos cinco años a china. Con tendencia creciente entre 1998 y 2002, el precio medio rural de la nuez fue de 19,430 pesos por toneladas, entre 2002 y 2009 este fue de 34,370 pesos, un incremento verdaderamente notable (Retes López, 2014).

Actualmente, la superficie cosechada del nogal pecanero se localiza en el norte del país y prácticamente en su totalidad en las áreas de riego (gravedad y bombeo), y en áreas muy marginales de temporal. Los principales distritos de riego con plantaciones de nogal en el país son los de Chihuahua, Delicias y Río Florido, en el estado de Chihuahua; y el de Costa de Hermosillo en Sonora (SIAP, 2009). Los estados con mayor producción de nuez en la República Mexicana son Chihuahua con 54,629 ton y un rendimiento por hectárea de 1.5 ton, seguido de Coahuila con una producción de 8,776 ton y un rendimiento de 0.71 ton/ha; Sonora con una producción de 7,075 ton y un rendimiento de 1.06 ton/ha; y Durango con una producción de 2,783 ton y un rendimiento de 0.78 ton/ha (S.A.S., 2004).

La superficie sembrada y cosechada se mantuvieron constantes hasta el 2002, a partir del 2003 se inició un aumento en ambos, pero fue el área sembrada la que registró la mayor cantidad de hectáreas, si bien la superficie cosechada también aumentó, no lo hizo al mismo ritmo, por lo que se registró una superficie siniestrada de más del 20%. La producción también tuvo un aumento, siendo en 2009 el año que más toneladas aumentó, durante el periodo analizado, este rubro tuvo una Tasa de crecimiento Media Anual (TCMA) del 2.5% con un rendimiento promedio por hectárea de 1.37 Ton (S.A.S., 2004).

El valor de la producción nacional en el año 2000 fue de 137 millones de dólares, por lo cual el cultivo es altamente redituable (S.A.S., 2004).

### 2.2.5.2 producción Regional

**Cuadro 3: Superficie, producción total y producción promedio en la Comarca Lagunera de Coahuila.**

Entidad	Superficie (Ha)	Producción total (toneladas)	Producción promedio Ton/Ha	Valor de producción total
Comarca Lagunera	3,635	2,415	0.664	72,456,000

**FUENTE: (SAGARPA, 2010).**

En la comarca lagunera la producción promedio por hectárea representa una producción muy baja por unidad de superficie lo que supone un manejo inadecuado de las huertas y por los eventos climáticos (la granizada y los fuertes vientos) (SAGARPA, 2010).

La producción normal de una huerta con buen manejo debe ser de 20 kg. Por Árbol de 10 años de edad (SAGARPA, 2010).

### 2.2.5.3. Rendimiento

Para que los árboles de nogal se desarrollen y produzcan altos rendimientos y calidad de nuez, deben ser fertilizados adecuadamente, en particular con nitrógeno (N) que es el nutrimento de mayor demanda y volumen de aplicación en huertos de nogal pecanero (Sanchez *et al.*, 2009); (Tarango R *et al.*, 2004). El déficit de N repercute negativamente en algunos aspectos productivos: el fruto no se desarrolla correctamente, el llenado de la almendra es pobre y aumenta el porcentaje de frutos con “golpe de sol” y nuez seca (Ruiz, 2005). Por otro lado, al igual que en la mayoría de los cultivos en la actualidad, en las huertas de nogal pecanero también se busca incrementar la sustentabilidad productiva a través de la implementación de prácticas orgánicas. De entre las diferentes enmiendas De tipo orgánico, la composta ha adquirido cada vez mayor importancia como fuente de nutrimentos para el suelo y las plantas en los sistemas de agricultura orgánica, y en aquellos sistemas agrícolas que pretenden ser más sustentables (BULLOCK *et al.*, 2002).

## **2.2.6. Requerimientos Agroclimáticos**

### **2.2.6.1. Suelo**

El Pecano es capaz de crecer en una amplia gama de suelos, obteniéndose un mejor desarrollo y producción en aquellos con textura media, de 1 a 2 m de profundidad, alta capacidad de retención de humedad y buen drenaje. Los suelos

que poseen napa freática alta, capas impermeables, alto contenido de arcillas no son adecuados para el establecimiento de la especie (Lemus S, 2004)

La variabilidad de adaptación de la especie, tanto a suelos alcalinos como a suelos ácidos, es amplia, creciendo satisfactoriamente en un rango de pH entre 5 a 8. Sin embargo, la presencia de altos contenidos carbonato de calcio en el suelo puede provocar fitotoxicidad en las hojas y síntomas de falta de hierro. Además, concentraciones superiores a 1000 ppm de sales totales disueltas, más de 300 ppm de cloruros o más de 0.5 ppm de boro en agua de riego, provocan quemaduras en las hojas y algún grado de defoliación, especialmente durante el verano (Lemus S, 2004).

#### **2.2.6.2 Agua**

A pesar de su rusticidad es muy sensible a la sequía, siendo impropio para ser cultivado en las tierras de secano y de naturaleza seca para que su cultivo sea posible necesita de precipitaciones mínimas de 700 Mm., siendo de 100 – 1200 Mm. Para explotaciones. Intensivas. Si la pluviometría es insuficiente o esta irregularmente repartida, habrá que recurrir al riego para conseguir un desarrollo normal de los árboles y una buena producción de nuez (Herrera, 2008).

#### **2.2.6.3. Clima**

El nogal es un cultivo que se caracteriza por tener una excelente adaptación a las condiciones climáticas del norte de México, comprendidas entre las 50 a 600

unidades frío y 3000 o más de unidades calor y baja humedad ambiental y de precipitación. El cultivo requiere la aplicación de riego en las huertas (1.40 m/año), implicando con ello la consiguiente tecnificación de los sistemas productivos con nuevos métodos de aplicación de agua y fertilizantes, con la utilización de los conceptos de fertirrigación, mínima labranza en el manejo de suelos y control integrado de plagas, con lo que se ha evolucionado al desarrollo de sistemas de producción de nuez poco contaminantes y muy competitivos (Lagarda, 2007).

#### **2.2.6.4. Riego**

En árboles recién establecidos los primeros cuatro riegos se darán cada 10 días y los posteriores cada 15 días. Los nogales en desarrollo se riegan cada 15 días, de mediados de marzo a mediados de septiembre. Se les da un riego invernal a mediados de enero. Para nogales en producción se recomienda el calendario indicado en el cuadro 4, basado en las etapas críticas del cultivo. En suelos de textura ligera se recomienda el riego de invierno. El contenido de sales del agua debe ser menor de 1,000 ppm (Martínez, 2002).

**Cuadro 4: Calendario de riegos para nogales en producción**

Fase fenológica	Fecha aproximada
<b>Previo a Brotación</b>	15 marzo
<b>Crecimiento de brote</b>	15 abril
<b>Crecimiento de nuez</b>	15 mayo
<b>Inicio estado acuoso</b>	5 junio
<b>Estado acuoso</b>	25 junio
<b>Endurecimiento de cáscara</b>	15 julio
<b>Estado mucilaginoso</b>	1 agosto

---

Llenado de almendra	20 agosto
Apertura de ruezno	15 septiembre

Por la escasez de agua, en algunas regiones el riego presurizado es obligado. En nogaleras los sistemas probados son los de microaspersión y aspersión. Es aconsejable que en el diseño de los sistemas participe un especialista independiente a la compañía vendedora. El plan de riegos es una parte clave del diseño y es particular para cada tipo de suelo y edad de los nogales. La fertilización a través del sistema de riego es una práctica recomendable, y los esquemas de aplicación son propios para cada huerta y deben ser desarrollados por el técnico de la misma (Martínez, 2002).

## 2.3. Micorriza

Etimológicamente, la palabra se ha formado del término griego “*Mykos*” (hongo) y del vocablo latino “*Rhiza*” (raíz). El término micorriza, cuyo significado literal es hongo - raíz, se aplicó por primera vez a las asociaciones que se establecen entre plantas terrestres y determinados hongos del suelo, siendo descrito por el patólogo alemán Albert Bernard Frank en 1885 (Frank, 1885). Él estableció que dicha asociación era mutualista dados los beneficios que reporta la misma para ambos participantes, y comprende la penetración radical por parte del

hongo y Raíz micorrizadas carencia de respuesta perjudicial hacia éste por parte de la planta hospedera que lo impida (Marks y Foster., 2002).

La micorriza es una raíz modificada por la infección y colonización de un hongo benéfico especializado, llamado 'hongo micorrízicos en las raíces sin producirle daño. Nutre al hongo con una parte de sus productos elaborados como son los azúcares o vitaminas y permite alojarse entre o dentro de sus células El hongo degrada, absorbe y traslada selectivamente a la planta ciertos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, B) ayuda en su crecimiento, la auxilia en la absorción de agua, puede almacenar sustancias nocivas para las plantas (ej. metales pesados), evitando su toxicidad. Protege a la raíz de ciertos patógenos (Marks y Foster., 2002).

