

**SEP**

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



## Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de la Zona Maya

### **HONGOS MICORRÍZICO ARBUSCULARES NATIVOS ASOCIADOS A CAOBA (*Swietenia macrophylla* King.) EN SELVA MEDIANA EN EL SUR DE QUINTANA ROO**

**Informe Técnico de Residencia Profesional  
Que presenta el C.**

**JAIME REYES RUIZ**

**N° de Control 12870073**

**Carrera: Ingeniería Forestal**

**Asesor Interno: DR. IVÁN OROS ORTEGA**

**Juan Sarabia, Quintana Roo  
Diciembre 2016**



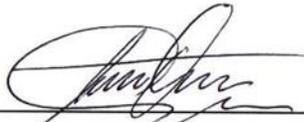
---

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA**

El Comité de revisión para Residencia Profesional del estudiante de la carrera de INGENIERÍA FORESTAL, **JAIME REYES RUIZ**; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por el asesor interno **Dr. Iván Oros Ortega**, el asesor externo el **Ing. Armando Escobedo Cabrera**, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado: "**Hongos micorrízico arbusculares nativos asociados a caoba (*Swietenia macrophylla* King.) en selva mediana en el sur de Quintana Roo**", que presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fe de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

**A T E N T A M E N T E**

**Asesor Interno**



**Dr. Iván Oros Ortega**

**Asesor Externo**



**Ing. Armando Escobedo Cabrera**

**Juan Sarabia, Quintana Roo, Diciembre 2016.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo de investigación va dedicado a Dios por haberme permitido llegar a estas alturas y darme la fuerza y la fe de creer en mí para poder terminar la Residencia Profesional.

Quiero dedicar a mis padres este agradecimiento por haberme apoyado a lo largo de todo este camino, que ya está por culminar.

A los maestros, a los directivos, en especial al Profesor el Dr. Iván Oros Ortega por haberme brindado su apoyo incondicional en todo momento para poder realizar esta investigación.

Agradezco a mis amigos y a todos los que estuvieron conmigo en las buenas y en las malas, ya sea de alegría y de tristeza y que nunca me dejaron solo en ningún momento de mi arduo camino a la culminación de esta etapa más de mi vida.

Y por último y no menos importante agradezco a mis hermanos por apoyarme incondicional, económica y emocionalmente durante estos 5 años de mi carrera.

## RESUMEN

El presente estudio tuvo por objetivo determinar las estructuras de hongos micorrízico arbuscular (HMA) nativos asociados con individuos de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en el ejido Laguna OM. Para realizar el trabajo se colectó suelo rizosférico y propágulos micorrízicos en tres diferentes árboles semilleros de caoba. Para ello se establecieron cultivos trampas utilizando maíz y sorgo. Para determinar si los cultivos trampas tuvieron éxito se evaluó la colonización micorrízica por el método de clareo y tinción. Se obtuvieron porcentajes de colonización micorrízica entre un 16 y 53%. Las principales estructuras que se encontraron en los cultivos trampas fueron hifas, vesículas y arbuscúlos. Los resultados preliminares nos sugieren que los árboles adultos de caoba tienen propágulos micorrízicos con alto potencial de propagarse, además que a través de los cultivos trampa están asociándose de forma exitosa con diferentes especies de HMA. Este trabajo es la base para determinar la estructura de la comunidad de HMA asociada con individuos de caoba en el ejido Laguna OM, en una población de caobas en selva de la zona sur del estado de Quintana Roo, México, lo anterior con la finalidad de aislar estas especies e inocularlas en plántulas para mejorar su calidad y por ende su supervivencia en campo. Estos sitios naturales representan una de las áreas de distribución de caoba con mayor grado de conservación, por lo tanto, es urgente conocer su diversidad lo cual representa un reto para implementar estrategias de conservación, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales.