### 2.3.1 Clasificación Taxonómica de Micorrizas vesículo Arbusculares (MVA)

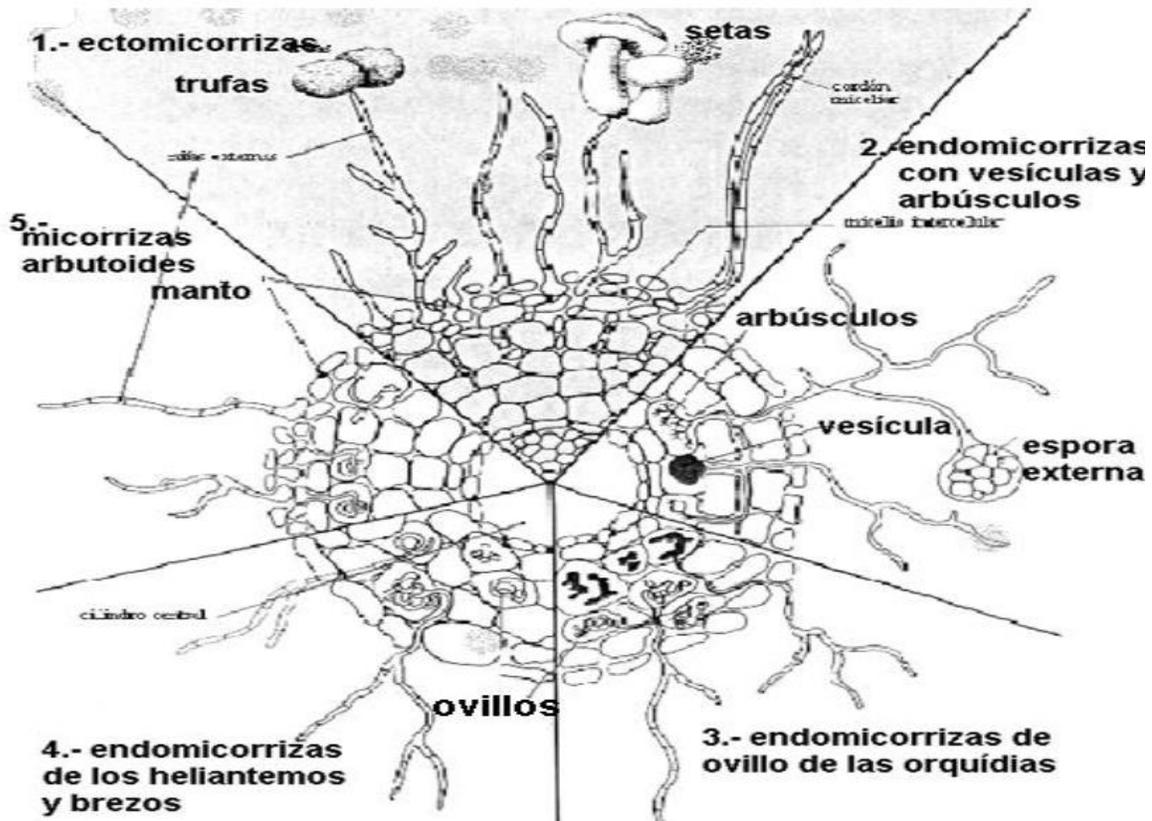
**Cuadro 5: clasificación taxonómica propuesta por Salamanca y Silvia, 1998.**

Clases	Orden	Suborden	Familia	Géneros
<b>Zigomycetes</b>	<b>Glomales</b>	<b>Glomineae</b>	<b>Glomaceae</b>	<b>Glomus</b>
				<b>Sclerocystis</b>
			<b>Acualosporaceae</b>	<b>Acualospora</b>
				<b>Entrophospora</b>
		<b>Gigasporineae</b>	<b>Gigasporaceae</b>	<b>Gigaspora</b>
				<b>Scutellospora</b>
			<b>Paraglomaceae</b>	<b>Paraglomus</b>

**Archaeosporaceae Archaeospora**

Los estudios con HMA se han enfocado principalmente en determinar la respuesta de la planta a la micorriza sin considerar detenidamente al endófito, dando la impresión de que estos hongos son funcionalmente equivalentes ya que incluso una morfo especie puede asociarse con un gran número de plantas. Sin embargo, se ha demostrado que estos hongos tienen una gran diversidad fisiológica y probablemente han desarrollado adaptaciones específicas a las condiciones ambientales y edáficas en las que se desarrollan. Se ha observado que las plantas micorrizadas se benefician en diferente magnitud dependiendo de los HMA que las colonicen (Smith *et al.*, 2000).

Tradicionalmente se reconocen cinco grupos de micorrizas basándose en criterios morfológicos, anatómicos y sistemáticos tanto de las plantas como de los hongos. Tales grupos son: ectomicorrizas (formadores de manto), micorrizas ericales (endomycorrizas), micorrizas de *Orchidaceae* (*endomycorriza*), *Arbutoides* (*Ectoendomycorrizas*) y micorrizas Arbusculares también llamadas endomycorrizas (Aguilera *et al.*, 2008).



**Figura 5: los diferentes grupos de micorrizas (Aguilera *et al.*, 2008)**

Aunque se han reconocido varios tipos de micorrizas de acuerdo al grupo al que pertenece el hongo participante y la manera en que están asociados a las plantas, los dos tipos más sobresalientes son la ectomicorrizas y la micorriza Arbusculares o endomicorriza (Villegas y Cifuentes, 2004).

Las micorrizas son hongos que comprenden complejas interacciones pertenecientes a diferentes grupos taxonómicos y alrededor del 90% de las plantas presentan raíces micorrizadas. Son los principales órganos de captación de nutrientes y agua de las plantas (Bonfante, 2003).

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 (Bonfante, 2003).

### **2.3.2 Distribución de hongos micorrizógenos en México**

A pesar de que México ocupa el cuarto lugar en biodiversidad vegetal con cerca de 22,000 especies registradas (Rzedowski 1991), y que se calcula que alrededor del 70% de las plantas forman micorriza arbuscular, la diversidad taxonómica de los HMA ha sido pobremente estudiada y solamente se conocen 44 especies de estos hongos que corresponden al 29% de las especies conocidas mundialmente.

Estas 44 especies de HMA solo se han registrado en 11 estados de la República Mexicana, y además las exploraciones han sido bastante esporádicas, excepto probablemente para el estado de Tlaxcala. Por otro lado en la mayor parte de los casos no se han depositado ejemplares de referencia en ningún herbario, por lo que la confirmación taxonómica de las especies es prácticamente imposible. La mayoría de los HMA que se conocen de México, proceden de sistemas agrícolas y solo siete especies han sido citadas de ambientes naturales. De las 44 especies, seis fueron descritas originalmente de México (Marks y Foster., 2002).

### 2.3.3 Micorrizas Vesícula Arbusculares

Los árboles en dichas huertas requieren programa de fertilización técnicamente diseñado; no obstante, sobre fertilización y el empleo de “fertilizantes modernos” son prácticas muy comunes, que no consideran demandas reales del nogal, condición nutrimental y del suelo, mucho menos características botánicas del árbol relacionadas con su nutrición: dinámica de crecimiento radical y micorrizas (Marx, 1971). De manera particular, en *C. illinoensis* el papel de las micorrizas en la nutrición está muy poco estudiado, considerando que es una parte clave en la estructura de la raíz de este árbol. Por ello, conocer a nivel de huerta el aporte de las micorrizas en la nutrición es importante para normar la fertilización y el manejo del suelo. En ambientes edáficos naturales los árboles no desarrollan normalmente sin micorrizas; en los frutales de nuez la mayoría de las raicillas alimentadoras están ectomicorrizadas (Marx, 1971). El 95% de las plantas desarrollan micorrizas, las cuales se clasifican en dos tipos básicos: ectomicorrizas y endomicorrizas. La ectomicorrizas se forma en las raíces cortas y en las raicillas alimentadoras, modificando su forma, tamaño y a veces su color. El hongo micorrízico crece en la superficie de la raíz formando un manto compacto de hifas, las cuales se prolongan hacia el suelo y son las que absorben agua y sales minerales (Campbell, 1987). La relación es simple: el hongo toma a la raíz agua y nutrimentos, y la raíz pasa al hongo carbohidratos y otras sustancias nutritivas. Los hongos ectomicorrízicos forman cuerpos fructíferos llamados ‘esporocarpos’, los cuales pueden verse en el

piso de las nogaleras en época de lluvias dichas estructuras producen y liberan las esporas con las cuales el hongo se propaga en las huertas (Marks y Foster., 2002).

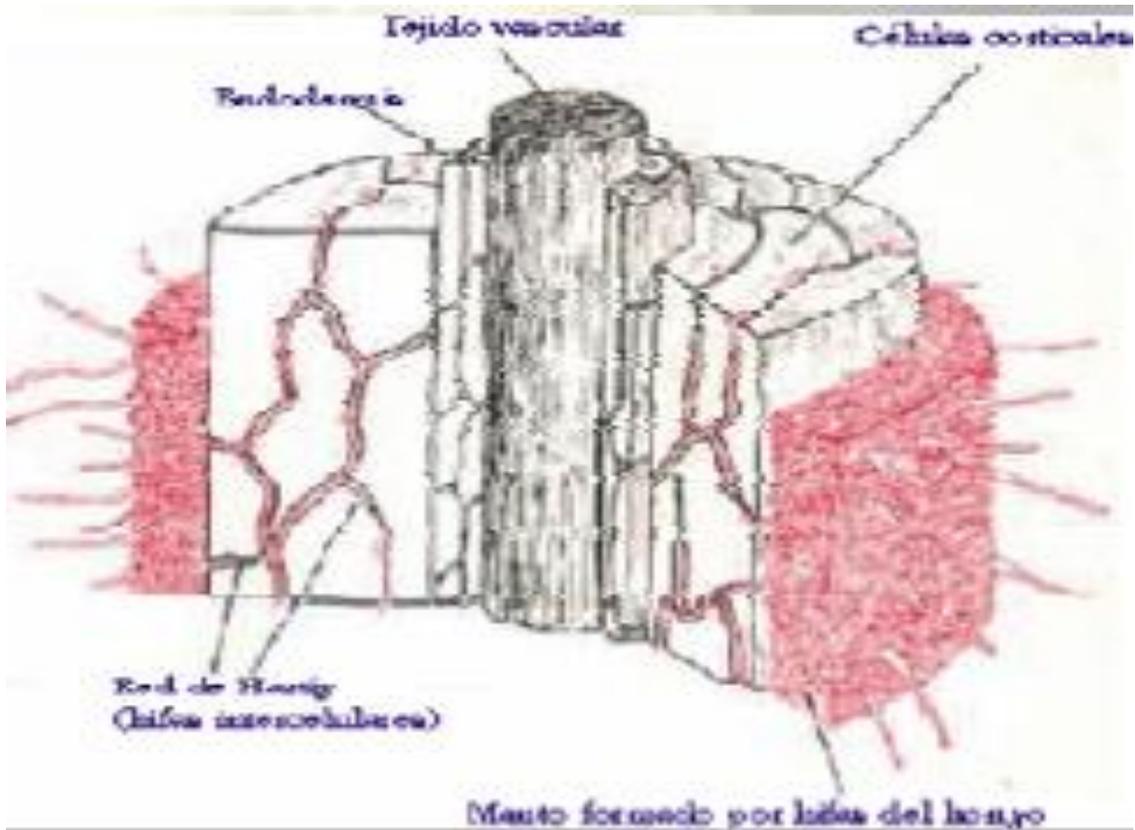
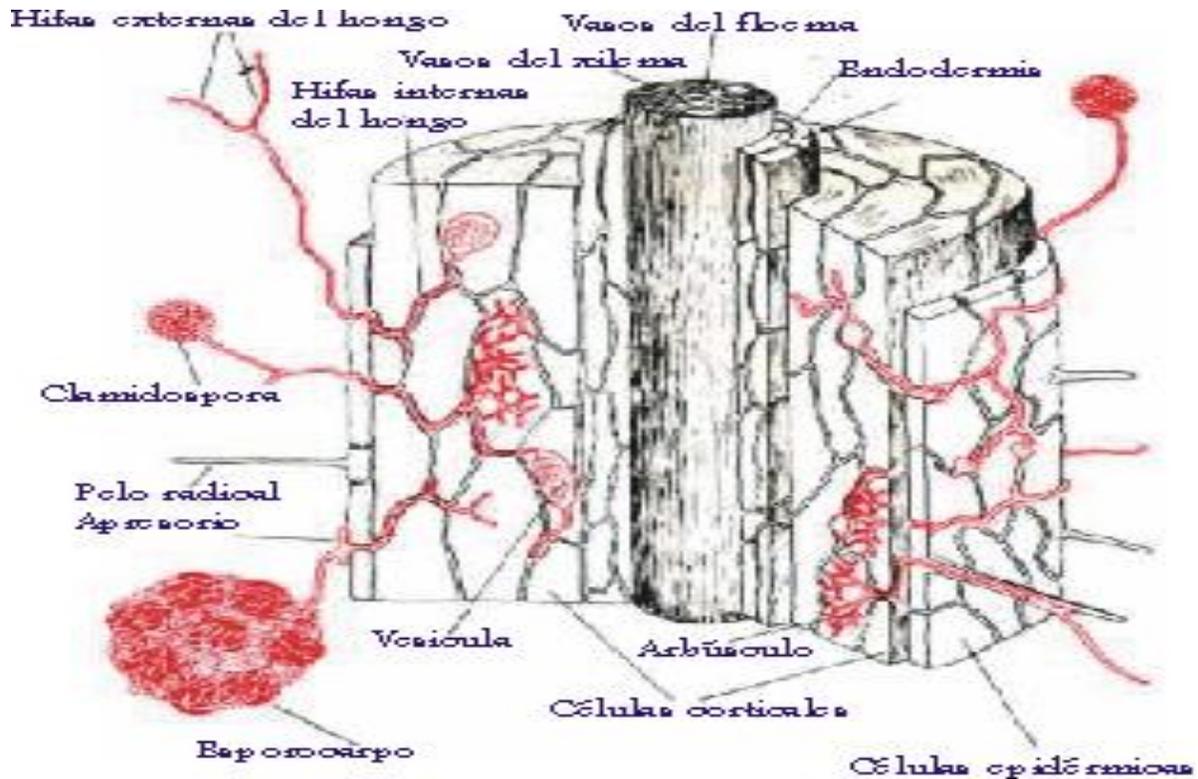


Figura 6: Colonización de Ectomicorrizas



**Figura 7: Colonización de Endomicorriza**

### 2.3.3.1. Ectomicorrizas

Se caracterizan porque desarrollan una espesa capa de micelio sobre la zona cortical de las raíces absorbentes de la planta las hifas del hongo no penetran en el interior de las células de la raíz, si no que se ubican sobre y entre las separaciones de éstas. Se pueden observar a simple vista. Este tipo de micorrización predomina entre los árboles de zonas templadas, se producen principalmente sobre especies forestales y leñosos, siendo especialmente característico en hayas, robles, eucaliptus y pinos. Los hongos que la forman son tanto *Basidiomycota* como *Ascomycota*. (Marks y Foster., 2002).

### **2.3.3.2. Endomicorrizas**

Los hongos que las producen se caracterizan por colonizar intracelularmente el córtex radical o sea que no hay manto externo que pueda verse a simple vista. Las hifas se introducen inicialmente entre las células de la raíz, pero luego penetran en el interior de éstas, formando vesículas alimenticias y arbusculos. Por ello este grupo se las conoce también como micorrizas vesículo Arbusculares (MVA) los cuales constituyen la simbiosis más extendida sobre el planeta. Los hongos que la forman pertenecen a la división *Glomeromycota* y se dan en todo tipo de plantas, aunque predominan en hierbas y gramíneas. Abundan en suelos pobres como los de las praderas y estepas, la alta montaña y las selvas tropicales. En el bosque atlántico aparecen junto a las ectomicorrizas (Marks y Foster., 2002).

### **2.3.3.4. Interacción Planta-Hongo**

Las micorrizas funcionan como prolongaciones de las raíces en la rizósfera. El incremento en la absorción del agua, es uno de los principales beneficios que las plantas obtienen en zonas áridas; mejorando la absorción de agua entre el suelo y las raíces a diferencia de raíces sin micorrizas (Sylvia *et al.*, 2003), (Allen, 2006). Hace referencia a las micorrizas como reservorios de agua durante la noche, cuando la planta no la utiliza. De esta manera, el hongo puede crecer y llegar a nuevos micro depósitos de agua en el suelo. Durante el día, el agua es trasladada hacia la planta para su uso. Pugnaire y Valladares (1999) mencionan que en zonas áridas, las plantas pueden perder de un 5% a 10% del total de los carbohidratos foto sintetizados debido a esta relación. En algunos casos esta pérdida puede llegar a

ser de hasta el 20%. Por otro lado, se ha visto que este gasto de carbohidratos llega a beneficiar a la planta, ya que el hongo genera una mayor extensión de hifas y así, el costo-beneficio a largo plazo es positivo. Aun cuando algunos autores mencionan que parte del carbón secuestrado por el hongo podría pasar de planta a planta (Carey *et al.*, 2004).

### **2.3.4 Evolución de las Micorrizas Arbusculares**

La micorriza Arbusculares es la más antigua que se conoce y probablemente se originó hace 350 a 460 millones de años y se considera fue importante en la colonización del ambiente terrestre por las plantas. En comparación con los demás tipos de micorriza juntos. Esta micorriza se presenta en más especies vegetales se calcula que alrededor de las dos terceras partes de las plantas son susceptibles de formarlas. Aun cuando existe poca evidencia de especificidad entre el hongo y la planta, se ha demostrado especificidad ecológica y compatibilidad funcional entre ambos simbioses. Los hongos formadores de micorriza arbuscular son simbioses obligados y no pueden cultivarse fuera de las raíces vivas de las plantas por lo que dependen totalmente de la planta fotosintética. Las esporas de estos hongos germinan en el suelo y colonizan las células corticales de una planta huésped. El hongo, dentro de la raíz, invagina el plasmalema de la célula vegetal y produce una estructura profusamente ramificada llamada arbusculos, que es el sitio de intercambio de nutrimentos entre el hongo y la planta. La formación de esta

estructura es una característica común de todos los hongos micorrizógenos Arbusculares (HMA) (Carey *et al.*, 2004).

No obstante su aparición en el tiempo no está bien definida. Salvo por unas pocas y esporádicas menciones en la literatura que la sitúan en el fanerozoico, no se sabe cuándo, dónde y cómo estos hongos se asociaron con plantas o sus precursores. A partir de datos fósiles y moleculares mencionan que las raíces y los hongos micorrízico-arbusculares han mostrado una vida cooperativa desde el devónico. Efectuaron una revisión de especímenes fósiles de *Glomus*, uno de los géneros de hongos endomicorrízicos con mayor número de especies conocidas,

Desde el Cámbrico-Ordovícico (Paleozoico) hasta el Pleistoceno (Cuaternario) y concluyeron que a semejanza de las especies actuales de *Glomus*, los fósiles parecen haber estado característicamente asociados con plantas como endófitos simbioses biotróficos y que la colonización de la tierra por las plantas pudiera haberse facilitado por una asociación mutualista con estos hongos (Allen *et al.*, 2003)

La historia evolutiva de las plantas vasculares indica una estrecha asociación simbiótica con microorganismos del suelo (Wang y Quiu, 2006.) Una de las relaciones más ampliamente estudiadas es la simbiosis micorrízica vesículo Arbusculares (MVA), que es una vinculación entre hongos biotróficos del orden *Glomales* (clase *Zigomycetes*) y el sistema radical de los vegetales. Las estructuras comunes de los hongos MVA en la raíz de las plantas que colonizan son: vesícula,

arbúsculos, hifa y micelio externo. Aunque cada uno de estos elementos desempeña un papel importante en la simbiosis micorrízicos el arbúsculos se considera como la estructura más importante desde el punto de vista fisiológico, ya que en ésta se lleva a cabo el intercambio nutricional entre el hongo y el hospedero (Carey *et al.*, 2004).

Se estima que cerca de un 95% de las especies de plantas superiores pertenece a familias característicamente micotróficas, es decir que se asocian con hongos pero existen abundantes reportes de micorrizas Arbusculares que ocurren también en pteridofitas (helechos) y en plantas no vasculares como las briofitas *sensulato* ( briofitas en sentido laxo) lo cual indica que la micotrofia pudo haberse desarrollado tempranamente en la evolución vegetal confiriendo a las plantas ventajas adaptativas importantes. Tres hipótesis apoyan esta aseveración: a) Las micorrizas causadas por asco y basidiomicetos son un tipo de simbiosis más avanzada que la formada por los *Zigomycetes*, ya que se encuentra más tardíamente en el registro fósil y se relaciona con taxa de hospederos más avanzados; b) La capacidad de las plantas para establecer o no la asociación con el hongo, es decir de ser micotróficas facultativas, se presenta principalmente en vegetales con un tipo de raíz “graminoide” que exhibe un buen desarrollo de pelos radicales y ausencia frecuente de colonización fúngica; c) Las plantas vasculares terrestres evolucionaron a través de asociaciones tróficas con hongos primitivos y actualmente están progresando evolutivamente mediante otros tipos de asociaciones fúngicas más avanzadas hacia una independencia final del hongo (Allen *et al.*, 2003).

Es importante señalar que la sobre-fertilización, la pobreza de materia orgánica y el laboreo continuo del suelo afectan la formación y el funcionamiento de las micorrizas (Campbell, 1987).

Los hongos micorrízicos Arbusculares pueden influir en la comunidad microbiana del suelo a través de diferentes mecanismos, incluida la modificación de la señalización en la planta o defensas relacionadas con las vías bioquímicas y la modificación de la naturaleza, cantidad, y la distribución de carbono derivados de los compuestos en el suelo (Atul-Nayyar *et al.*, 2009).