## ÍNDICE

<b>I. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....</b>	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN .....	2
1.3 LUGAR DONDE SE REALIZÓ EL PROYECTO .....	4
1.4 ZONA DE ESTUDIO.....	5
1.5 PROBLEMAS A RESOLVER.....	6
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
2.1 General.....	7
2.2 Específicos .....	7
<b>1.5 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1 EL GÉNERO <i>SWIETENIA</i> .....	9
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE .....	9
2.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA .....	10
2.4 PLANTACIONES DE CAOBA .....	11
2.5 REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS.....	12
2.6 DISTRIBUCIÓN NATURAL DE CAOBA .....	12
2.7 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA CAOBA.....	13
2.8 INTERACCIONES ECOLÓGICAS CON ORGANISMOS DEL SUELO .....	13
2.9 MICORRIZA ARBUSCULAR .....	14
2.10 ESTUDIOS DE MICORRIZA EN MELIACEAES.....	14
2.11 CULTIVOS TRAMPA PARA AISLAR HMA .....	16
<b>III. DESARROLLO .....</b>	<b>17</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES .....	17
3.2 ESTERILIZACIÓN DE LA ARENA .....	18
3.3 COLECTA DE SUELO.....	18

3.4 ESTABLECIMIENTO DE LOS CULTIVOS TRAMPAS .....	19
3.5 MÉTODO DE CLAREO Y TINCIÓN .....	19
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>23</b>
5.2 RECOMENDACIONES .....	24
<b>VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....</b>	<b>24</b>
6.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas .....	24
<b>VII. Bibliografía .....</b>	<b>25</b>

## ÍNDICE DE FIGURA

PÁG.

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica del Instituto Tecnológico de la Zona Maya	4
<b>Figura 2.</b> Mapa de la zona de estudio ejido laguna OM	5
<b>Figura 3.</b> Proceso de esterilización de la arena	18
<b>Figura 4.</b> Siembra del maíz y sorgo	19
<b>Figura 5.</b> Actividades de método de clareo y tinción de raíces	20
<b>Figura 6.</b> Figura.6. a, c, f, g y h) vesículas. b, d y e) hifas de HMA asociados con árboles de caoba el ejido Laguna Om, municipio Othón P. Blanco, Quintana Roo, México.....	21

## I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 1.1. INTRODUCCIÓN

La caoba (*Swietenia macrophylla* King), la especie comercial más importante de América Latina, (Whitmore 2003). En América y el Caribe se han identificado tres especies de caoba de la familia Meliáceae, *Swietenia mahogani*, *S. humilis* y *S. macrophylla*, la primera se distribuye en el Caribe, la segunda en el Pacífico mexicano y la tercera en el sur de México, la caoba de hoja ancha, caoba o *S. macrophylla* King, en México se encuentra en las selvas de la costa Atlántica, desde el norte de Veracruz hasta la península de Yucatán, principalmente en Campeche y Quintana Roo; continúa en Centroamérica, en Colombia, Venezuela, Bolivia, Perú y Brasil (Lamb, 1966; Patiño-Valera, 1997). Ciertos organismos del suelo, con importante papel ecológico funcional, tales como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) pueden interactuar con otros organismos del suelo (en las raíces, en la rizósfera y en la masa del suelo), incrementando la fijación del nitrógeno, a un que por sí solo no puedan hacerlo (Pérez y Montes, 2011). Uno de los factores que determinan el establecimiento y el crecimiento de las comunidades de plantas en los ecosistemas es la micorriza arbusculares (MA), la cual es una interacción ecológica que se establece entre hongos y las raíces secundarias de una alta diversidad de plantas en el planeta (Smith y Read, 2008). Hoy día, se sabe que los beneficios de los HMA son evidentes en la transferencia de nutrientes y en la protección contra patógenos del suelo y factores ambientales adversos a las plantas asociadas (Smith y Read, 2008). La MA es la asociación micorrízica dominante en las regiones tropicales, en donde se establece de forma natural en árboles, arbustos y plantas herbáceas, y constituye una parte fundamental de su estructura y funcionamiento (Pérez-Moreno y Read, 2004). Sin embargo, todavía se desconocen la riqueza y diversidad de los HMA en las selvas de la zona sur del estado de Quintana Roo, así que es urgente conocer la composición de estas especies de HMA, este tipo de trabajos en el corto plazo serán base fundamental para realizar estudios fisiológicos, ecológicos, y biotecnológicos en

poblaciones de caoba con la finalidad de contribuir a resolver las problemáticas que enfrenta la especie, tales como sobreexplotación, tala clandestina así como el ataque por plagas tales, como el gusano barrenador larva del lepidóptero (*Hypsipylla grandella*).