### **2.3.5 Importancia de las micorrizas**

Las micorrizas mejoran el crecimiento de la planta al aumentar la superficie de absorción del sistema radial; al absorber selectivamente y al acumular ciertos nutrientes, especialmente el fósforo; al solubilizar y hacer disponibles para la planta algunos minerales normalmente insolubles; al permitir que las raíces alimentadoras funcionen durante más tiempo; y al hacer que las raíces alimentadoras sean más resistentes a la infección que ocasionan algunos Hongos del suelo tales como *Phytophthora*, *Pythium* y *Fusarium* (Agris, 2002)

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que hay muchas asociaciones distintas que se establecen entre el hongo y su hospedante y que cada combinación puede tener efectos distintos sobre el crecimiento de la planta. Algunos hongos micorrízicos tienen un amplio rango de hospederos, mientras que otros son más

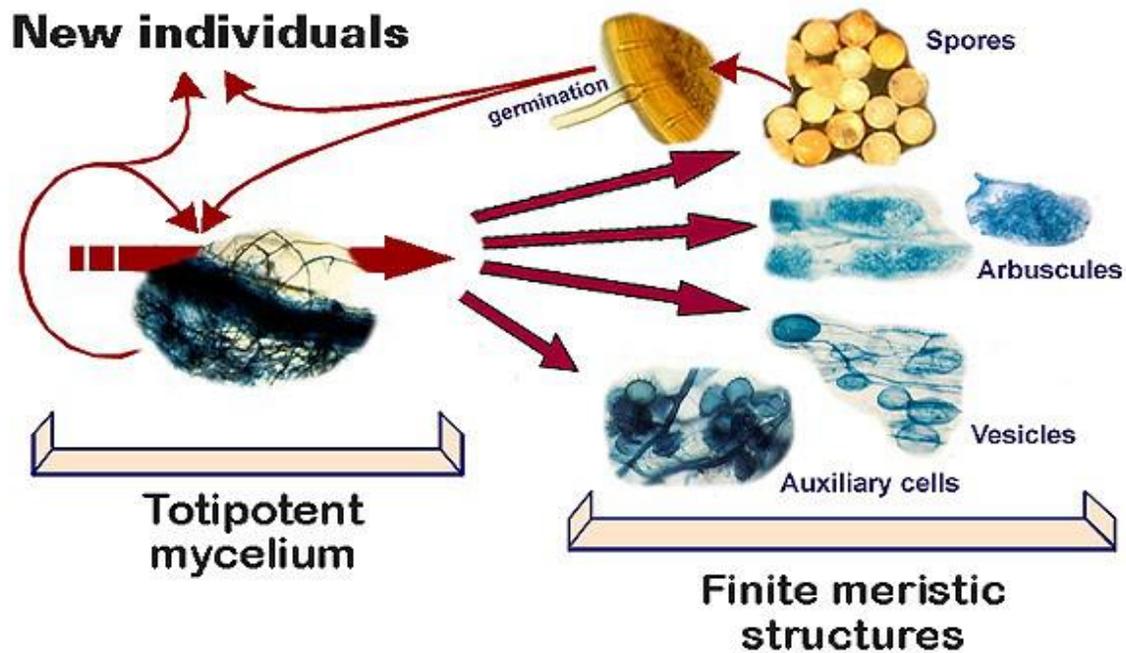
específicos. Así mismo, algunos de ellos benefician el mayor grado a un determinado hospedante que otros hongos, y algunos hospederos sacan un mejor provecho al asociarse con ciertos hongos micorrízicos que con otros hospedantes. Los hongos micorrizales necesitan también a un hospedante para poder crecer y reproducirse; en ausencia de hospedantes, el hongo se mantiene en reposo en forma de esporas (Agrios, 2002).

Las micorrizas Arbusculares estimulan el crecimiento, desarrollo y nutrición de las plantas, especialmente en suelos de baja y moderada fertilidad los estudios llevados a cabo han puesto de manifiesto que dichos efectos se deben a que la micorriza mejora sustancialmente la absorción de nutrientes y agua por la planta y que el principal nutriente implicado es el fósforo (Barea *et al.*, . 2002).

#### **2.3.6. Ciclo de vida de HMA**

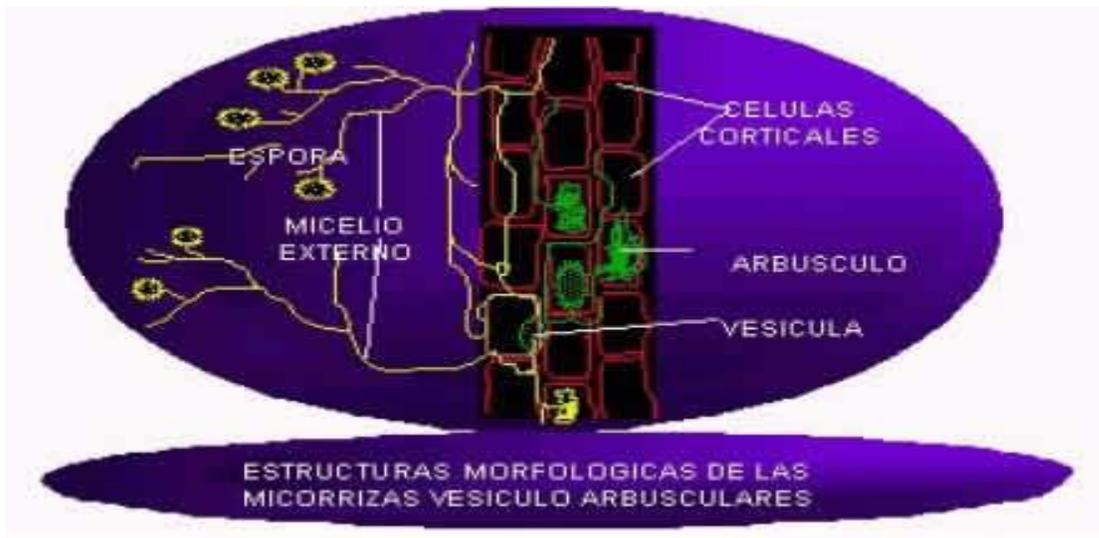
Las micorrizas Arbusculares se originan a partir de hifas que proceden de los propágulos existentes en el suelo (esporas maduras, fragmentos de raíz micorrizadas, o plantas micorrizadas que crecen en vecindad). Cuando una hifa contacta con la superficie de una célula epidérmica de la raíz, forma un apresorio que originara seguidamente la hifa colonizadora que penetrara en dicha célula o atravesara el espacio intercelular. En la zona externa del córtex de la raíz forma unas estructuras intracelulares típicas que son los “ovillos”; en la zona media las hifas crecen normalmente de forma longitudinal en los espacios intercelulares; mientras que en la zona interna las hifas penetran intercelularmente y forman los

arbúsculos por ramificación dicotómica repetida, a nivel de los cuales se produce el intercambio de nutrientes (Agrios, 2002).



**Figura 8: ciclo de vida de HMA**

También habría que destacar la formación de vesículas en el córtex cuya función es el almacenamiento de reservas lipídicas. Tras la colonización interna se produce la ramificación y desarrollo del micelio externo, que es clave en la captación de nutrientes y da lugar a nuevos puntos de colonización en la propia raíz o en otras próximas. Sobre la red tridimensional de hifas que constituye se forman las esporas, estructuras de resistencia que, al madurar completan el ciclo del hongo. Influencia de las micorrizas Arbusculares en la absorción de fósforo por la planta (Agrios, 2002).



**Figura 9: Estructura morfológica de las micorrizas vesículo arbuscular**

#### **2.3.6.1. Esporas de HMA**

Las esporas son producidas rápidamente en presencia de una planta hospedera, de manera que a los 4 a 6 meses son producidas miles de nuevas esporas del mismo tipo. Las esporas son formadas en los micelios extraradicales o agregados en estructuras más o menos bien definidas llamadas esporocarpos. Aunque en algunas especies las características de los esporocarpos son importantes, las características individuales de las esporas son las que principalmente se utilizan.

Para la identificación. Las esporas difieren en forma, estructura, contenido citoplasmático, color, tamaño, número de paredes vía de germinación, morfología de esporas secundarias y presencia o ausencia de esporocarpos (Barea *et al.*, . 2002)

El fenotipo de la espora es el resultado de procesos de desarrollo completamente diferentes de aquellos del talo, por lo que la espora es considerada ser autónoma en forma y función por algunos investigadores. Sin embargo, el tubo germinal de la espora puede originarse a partir de una red hifal filamentosa, arbusculos, vesículas o células accesorias (Morton *et al.*, 1995). El compromiso de la hifa arbuscular altamente modificada en la colonización no es muy posible. Morton (1993) considera que un individuo fungal es representado por una sola espora identificable la cual consiste de una sola célula multinucleada. Esta célula puede dar origen a una nueva colonia fungal con componentes del micelio dentro de una raíz y en el suelo. Esta colonia vegetativa eventualmente dará origen a nuevos individuos en forma de nuevas esporas (Barea *et al.*, . 2002)

Las esporas son células morfológicamente especializadas las cuales no contribuyen directamente ni soportan actividades del desarrollo de la micorriza e interacciones hospedero-hongo. La función de la espora es llevar la información genética a nuevos hábitats e iniciar nuevos individuos espacialmente separados del organismo parental. En ausencia de información sobre el ciclo nuclear o existencia de etapas sexuales no es posible determinar si las esporas representan

Realmente nuevas generaciones de nuevos individuos. Sin embargo, existe una gran variabilidad genética entre las esporas dentro de una sola especie e incluso entre las que se originan de un cultivo que parte de una sola espora (Barea *et al.*, . 2002).

### 2.3.6.2. Germinación de las esporas

La germinación de esporas es una parte integral del ciclo de vida de los hongos de micorriza arbuscular ya que representa la iniciación de la etapa vegetativa del crecimiento. Los caracteres de germinación son importantes para la taxonomía ya que son utilizados para distinguir entre los dos géneros de *Gigasporinae*, *Gigaspora* y *Scutellospora*. En *Gigaspora* la germinación ocurre directamente a través de la pared celular mientras que en *Scutellospora* ésta ocurre a partir de un escudo de germinación formado sobre o dentro de una capa de pared interna (Barea *et al.*, . 2002).

La dormancia de esporas puede variar desde dos semanas hasta muchos meses en especies de *Acualospora*, *G. intraradices* y *Gigaspora gigantea*. La germinación de esporas puede también estar influenciada por el pH, la humedad, los exudados de la raíz hospedera y otros factores. Por ejemplo, las esporas de *Glomus Mosseae* germinan más rápidamente cuando son almacenadas a bajas temperaturas. Muchas bacterias del suelo pueden afectar la germinación de esporas. Algunas pueden ser inhibidoras mientras otras promueven la germinación y formación micorrizales (Barea *et al.*, . 2002).

Las esporas transportadas por el suelo de HMA son consideradas las estructuras reproductivas más importantes, pero sus números en suelo están a menudo poco relacionadas con la formación de micorrizas en raíz. Para algunas especies, la producción de esporas solo ocurre después de que un nivel umbral de

colonización es alcanzado (Gazey *et al.*, (1992). Además la producción de esporas es influenciada por muchos factores incluyendo la planta hospedera y el tipo de suelo (Barea *et al.*, . 2002).

Solo se pueden hacer pocas generalizaciones útiles acerca de las condiciones que llevan a la formación de esporas a parte de la necesidad de dejar pasar algunos meses desde la colonización inicial del hospedero. En relación a otros propágulos micorrízicos de MA, las esporas son consideradas generalmente como más resistentes a condiciones adversas, que otros fragmentos colonizados de raíz o hifas y pueden actuar como estructuras de supervivencia a largo plazo, con alguna capacidad para la dispersión por agua y por viento (Barea *et al.*, . 2002).

### **2.3.6.3 Influencia de las micorrizas Arbusculares en la absorción de fósforo por la planta**

En gran medida, el interés que ha despertado la asociación micorrizica arbuscular se debe a su ubicuidad entre las familias de plantas vasculares, su aparente inespecificidad al colonizarlas y a numerosos reportes de su influencia en

el crecimiento de las plantas mediante el incremento de la incorporación de nutrientes y el mejoramiento de sus relaciones hídricas (Allen *et al.*, 2003)...

Uno de los nutrientes que más se ha estudiado en relación con su absorción mediada por micorrizas Arbusculares, es el fósforo debido a que las plantas lo requieren en relativamente grandes cantidades, pero que también se encuentra en concentraciones muy bajas en la solución del suelo. La razón principal para este fenómeno, es que los iones de fosfato inorgánico se unen rápidamente a coloides del suelo o se fijan como sales de hierro o aluminio volviéndose relativamente inmóviles además de que una gran proporción del fósforo inorgánico total está normalmente en forma insoluble, no disponible fácilmente para las plantas (Yong *et al.*, 2003).

Las hifas de los hongos simbióticos de las raíces contienen altas cantidades de polifosfatos, su proporción en relación con el fósforo total en el sistema radical llega al 40%, mientras que en raíces no colonizadas no se encuentran polifosfatos (Yong *et al.*, 2003).

#### **2.3.6.4. Mecanismo de colonización**

Conforme la colonización micorrizica comienza a envejecer, el hongo produce sobre las raíces o dentro de ellas, estructuras de almacenamiento llamadas vesículas, las cuales contienen abundantes lípidos. La formación de estas estructuras, depende de la identidad del hongo: *Gigaspora* y *Scutellospora* no

forman vesículas y producen en su lugar, células auxiliares sobre el micelio externo o raramente dentro de la raíz, Debido a que todos los hongos que presentan este tipo de asociación forman arbusculos pero no vesículas, se ha modificado el nombre de micorriza vesículo-arbuscular (asignado anteriormente) por el de micorriza arbuscular. La selección natural ha favorecido atributos especializados de la simbiosis y simbiontes que son apropiados para una serie particular de condiciones ambientales, lo que conduce a la dominancia de un tipo de micorriza en un bioma definido. La micorriza arbuscular domina en comunidades vegetales de herbáceas y leñosas en suelos minerales a bajas latitudes. Esta micorriza se presenta en árboles tropicales y en la mayor parte de las plantas de importancia agrícola y hortícola (Bonfante *et al.*, 2004).

Las esporas pueden considerarse solamente uno de los tipos de propágulos de los hongos endomicorrízicos debido a que las raíces de las plantas se colonizan también por trozos de micelio activo que se ramifica para desarrollar la infección. En las micorrizas Arbusculares existen dos fases del sistema micelial: un micelio interno en la corteza de la raíz de la planta y un micelio externo en el suelo, que varían extensión y volumen (Bonfante *et al.*, 2004).

El inicio de la colonización de la planta y con ello la formación de la simbiosis comienza con la germinación de las esporas de resistencia en el suelo cuando las condiciones de temperatura y humedad son favorables o bien mediante el

crecimiento de hifas a partir de propágulos del suelo que se encuentran cerca del sistema radical susceptible. El crecimiento del micelio se incrementa algunas veces debido a que los exudados de la raíz pudieran proporcionar sustratos adecuados para el desarrollo de las hifas después de que las reservas de nutrimentos sobre todo en las esporas, se hubieran agotado. Sin embargo, a pesar del crecimiento micelial en presencia de raíces, las hifas no parecen tomar una dirección hacia ellas, sino hasta que se encuentran muy cerca, es decir unos pocos milímetros. La hifa finalmente tiene contacto con la célula epidérmica o un pelo radical y produce un apresorio ligeramente engrosado, a partir del cual se desarrollan ramificaciones infectivas cortas. Posteriormente se produce la penetración de la epidermis o del pelo radical mediante la presión ejercida por la hifa en crecimiento sobre la pared celular, lo cual hace que esta última se combe alrededor de la hifa y se vuelva mucho más delgada en las células corticales. No se sabe si está involucrada la producción de enzimas por el hongo, pero parece probable que ocurra una alta actividad hidrolítica y se ha sugerido también que la entrada de la hifa a la raíz se facilita por la presencia de pectinasas (Bonfante *et al.*, 2004).

### **2.3.7. Raíz del Nogal**

La parte superior de la raíz de este árbol es fibrosa y en las raíces laterales delgadas crecen las raicillas alimentadoras; éstas son pequeñas, finas y no tienen pelos absorbentes, pero la mayoría está ectomicorrizadas, apareciendo sus cófias más redondeadas y cubiertas por micelio fungoso (Brison, 1976; (Hanna, 1977 ).

En las regiones semiáridas los hongos más comunes que se asocian con el nogal pecanero son *Pisolithus* y *Scleroderma* (Marx 1971). Cabe resaltar que entre menor es la capacidad de una raíz de formar pelos radicales y de emitir raicillas laterales, mayor dependencia tiene de los hongos ectomicorrízicos (Marks y Foster., 2002).

### **2.3.7.1 Micorrizas y Nutrición**

La micorrización es un proceso particularmente importante en la fertilización biológica de las plantas, necesario en el contexto de la agricultura sostenible y d en la producción orgánica. El hongo micorrízicos puede absorber con mayor eficacia que la raíz y al penetrar mayor volumen de suelo utiliza más del reserva de elementos inmóviles, como el fósforo, zinc y molibdeno. De manera particular, en muchos cultivos las micorrizas sin necesarios para una adecuada nutrición fosfórica (Marks y Foster., 2002).

La ramificación y engrosamiento de la ectomicorrizas y el manto fúngico aumentan la superficie de exploración de la raíz, por lo que la absorción de agua y de los nutrimentos N, P, K, Ca, Mg, Zn y Cu es mayor; también el hongo puede desdoblar complejos minerales y orgánicos del suelo a nutrimentos asimilables por las plantas Al penetrar mayor volumen de suelo utilizan más de la reserva de elementos inmóviles, como P, Zn y molibdeno. Las ectomicorrizas son más eficaces en absorber N que P, y aparentemente transfieren a la raíz N orgánico –proveniente de la materia orgánica y de los microbios del suelo- (Smith et al., 1994). De manera particular, en muchos cultivos las micorrizas son necesarias para una adecuada

nutrición fosfórica (Alexander, 1980). Al mismo tiempo, un alto contenido de P en el suelo puede reducir la formación y la actividad de las micorrizas (Marks y Foster., 2002).

#### **2.3.7.2. Micorrizas y reguladores del crecimiento**

Los hongos micorrízicos también producen reguladores del crecimiento que estimulan la elongación y ramificación de las raicillas alimentadoras, en plantas cuyas raíces están micorrizadas la síntesis de Citocininas es mayor. Los hongos ectomicorrízicos sintetizan ácido Indolacético a partir de Triftofano oxígeno, *Ptintorius* lo hace de manera muy eficaz (Marks y Foster., 2002).

#### **2.3.7.3. Micorrizas y enfermedades radicales**

Las raíces viven por más tiempo y son menos sensibles a las enfermedades. En algunas regiones el nogal pecanero sufre de una fungus llamada “necrosis de las raicillas alimentadora” causadas por varias especies de *Pythium*; sin embargo, cuando las raicillas son micorrizadas por *S. Bovista* la enfermedad no se presenta, pues este hongo benéfico produce antibióticos (Marks y Foster., 2002).

#### **2.3.7.4. Micorrización en nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangehn)**

##### ***K.koch*)**

Sharpe y Marx (1986) inocularon plántulas de nogal pecanero con el hongo *P. Ptintorius* y las fertilizaron con nitrógeno, fósforo, potasio y zinc al suelo. Encontraron que la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Cu y Mn se incrementó en el

tallo y la raíz; la de Zn sólo aumentó cuando su disponibilidad en el suelo era baja. No obstante, el crecimiento total (medido como peso seco por planta) apenas aumentó 6% con la micorrización. El mínimo incremento en biomasa es lo que explica el aumento en la concentración de nutrimentos en las plantas micorrizadas. (Tarango R *et al.*, 2004)

Midieron el efecto de la inoculación de plántulas de nogal pecanero con dos especies de hongos micorrízicos en vivero (*P. Ptinctorius* y *Scleroderma* sp.). Utilizaron un suelo areno-migajonoso y calcáreo y no aportaron fertilizantes. Encontraron que el 83% de las raíces de las plantas inoculadas tenían macro formas (micorrizas), comparado con el 50% en la micorrización natural y 0% en suelo esterilizado. El crecimiento del tallo (altura) a los 16 meses después de la inoculación (con seis meses creciendo en campo) resultó altamente significativo, 40% más en la micorrización natural y 48% más con la inducida, con relación al testigo sin micorrizar. El estado nutrimental de los pequeños árboles, medido como concentración foliar de nutrimentos, mostró una respuesta muy diferente al trabajo de Sharpe y Marx (1986). De manera consistente, ocurrió que a mayor micorrización mayor crecimiento y menor concentración foliar de N-P-K. Esta es una respuesta lógica y normal en nogal pecanero, ya que al aumentar la biomasa de manera significativa la concentración foliar de nutrimentos se reduce por un efecto de dilución (Tarango y Ojeda, 1999). En cambio, las plantas con 83% de raíces micorrizadas tuvieron la más alta concentración de Zn en las hojas, con una diferencia altamente significativa. Esto sugiere que parte de la ineficiencia del nogal

pecanero para tomar zinc del suelo se debe a una pobre micorrización de la raíz del genotipo usado como porta injerto (Marks y Foster., 2002).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización del experimento**

El muestreo se realizó en una huerta de nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangehn) K.Koch) estado de Coahuila del norte de México. Cuyo nombre Tierra Blanca, Municipio de matamoros, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son 2.5°25' N, 103°18' O con una elevación de 1200 m.