## **1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN**

La educación Tecnológica Agropecuaria surge como producto de la política posrevolucionaria del siglo XX, teniendo sus antecedentes inmediatos en los Centros de Capacitación para el Trabajo Agropecuario y en las Escuelas Técnicas Rurales. Su evolución se inicia en 1925 con la creación de las Escuelas Centrales Agrícolas; en 1932, éstas cambiaron a Escuelas Regionales Campesinas, mismas que en 1941 se transformaron en Escuelas Normales Rurales y en escuelas prácticas de agricultura. En 1967, se crearon las Escuelas Tecnológicas Agropecuarias como una iniciativa de Gobierno Federal por organizar los servicios de educación agrícola ofrecidos por las Instituciones dependientes de la Secretaría de Educación Pública.

Los servicios que ofrecían correspondían en un principio a la educación media, y posteriormente se ampliaron a los niveles medio superior y superior, que fueron los que permanecieron, ya que el nivel medio se separa al crearse su propia Dirección y decretarse ese nivel como básico obligatorio.

En el Estado de Quintana Roo, la Educación Superior Tecnológica Agropecuaria inicia en el año de 1976 con la creación del Instituto Tecnológico No.16 de Juan Sarabia, actualmente Instituto Tecnológico de la Zona Maya (ITZM). Las primeras carreras que ofreció fueron las de Ingeniero Agrónomo con dos especialidades: Fitotecnia y Zootecnia y la de Desarrollo Rural. Actualmente ofrece las carreras de Ingeniería en Agronomía, Ingeniería Forestal e Ingeniería en Gestión empresarial.

Fue el Centro de Estudios Tecnológicos Agropecuarios No. 11, quien albergó en sus instalaciones la primera sede del Instituto Tecnológico. De manera alterna, gracias a múltiples gestiones hechas por personal fundador del Instituto y autoridades municipales y estatales, en 1981 se solicitó al ejido Juan Sarabia la donación de tierras y en asamblea general extraordinaria del 6 de diciembre de ese año, se autorizó la ocupación de 100,000 ha. Posteriormente el 30 de julio de 2000 se otorga el certificado parcelario No. 000000 00440 en donde se ratifica esta superficie el plantel cuenta con suelos aptos para la actividad agrícola, pecuaria y forestal; hasta la fecha somos la única institución agropecuaria de nivel superior en el estado.

El ITZM, está ubicado en el kilómetro 21.5 de la carretera Chetumal Escárcega en el Ejido Juan Sarabia, muy próximo al río Hondo que es el límite con Belice. Su ubicación es estratégica por estar en la zona cañera del estado muy cercano al ingenio Álvaro Obregón, el cual procesa toda la producción de las 25,000 hectáreas.

### 1.3 LUGAR DONDE SE REALIZÓ EL PROYECTO

El proyecto de residencia profesional se realizó en el laboratorio de control biológico del Instituto Tecnológico De La Zona Maya, ubicado en la carretera federal Chetumal-Escárcega, número 186, cuenta con una superficie de 50, 853 km<sup>2</sup>. Equivalente a 5, 084,000 Ha, pues ocupa el lugar 19 de extensión en el territorio nacional. Está situado en el Municipio de Othón P. Blanco en el (Estado de Quintana Roo)- en el ejido de Juan Sarabia.



Figura. 1 Ubicación geográfica del Instituto Tecnológico de la Zona Maya

## 1.4 ZONA DE ESTUDIO

La población de árboles de caoba (*S. macrophylla* King) estudiada está ubicada en el ejido de Laguna OM, situado en el Municipio de Othón P. Blanco (en el estado de Quintana Roo). El ejido Laguna OM está a 100 metros de altitud. Las coordenadas geográficas latitud 18.457778 y longitud -88.927778, (Figura 2).