##### **3.1.2. Realización del muestreo**

Se recolectaron cultivares de *Wichita* y *Western* de nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangehn) K.Koch) de árboles jóvenes y viejos. Realizando en cinco árboles tanto jóvenes y viejos, tomando tres muestras en cada una de ellas.

## **3.2. Colecta de material biológico**

### **3.2.1. Colecta de raíces**

Se tomaron las primeras muestras a partir de 0-35cm de profundidad separando las raicillas las más delgadas posibles y se colocaron en tubos con KOH al 10%. La segunda muestra se tomó a partir de 35-60 cm. Y la tercera muestra fue de 60-90 cm.

### **3.2.2. Muestreo de Suelo**

Se colecto aproximadamente 500 g de suelo de la rizósfera para el aislamiento de esporas pasando por un tamiz de 2 mm dejándolo que se secan a temperatura ambiente y se colocando en el refrigerador a 4 °C para su posterior análisis, y suelo para el análisis físico químico.

## **3.3. Análisis de suelos en el laboratorio (aislamiento de esporas).**

El suelo se pondrá a secar y el resto se guardaran en el refrigerador para su posterior proceso.

Se pesaron 20 g de suelo y se puso un vaso precipitados y se agregó 1.5 L de agua corriente. Se agito vigorosamente en un agitador magnético durante 5 minutos. Introduciendo un imán con el fin de remover bien el suelo. Transcurrido el tiempo adecuado se deja reposar diez minutos. Posteriormente el sobrenadante se pasó por un juego de tamices en el siguiente orden (325, 60, y 25  $\mu$ ). Una vez que se haya pasado el sobrenadante se quita los tamices de 25 y de 60. Y se queda con el tamiz de menor abertura que sería el de 325. Seguidamente se recupera la

muestra que queda en el tamiz de 25 y se vació en los frascos con la menor cantidad de agua posible. Se procedió a estandarizar las muestras que están en los frascos, añadiendo agua destilada. Se agregó sacarosa al 70% se coloca dentro de las muestras agitándole 20 ml hasta el fondo con la ayuda de una sonda y una jeringa. Una vez que ya estén listos. Centrifugar a 2500 rpm de un lapso de cinco minutos. Transcurrido el tiempo se sacó de la centrifuga y se pasa por un tamiz el sobrenadante con la abertura de 325 y se enjuaga para quitar el exceso de la sacarosa. Después se recupera la muestra con la mínima cantidad de agua posible y se vacía en un vaso de precipitado de 50 ml.

#### **3.4. Conteo de esporas**

Se colocó la muestra en una caja Petri, lo cual contiene un papel filtro de 1 x 1 donde las esporas se distribuyen de manera uniforme.

En caso que contenga mucha agua la caja Petri se absorbe un poco para que el conteo de esporas sea con mayor facilidad. Se toman diez cuadros de una manera al azar y se realiza un conteo con la ayuda de un microscopio estereoscopio.

#### **3.5. Formo especie**

Una vez hecho el conteo se realizó los montajes de esporas dividiéndolos en laminillas en secciones diferentes para el reactivo mezler y pvgl o glicerol polivinil. En portaobjetos se añadió una gota de cada reactivo. Se recupera 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 hace una

duplicación de laminillas dependiendo la diversidad de esporas que se va encontrar en cada muestra. Una vez que las esporas hayan sido extraídas los reactivos de mezler y Pvgl o glicerol polivinil se cubren con un cubreobjetos, dejándolo reposar por 24 horas para que se seque.

Una vez que el tiempo de reposo haya pasado de sellar las muestras con esmalte de uñas y así evitar que las esporas se salgan o se muevan en los portaobjetos.

Posteriormente se observó en un microscopio compuesto con los lentes de 40x y 10x. Sacándoles fotografías de cada una de las esporas, y la medida de cada una de las esporas observadas.

### **3.6. Diseño experimental**

En este trabajo se utilizó un diseño experimental de un arreglo factorial completamente al azar y bloques divididos con dos factores: a) Profundidad, b) edad de los árboles, y con cinco repeticiones.

## IV. RESULTADO

**Cuadro 6: Genero de micorriza Arbusculares presentes en las muestras de suelo del cultivo de nogal (*Carya illinoensis* (Wangehn) K .Koch) en arboles jóvenes y viejos.**

N° ÁRBOL	PROFUNDIDAD CM	PRESENTES	
		Jóvenes	viejos
1		<i>Glomus</i>	
	30	<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i>
	60	<i>Glomus</i>	<i>Sclerosistis</i>
2	90	<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i>
	30	<i>Gigaspora</i>	<i>Sclerosistis</i>
		<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i>
3	60		
	90	<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i>
		<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i>
4	30		
	60	<i>Glomus</i>	
	90	<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i>
5	90	<i>Glomus</i> <i>Acaulospora</i>	
	30	<i>Glomus</i> <i>Acaulospora</i>	

		<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i>
	60		
			<i>Glomus</i>
	90		

En el cuadro siete se observa como resultado del análisis de las géneros en las muestras del suelos, se obtuvieron cuatro diferentes géneros. Cabe destacar que el género *Glomus* obtuvo la mayoría de los dos análisis, tanto en la los arboles jóvenes y viejos. Siguiendo con los género *Gigaspora*, *Acaulospora* y *sclerosistis*.

**Cuadro 7: Numero esporas por muestra en 100 g de suelo en el cultivo de nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangehn) K.Koch)**

ÁRBOL	PROFUNDIDAD	JÓVENES	VIEJOS
1	30	4972	3217
2	30	3835	3445
3	30	3750	4452
4	30	2372	6792
5	30	6207	2437
<b>Suma</b>		21136	20343
1	60	9972	1495
2	60	3932	3672
3	60	3477	2925
4	60	3606	3315
5	60	2957	3867
<b>Suma</b>		23944	15274
1	90	6370	3282
2	90	2632	2405
3	90	2567	3250
4	90	5167	3412
5	90	4485	5005
<b>Suma</b>		21221	17354

66301

52971

En el cuadro siete se observa la cantidad de esporas por muestra en 100 g de suelo en el cultivo de nogal pecanero en la variedad de *Western* y *Wichita*. Por lo que cabe destacar que se encontró un mayor valor en los arboles jóvenes con una cantidad de 66301, y un menor nivel en cuanto los arboles viejos con una cantidad de 52971.

**Cuadro 8. ANAVA**

FV	GL	SS	SM	Fo	Ft	
					0.05	0.01
Parc. Edad de Árbol (Ppales)	14	19,218,126.87				
Parc. P/Edad * Profundidad	29	81,229,641.87				
Bloques (Edad)	4	9,812,501.53	2,453,125.38	2.195	3.84	7.01
Factor A (Profundidad)	2	465,292.87	232,646.43	0.208	4.46	8.65
Error A	8	8,940,332.47	1,117,541.56			
Trató. (Profundidad)	1	5,922,963.33	5,922,963.33	1.343	4.75	9.33
Interaccion Rep. * Profundidad	2	3,152,180.47	1,576,090.23	0.357	3.89	6.93
Error B	12	52,936,371.20	4,411,364.27			

En este cuadro de ANAVA no hay diferencia significativas, lo cual eso quiere decir que no importa la edad, la profundidad ni el especie del árbol en donde se colonizan los hongos micorrizicos.

**Cuadro 9: Análisis Físico-químico del suelo de nogal pecanero de la variedad *Western***

VARIEDAD WESTER		
PARAMETROS	S-2712	RANGO OPTIMO
Densidad aparente g/cm <sup>3</sup>	1.25	<1.30
Textura	F. Arenoso	
Arena %	73.12	
Arcilla %	14.88	
Limo%	12.00	
PH en extractos %	8.83	7.0
Cond. Eléctrica en extracto Ms/cm	7.97	<4.0
Materia orgánica %	1.42	3.0- 6.0 %
Cap.inter.cat Meq/100g	13	>25.0
Nitrógeno total %	0.08	0.15-0.25%
Fosforo ppm	97	>11.0
Calcio Meq/Lto	16.4	
Magnesio Meq/Lto	13.2	
Sodio Meq/Lto	50.1	
RAS	13.04	
PSI	17.07	<15

Los resultados del cuadro nueve de la variedad *western* obtenidos de ellas, indican tener un suelo franco arenoso. En cuanto a los resultados de materia orgánica se muestra un valor bajo con un Porcentaje.1.42%. Por otra parte los resultados de pH muestran con un valor alto con 8.83.

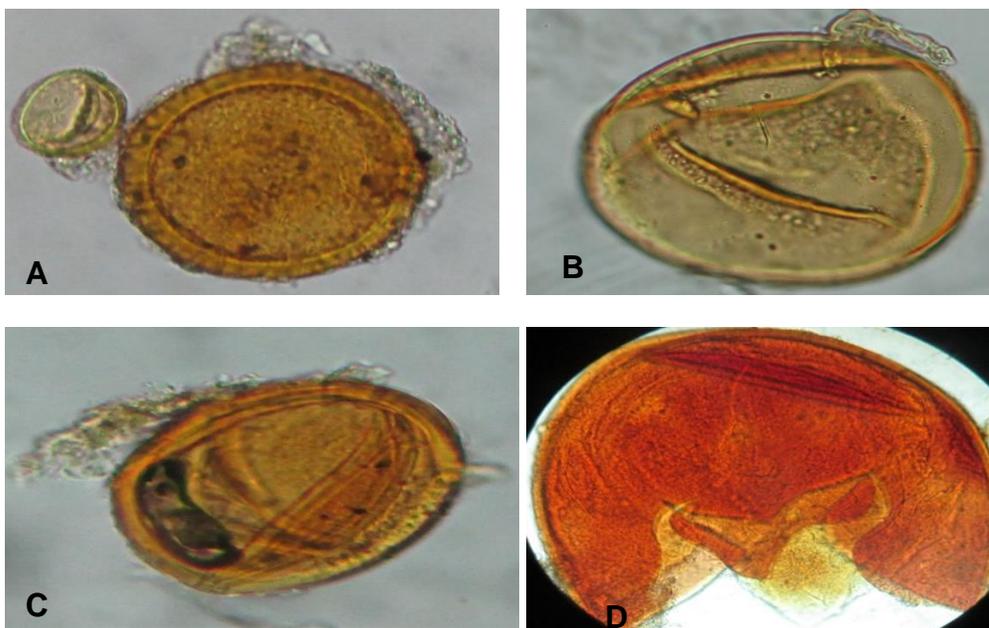
La C.E con un valor de 7.97 mS/cm lo cual indica que es un suelo salino. Para el Nitrógeno total con 0.8 lo cual indica que está dentro de los rangos medios eficientes para el suelo y finalmente para el Fósforo extraíble con 97 lo que indica que es totalmente alto y eficiente para la rizósfera de nogal pecanero (*Carya illinoensis (Wangehn) K.Koch*).

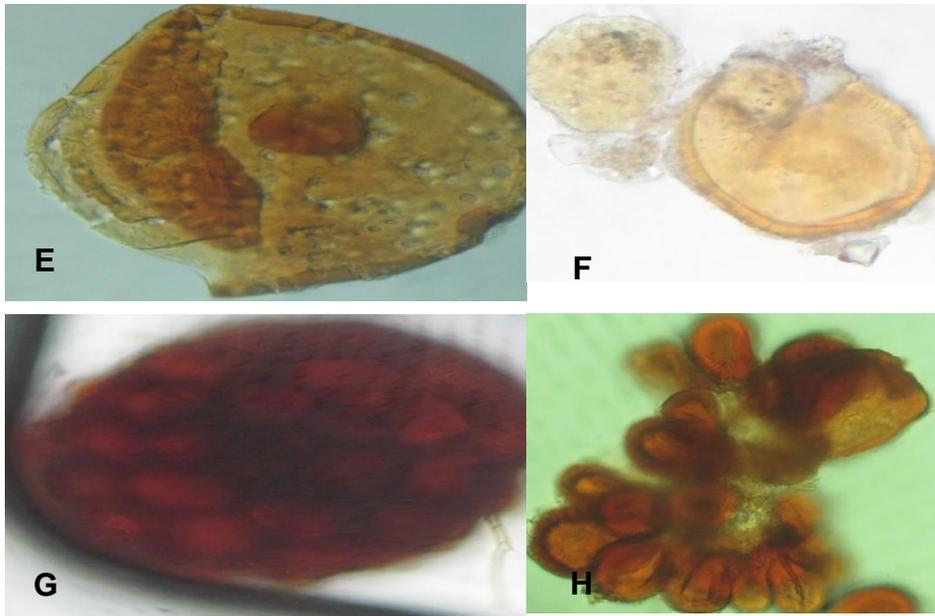
**Cuadro 10: Análisis Físico-Químico del suelo de nogal pecanero de la variedad *Wichita***

<b>VARIEDAD WICHITA</b>		
<b>PARAMETROS</b>	<b>S-2712</b>	<b>RANGO OPTIMO</b>
<b>Densidad aparente g/cm<sup>3</sup></b>	1.21	<1.30
<b>Textura</b>	F. Arenoso	
<b>Arena %</b>	57.12	
<b>Arcilla %</b>	20.88	
<b>Limo%</b>	22.00	
<b>PH en extractos %</b>	4.85	7.0
<b>Cond. Eléctrica en extracto Ms/cm</b>	6.79	<4.0
<b>Materia orgánica %</b>	1.55	3.0- 6.0 %
<b>Cap.inter.cat Meq/100g</b>	16	>25.0
<b>Nitrógeno total %</b>	0.08	0.15-0.25 %
<b>Fosforo ppm</b>	86	>11.0
<b>Calcio Meq/Lto</b>	12	
<b>Magnesio Meq/Lto</b>	12	
<b>Sodio Meq/Lto</b>	43.9	
<b>RAS</b>	12.68	
<b>PSI</b>	16.77	<15

Los resultados del cuadro diez de la variedad *Wichita* obtenidos de ellas, indican tener un suelo franco arenoso. En cuanto a los resultados de materia orgánica se muestra un valor bajo con un Porcentaje.1.55%. Por otra parte los resultados de pH muestran con un valor bajo con 4.85. La conductividad eléctrica con un valor de 6.79 mS/cm lo cual indica que es un suelo salino. Para el

Nitrógeno total con 0.08 lo cual indica que está dentro de los rangos medios eficientes para el suelo y finalmente para el Fósforo extraíble con 86 lo que indica que es alto y eficiente para la rizósfera de nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangehn) K.Koch).





**Figura 10: Esporas de micorrizas Arbusculares presentes en las muestras del suelo, del cultivo de nogal (*Carya illinoensis* (Wangehn) K.Koch) en arboles jóvenes y viejos. A 40x. Foto tomada por Eusebio Sánchez 2015.**

En la figura diez se observa los diferentes tipos de géneros encontrados por la muestra del suelo en el cultivo de nogal pecanero. (*Carya illinoensis* (Wangehn) K.Koch) En donde la A y B pertenecen del género *Glomus* localizados en los arboles jóvenes de la variedad *Wichita* en el cual es el género que más se encontró por las dos variedades. En la C y D (*Gigaspora*). La E y F (*Acaulospora*). De igual manera son localizados en la variedad *Wichita* en los arboles jóvenes, y por último en las figuras G y H son del género *sclerosistis* aislados en los arboles viejos en la variedad *Western*. A 40x. Foto tomada por Eusebio Sánchez 2015.

## V: DISCUSION

Este trabajo fue realizado en el mes de septiembre, fecha que inicia las cosechas. La presencia de hongos micorrízico vesícula arbusculares es evidentes en la huerta de la tierra blanca municipio de matamoros, Coahuila. Los análisis realizados a estos suelos durante el estudio de la diversidad se logró identificar cuatro géneros de HMA (*Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora* y *Sclerosystis*) para los arboles jóvenes de la variedad *Wichita* y los mismos géneros se presentaron en los arboles viejos de la variedad *Wéstern*. De acuerdo con los resultados obtenidos la

hipótesis se rechaza debido que la diversidad los géneros en ambos tipos de árboles fue igual, la diferencia fue en el número de esporas por los 100 g de suelo seco. Los resultados obtenidos va de acuerdo con la investigación de (Muñoz-Márquez *et al.*, 2009), donde reportan que encontraron los mismos géneros de los HMA (*Glomus*, *Gigaspora* y *Sclerocystis*), huertas de nogal pecanero en Delicias, Chihuahua.

Se ha observado que el inóculo de HMA en áreas desérticas y semidesérticas consta en su mayoría de fragmentos hifales presentes en la raíz y/o en el suelo y no de esporas (Bashan *et al.*, 2000).

De acuerdo con lo que cita Martínez, L., Pugnaire, F. (2009), Los géneros que se encuentran mayormente son los géneros *Glomus* y *Acualospora* y va de acuerdo con los diversos factores del medio ambiente por ejemplo, la temperatura, lluvias materia orgánicas y los suelos pero estos géneros son más frecuentemente encontrados en los suelos donde hay alta cantidad de materia orgánica y donde hay porcentaje de fósforos altos.

De acuerdo con SALAMANCA (1999) el número de esporas y porcentaje de colonización, se encontró una mayor eficiencia con el género *Glomus* en especies frutales lo cual es similar con el resultado que se obtuvo

Los resultados que aquí se mencionan es similar con los algunos investigadores lo citaron ya que se relacionan los géneros obtenidos en esta presente investigación y en diferentes autores mencionan que las especies del

genero *Glomus* producen una gran cantidad de esporas pequeñas, pero solo germinan una vez y tienden a perder viabilidad relativamente rápido.

En los arboles viejos hay mayores raíces a comparación en los arboles jóvenes pero con los resultados obtenidos de la estadísticas menciona que no tiene nada que ver, tampoco la profundidad y la edad porque no hubo diferencia significativas.

Es recomendable para las futuras investigaciones es necesario que realicen un estudio que muestre la diversidad y la Dominancia de géneros en las rizosfera de (*Cayra illinoensis (Wangehn) K.koch*) en las distintas estaciones del año o también por ejemplo en la etapa de floración Y en menores profundidades.

## VI: CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos de esta investigación se logró ver que en los arboles jóvenes de la variedad *Wichita* presenta un gran mayor número de esporas a diferencia con los arboles viejos. Se encontraron 4 diferentes tipos de géneros de HMA, que son *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora* y *sclerosistis*. Los géneros encontrados en todo los sitios de la muestreo la dominancia mayor fue del genero *Glomus*, seguido con la *Gigaspora*, *Acaulospora* y *sclerosistis*, Y no se logró identificar más géneros debido a que la cantidad de materia orgánica es muy baja.

En el cultivo de nogal pecanero tienen la capacidad de asociarse con los hongos micorrizicos y logran encontrarse en menores profundidades al igual se encuentran las esporas, entre más joven se logra encontrar los hongos micorrizicos y las esporas.

## VII: LITERATURA CITADA

Agrios, G. 2002. " Fitopatologia. Academic Press Inc." Mexico, D.F.: pp 838.

Aguilera, G. L., P. V. ALALDE, A. M. RUBÍ y A. R. CONTRERAS 2008. "Micorrizas arbusculares." Ciencia ergo sum: .14, 300-3006.

Alexander, M. 1980. "Microbiología fa del suelo. ." AG T Editor. Mexico: p 491

Allen, M. F., W. Swenson., J. I. Querejeta., L. M. Egerton-Warburton. y K. K. Treseder. 2003. "'Ecology of Mycorrhizae: A Conceptual Framework for Complex Interactions Among Plants and Fungi",." Ann. Rev. Phytopatol.: 41.