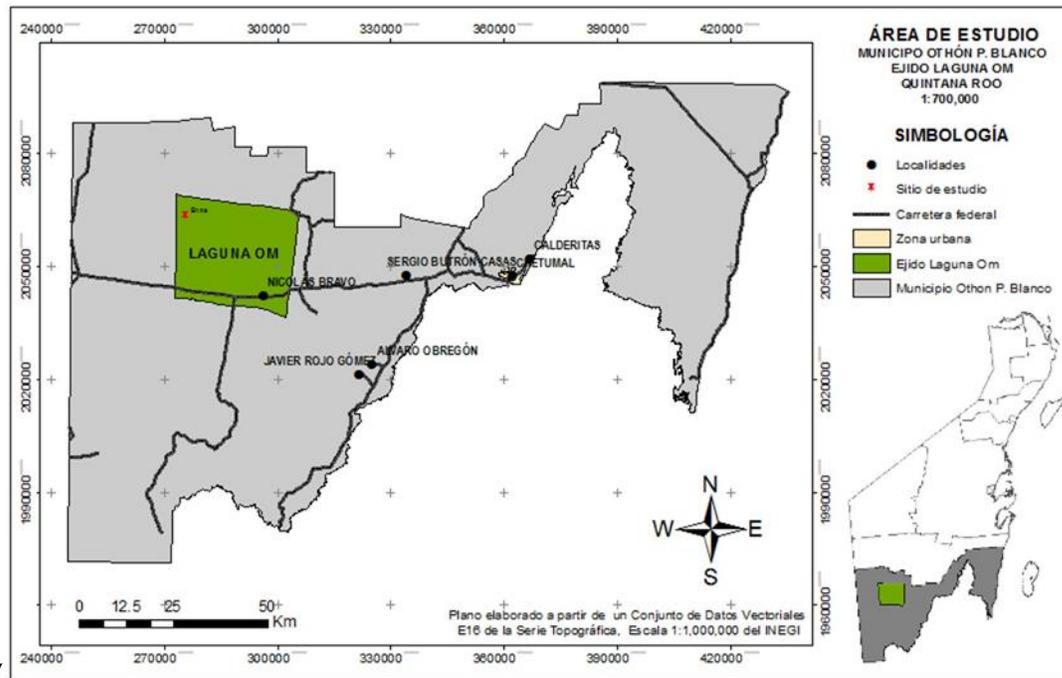


Figura 2. Mapa de la zona de estudio ejido Laguna OM, donde se recolectó el suelo rizósferico

## 1.5 PROBLEMAS A RESOLVER

El presente estudio es pionero en el estado, actualmente la información sobre HMA es escasa, por ejemplo, se desconoce las principales especies asociadas con las raíces de caobas en poblaciones naturales de la zona sur del estado de Quintana Roo. Así mismo tampoco existe aislamientos de estos HMA en cultivos trampas y mucho menos en cultivos monospóricos que permitan utilizar este material en la propagación de las plántulas de caobas para fines de restauración o establecimiento de plantaciones forestales. Esta información también representa las bases para continuar con el estudio de las interacciones y poder explicar aspectos fisiológicos, ecológicos aplicados al establecimiento y cultivo de caoba. También esta información es fundamental para abordar otro tipo de estudio como son los aspectos de genética, edafología e interacciones con organismos plagas tales como resistencia al ataque por *H. Grandella*.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Determinar las estructuras de hongos micorrízico arbuscular (HMA) nativos asociados con individuos de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en el ejido Laguna OM, en una población de caobas en el ejido laguna OM, en selva de la zona sur del estado de Quintana Roo, México.

### **2.2 Específicos**

Establecer cultivos trampa con base en plantas de maíz y sorgo para el aislamiento de HMA a partir de raíces y suelo nativo colectado en árboles adultos de caobas.

Determinar las estructuras de hongos micorrízico arbuscular, en las raíces de cultivos trampas de suelo colectados en árboles adultos de Caoba.