- Allen, M. F. 2006. "Chapter 4. Water dynamic of mycorrhizas in arid soils. Fungi in Biogeochemical Cycles." Cambridge University Press.: Pp. 74-97.
- Arreola A, A. L. M. y M. d. C. M. M. 2002. "Fenología del nogal. En: Tecnología de Producción en nogal Pecanero. Matamoros, Coach." Libro Técnico No. 3. CELELA.
- Atul-Nayyar, A., C. Hamel, K. Hanson y J. Germida 2009. "The arbuscular mycorrhizal symbiosis links N mineralization to plant demand. ." *Mycorrhiza*: 19, 239-246.
- Barea, J. M., R. Azcón y C. Azcón-Aguilar. 2002. ". Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality." *Antonie van Leeuwenhoek*: 81: 343-351.
- Bashan, Y., Davis, E.A., Carrillo-Garcia, A., Linderman, R.G., 2000. Assessment of VA mycorrhizal inoculum potential in relation to the establishment of cactus seedlings under mesquite nurse-trees in the Sonoran Desert. *Applied Soil Ecology* 14:165-175
- Bonfante, P. Fasolo, A. Genre y V. Bianciotto 2004. "'The Colonization Strategies of Arbuscular Mycorrhizal Fungi: An Overview of their Cellular Interactions with Plants and Bacteria",." en: Frias–Hernandez J. T.; V. Olalde Portugal R. Ferrera–Cerrato (Eds.).
- Bonfante, P. 2003. "Plants, Mycorrhizal Fungi and Endobacteria: a Dialog Among Cells and Genomes. ." *Mycorrhiza*.: 15, 215-220.
- Brisson, F. R. 1976. " Cultivo del nogal pecanero (tr. Federico Garza F.)." Mexico. Conafrut: 349

- Brison, R. F. 1992. " Cultivo del nogal pecanero (AR. Federico Garza F.)." 2ª. Ed. México. CONAFRUT.: Pág. 349.
- BULLOCK, L. R., M. BROSIUS, J. K. EVANYLO y J. B. RISTAINO 2002. "Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional Applied Soil Ecology." 19: 147–16.
- Camargo, L. A. 2001. "Monografía el Barrenador del Ruezno (CydiCaryana) (Fitch) como Plaga Potencial del Nogal. ." Torreón Coah. Méx,,: p: 5-7.
- Campbell, R. 1987. "Ecología microbiana." la . ed. Limusa. Mexico: p.268.
- Carey, E. V., M. J. Marler. y R. M. Callaway. 2004. "Mycorrhizae transfer carbon from a native grass to an invasive weed: evidence from stable isotopes and physiology. Pl. Ecol." 172(1):133-141.
- GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L., I. ORONA-CASTILLO, G. V.-C. GONZÁLEZ, R. D., B. T.-D. MURILLOAMADOR, E., M. FORTIS y M. A. SEGURA 2009. "Interacciones nutrimentales y normas de diagnóstico de nutrimento compuesto en nogal pecanero (Carya illinoensis)." Revista Chapingo Serie Horticultura 15: 141-147.
- Gazey, C., L. Abbot y A. Robson (1992. "The rate of development of mycorrhiza effects the onset of sporulation and production of external hyphae by two species of Acaulospora." Mycological Research: 96, 643-650.
- González 2007. "Manejo de suelos en huertas de nogal: la labranza mínima como alternativa. ." En: Seminario de nogal pecanero 2007. Mexico. CECH-INIFAP: P.18-27.

- Hanna, E. D. 1977 "Cruzas y efectos de la producción alternada en México. Ciclo de Conferencias Internacionales de Producción de Nuez de la Republica Mexicana." CONAFRUT SARH. VI: Pág. 53-56.
- Herrera, A. E. 2008. "Manejo de Huertas de Nogal. Mexico. Universidad Autónoma de Chihuahua." 263 p.
- Herrera, E. y Clevenger 1996. "Importancia económica de la industria nogaleras en EUA. (Guía Z-501) Servicio Cooperativo de Extensión Agrícola. ." NMSU. Nuevo México, EUA: p. 2-5
- Lagarda, M. A. 1978. " Comportamiento fenológico de 14 cultivares de nogal pecanero en la región lagunera. Matamoros. Coach." CAELALA CIAN INIA informe de investigación de fruticultura. : Pp91; 1:57.
- Lagarda, M. A. 2007. "Plantaciones de alta densidad en nogal pecanero. III Jornada Nacional y I Congreso internacional sobre el cultivo del pecan." Buenos Aires, Argentina.
- Lemus S, G. 2004. "EL CULTIVO DEL PECANO ( cayra illinoensis)." Proyecto FIA.
- López Díaz, J. C. A. V., Ana María; Salas González, José María; Aguilar Valdés, Alfredo; Robles Hernández, Loreto; Villalobos Pérez, Elizabeth; Rodríguez Andujo, Aída. 2011. ""Rentabilidad del nogal pecanero bajo sistemas de producción de mediana tecnología en Delicias, Chihuahua"." Revista Mexicana de Agronegocios: pp. 720-732. .
- Marks, G. C. y R. C. Foster. 2002. "Estructure, morphogenesis, and ultrastructure of ectomycorrhhi zae. In: G.C. Marks and T. T. Kozlowski (eds.) . Ectomycorrhizae, their ecology and physiology." Academic Press. USA: P.1 41.

- Martínez, G. M. A. 2002. " Labranza de conservación en condiciones de riego en el altiplano potosino. Folleto técnico No. 18. Campo Experimental Palma de la Cruz." -INIFAP. Mexico: p. 17
- Martínez, L., Pugnaire, F., 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.
- Marx, D. H. 2000. "Tree host range and world distribution of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius*." Canadian Journal of Microbiology: 23: 217-223.
- Marx, D. H. 1971. " Root inhabiting mycorrhizal fungi benefit growth of trees. 5th Ann. West. Irri. Pecan Grow. Ass. Conf." New México State University: P.14-18.
- Morton, J., M. Franke y S. Bentivenga 1995. "Developmental foundations for morphological diversity among endomycorrhizal fungi in Glomales (Zygomycetes). In "Structure, Function." Molecular Biology and Biotechnology Springer-Verlag Berlin: pp 669-683.
- Morton, J. B. y D. Redecker. 2001. "Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters." Mycologia 93:181-195.
- Núñez, M. J. H. 2002. "La Fertilización en Nogal. Memorias del Simposium Internacional de Nogal Pecanero, 24-26 de abril del 2002." Hermosillo, Sonora México: , Pág. 99-116.

- ojeda, B. D. L., R. Hernandez, Ofelia Adriana., L. O. G. Rogelio. y M. T. J. Javier  
2009. "Evolución de los Sistemas de Producción de Nuez en México"  
TECNOCENCIA chihuahua III.
- Orona Castillo, I. S.-J., Dora Ma.; Fortis Hernández, Manuel; Vázquez Vázquez,  
Cirilo; Gallegos Robles, Miguel Ángel. . 2013. "Producción y comercialización  
de nuez pecanera (*Carya illinoensis* Koch) en el norte de Coahuila, México\*."  
Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4: 461-476.
- Puente 2002. " Nuez, análisis de su rentabilidad. Sagarpa-Acerca. México."  
Claridades Agropecuarias PP 107:3-30.
- Retes López, R. N. P., Ariel Ramsés; Moreno Medina, Salomón; Denogean  
Ballesteros, Francisco G.; Martín Rivera, Martha. 2014. ""ANÁLISIS DE  
RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE NOGAL PECANERO EN LA COSTA DE  
HERMOSILLO"." Revista Mexicana de Agronegocios, Vol. XVIII: pp. 872-  
882. .
- Ruiz, S. R. 2005. "Fertilización del nogal. "Diagnostico y Corrección"." Tierra  
Adentro: 63: 30-35.
- S.A.S. 2004. "SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. Guía del  
Usuario,win\_pro plataforma 8.2, licensed to U.A.Ch. 2004
- SAGARPA-SIAP 2009. " (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,  
Pesca y Alimentación, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera)."  
Anuario estadístico de la producción agrícola. México, D. F.

- SAGARPA 2005. " (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación)." Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. México, D. F. .
- SAGARPA 2010. "(Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación).".
- Sanchez, E., J. M. Soto, C. M. Sosa, R. M. Yañez, E. Muñoz y A. Anchondo 2009. " Eficiencia de uso del nitrógeno en nogal pecanero. ." Terra Latinoamericana: 27: 311-317.
- SANTAMARÍA, C. J., M. M. C. MEDINA, M. RIVERA GONZÁLES y R. FAZ CONTRERAS 2002. "Algunos factores de suelo, agua y planta que afectan la producción y alternancia del nogal pecanero." Revista Fitotecnia Mexicana: 25: 119-125.
- Smith, F. A., I. Jakobsen y S. E. Smith. 2000. "Spatial differences in acquisition of soil phosphate between two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Medicago truncatula*." New Phytologist: 147:357-366.
- Sylvia, D., J. Fuhrmann., P. G. Hartel. y D. Zuberer. 2003. "Principles and Applications of Soil Microbiology. Prentice Hall, New Jersey, USA." pp 640.
- Tarango R , S. H., B. C. Macías, L. A. Alarcon y J. P. M. 2004. "Colonización micorrizica, crecimiento y concentración foliar de nutrimentos en nogal pecanero y pistachero." Agric. T6c. Mex.: 30(2):191-203.
- SALAMANCA SOLIS, C. Las micorrizas como estrategia de mejoramiento nutricional de pasturas y especies frutales en el departamento del Guaviare. En: Boletín Técnico CORPOICA No. 20, Noviembre, 1999; p. 1.
- Villegas, M. y J. Cifuentes 2004. "Las micorrizas en la evolución de las plantas." Redalyc: 073,30-36.

Wang, B. y Y. L. Quiu 2006. " Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants." *Mycorrhiza* 16(15): 299-379.

Yong, G. Z., A. F. Smith y S. E. Smith 2003. " "Phosphorus efficiencies and responses of barley (*Hordeum vulgare* L.) to Arbuscular Mycorrizal Fungi Grown in Highly Calcareous Soil". " *Mycorrhiza.*: 13(2).