### 3. JUSTIFICACIÓN

La especie *S. macrophylla* King (Meliáceae) comúnmente conocida como caoba de hoja ancha crece como un árbol emergente en los bosques neotrópicos húmedos y secos del mundo, en una gran variedad de condiciones climáticas y de suelo (Pennington y Styles, 1981; Mayhew y Newton, 1998; Grogan *et al.*, 2002). En Quintana Roo la extracción comercial de caoba tiene una larga historia que inició a mediados del siglo XVII, época en la que sólo se extraía en el sur del estado, con fines de exportación hacia Europa y Estados Unidos (Snook, 2005; Villalobos, 2006). Desde 1983, la extracción y venta de madera, principalmente de caoba, ha sido la actividad económica más importante en ejidos con grandes extensiones boscosas (Chan, 2005; Santos *et al.*, 2005). En Quintana Roo se ha reportado que la caoba se localiza principalmente en sitios planos en comparación a sitios con pendientes, relieves ondulados y de preferencias en suelos negros. (Negreros-Castillo y Mize, 2012). El estado de Quintana Roo se localiza en la porción oriental de la península de Yucatán en las coordenadas 21°31' y 17°49' de latitud norte y 86°43' y 89°25' de longitud oeste y una superficie de 5,084,300 hectáreas, de las cuales 4,732,454 ha, se consideran forestales. Geomorfológicamente, Quintana Roo forma parte de un gran bloque compacto de rocas calizas poco fracturado conocido como losa de Yucatán (Tello y Castellano, 2011). Algunos estudios en meliáceas en la región de América tropical han reportado una evidente colonización de HMA en poblaciones naturales (Herrera y Ferrer, 1980) y en poblaciones jóvenes de caoba (Nold y Bauch, 2001). Uno de los principales problemas son el (Lepidóptero, Pyralidae), que tienen las meliáceas ya que afecta a las plantas durante las primeras etapas de crecimiento. El daño ocasionado se refleja en la disminución en la velocidad del crecimiento y sobre todo en la deformación de los árboles, en consecuencia, la reducción del valor comercial de la madera (Mayhew y Newton, 1998).

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 EL GÉNERO *SWIETENIA*

La familia Meliáceae se distribuye en América, África y Asia e incluye cerca de 50 géneros y 550 especies (Heywood, 1985). En el Neotrópico se han descrito los géneros: *Swietenia*, *Cedrela*, *Trichilia*, *Guarea*, *Carapa*, *Cabralea*, *Ruegea* y *Schmardea*, siendo los dos primeros los géneros más importantes desde el punto de vista forestal (Navarro, 1999).

### 4.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

*Swietenia macrophylla* King (Meliáceae) comúnmente conocida como caoba de hoja ancha, es una especie que crece como un árbol emergente en los bosques neotrópicos húmedos y secos del mundo, en una gran variedad de condiciones climáticas y de suelo (Pennington y Styles, 1981; Mayhew y Newton, 1998; Grogan *et al.*, 2002), en donde se alcanza una altura hasta de 40 m y un diámetro hasta de 2.0 m (Lamb, 1996). La *S. macrophylla* presenta un amplio rango de distribución que va desde el norte Veracruz a Yucatán en México y a lo largo de la costa Atlántica hasta Brasil y Bolivia (Lamb, 1966; Pennington y Styles, 1981). De acuerdo con Lamb (1966), la caoba alcanza su desarrollo óptimo en condiciones de bosque tropical seco con una precipitación anual de entre 1000 y 2000 mm y una temperatura promedio anual de 24°C.

### 4.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

**Árbol:** de gran tamaño, de 30 a 60 metros de altura con el fuste limpio hasta los 25 metros de altura, los arboles adultos miden entre 75 a 350 cm a la altura del pecho (Aguilar, 1992). **Copa:** con diámetro de 14 m (González, 1991). Presenta ramitas gruesas de color castaño con muchos puntos levantados o lenticelas (Salas, 1993). **Fuste:** recto, libre de ramas en buena proporción, bastante cilíndrico (Herrera, 1996), los contrafuertes pueden tener una altura de más de 4 metros (Aguilar, 1992). **Corteza:** externa color café rojizo oscuro con muchas fisuras profundas a lo largo del fuste, la corteza interna es de un color rosado rojizo hasta café, (Aguilar, 1992). Sabor amargo (Salas, 1993). **Hojas:** alternas grandes, paripinnadas alternas de 20 a 40 cm de largo (Salas, 1993); pecioladas, portando de 6 a 12 folíolos delgados oblicuamente lanceolados por lo regular de 8 a 15 cm de largo y 2.5 a 7 cm de ancho, acuminados en el ápice, agudos o muy oblicuos en la base (Aguilar, 1992). Haz verde oscuro brillante, en ves verde pálido (Salas, 1993). **Flores:** colocadas sobre panículas de 10 a 20 cm de largo o más, glabras; cáliz 2 a 2.5 mm de largo, lóbulos cortos, redondeados; 5 pétalos ovados de color blanco, 5 a 6 mm de largo; 10 estambres formando un tubo cilíndrico con dientes agudos o acuminados (Aguilar Cumes, 1992). **Fruto:** es una cápsula ovoide dehiscente, comúnmente de 6 a 25 cm de largo y 2 a 12 cm de diámetro, reducido hacia el ápice en punta, color pardo grisáceo, lisa o diminutamente verrugosa, con 4 y 5 valvas leñosas de 6 a 8 mm de grueso; cada cápsula contiene entre 45 a 70 semillas (PROSEFOR, 1997), esponjosas y frágiles (Herrera, 1996). **Semillas:** sámaras, aladas, livianas, de 7.5 a 10.0 cm de largo por 2.0 a 3.0 cm de ancho, de color rojizo café, sabor muy amargo (PROSEFOR, 1997).

#### 4.4 PLANTACIONES DE CAOBA

Existen plantaciones experimentales para estudios científicos, por ejemplo, en el estado de Campeche se recolectan anualmente diversas cantidades de frutos de caoba cuyas semillas se emplean en los viveros forestales de la entidad para propagar la especie con fines de reforestación y establecimiento de plantaciones comerciales (Negreros-Castillo *et al.*, 2014) Para asegurar la regeneración artificial de la caoba, desde hace varios años los ejidatarios, viveristas y productores forestales del sureste de México recolectan anualmente grandes cantidades de frutos procedentes de árboles tumbados o en pie, con el propósito de utilizar sus semillas para producir varios cientos de miles de plántulas destinadas a establecer plantaciones de enriquecimiento en las áreas de corta, así como para regenerar por siembra directa los claros de bosques producidos por la tumba y extracción de madera (Negreros-Castillo y Mize, 2003; Negreros- Castillo *et al.*, 2005). Las plantaciones en gran escala en Campeche representan un esfuerzo importante, dentro de las aproximadamente 100 mil hectáreas que hoy en día hay en México, la contribución actual corresponde a un monto cercano al 4 % de la cosecha de madera industrial en México (Velázquez *et al.*, 2003). Los estados del Sureste Mexicano participan con el 41% de la producción nacional de preciosas y maderas comunes tropicales, destacándose los estados de Campeche y Quintana Roo (SEMARNAT, 2009). El estado ocupa el primer lugar a nivel nacional en producción forestal maderable de maderas preciosas en el 2012 con 47.9 % de la producción nacional en metros cúbicos en rollo seguido por el estado de Veracruz con el 20% y Campeche ocupa el 15.3%. El estado de Quintana Roo también cuenta con 300 000 hectáreas bajo manejo certificado con "sello verde", y los ejidos certificados son: Noh-Bec con 23 100 y 18 000 hectáreas de área forestal permanente (AFP), Caobas con 64 000 y 32 000 ha de AFP, Petcacab con 54 382 y 35 000 ha de AFP, Tres Garantías 44 500 y 19 400 ha de AFP, lo cual representa aproximadamente un 1.5% de la superficie forestal del estado (Reygadas, 2007). En el 2014 la producción maderable de especies preciosas en el estado de Quintana Roo fue de 4, 881, m<sup>3</sup>, esto representa en valor de producción económica de maderas preciosas \$17, 087,000 aproximadamente. (Anuario Estadístico, 2015).

#### **4.5 REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS**

La caoba forma parte de las selvas altas o medianas perennifolias y subperennifolia, en donde muchas poblaciones se encuentran formados grupos de un número de variables de árboles. La caoba crece bien en suelos de origen calizo o aluvial (Pennington, 1998), también es capaz de tolerar un alto rango de condiciones ambientales, y alcanzan “desarrollo óptimo natural” bajo condiciones de selvas secas (Lamb, 1966), con una precipitación anual entre 1000 y 2000mm, una temperatura promedio de 24°C y una evotranspiración potencial en una relación de 1 y 2 (Mayhew y Newton, 1998). Puede germinar y permanecer como plántula bajo condiciones de sombra moderada, sin embargo, requiere de luz para incrementar su tasa de crecimiento. Puede germinar y hasta sobrevivir en el sotobosque hasta que se abra un claro de tamaño mediano para continuar su crecimiento el cual se lleva a cabo de manera acelerada. La presencia de la especie en toda la superficie del ejido Laguna OM indica que puede crecer en bosques maduro como en bosques afectados por incendios, aunque la información existente sobre su producción es escasa, existen reportes que indican que la polinización es llevada a cabo por abejas y mariposas nocturnas (Mayhew y Newton, 1998).

#### **4.6 DISTRIBUCIÓN NATURAL DE CAOBA**

Es la especie del género que tiene el área de dispersión más extensa. Se distribuye naturalmente del Sur de México, Guatemala, vertiente del Atlántico en América Central hasta el Valle del Amazonas de Brasil y el Perú (Aguilar, 1992).

#### **4.7 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA CAOBA**

La caoba es la especie forestal comercial más importante de América Latina, (Whitmore, 2003). Actualmente, en las selvas de Quintana Roo se aprovecha una diversidad de especies arbóreas de importancia comercial, y la caoba es la más emblemática, considerada como especie guía de los aprovechamientos forestales. Estas selvas incluso son designadas como “*selvas de la caoba*”. En Quintana Roo la extracción comercial de caoba tiene una larga historia que inició a mediados del siglo XVII, época en la que sólo se extraía en el sur del estado, con fines de exportación hacia Europa y Estados Unidos (Snook, 2005; Villalobos, 2006). Desde 1983, la extracción y venta de madera, principalmente de caoba, ha sido la actividad económica más importante en ejidos con grandes extensiones boscosas (Chan, 2005; Santos *et al.*, 2005)

#### **4.8 INTERACCIONES ECOLÓGICAS CON ORGANISMOS DEL SUELO**

En la rizósfera existe gran número de microorganismo que establecen relaciones de simbiosis con las plantas (Smith y Read, 2008). El hecho de que se hayan descrito menos de 200 especies de HMA y que éstas sean capaces de colonizar las raíces de la mayoría de familias de especies vegetales hizo pensar que no existía una relación de especificidad entre el hongo y la planta (Smith y Read 1997). Sin embargo, los resultados de análisis moleculares revelan que la diversidad de HMA es mucho mayor que la esperada y que las interacciones entre planta y hongo no se dan al azar, sino que en muchos casos son específicas (Vandenkoornhuyse *et al.*, 2002; Johnson *et al.*, 2003). Recientes análisis moleculares sitúan a los HMA en un filo independiente, los Glomeromycetes, que se compone de cuatro órdenes (Glomerales, Diversisporales, Paraglomerales y Archaesporales) y siete familias (Glomeraceae, Archaesporaceae, Paraglomaceae, Acaulosporaceae, Diversisporaceae, Pacisporaceae y Gigasporaceae) (Morton y Redecker 2001; Schussler *et al.* 2001). Promocionan el crecimiento de la raíz y la proliferación de los pelos radicales, inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos y producen sustancias que lantes del hierro (sideróforos) que aumentan su absorción por parte de las plantas además intervienen

en la fijación del nitrógeno (bacterias fijadoras de nitrógeno) y aumentan la absorción de agua y nutrientes y la absorción del fósforo (micorrizas), (Alarcón y Ferrera, 2000).

#### **4.9 MICORRIZA ARBUSCULAR**

Entre los organismos que habitan en el suelo cabe destacar por su función ecológica los hongos micorrízicos. Una micorriza es la simbiosis entre un hongo micorrízico y las raíces de una planta. Los HMA se encuentran ampliamente extendidos por toda la superficie terrestre y establecen simbiosis con, al menos, el 80% de las plantas vasculares (Trappe, 1987). Estudios moleculares y del registro fósil datan el origen de los HMA (Glomeromycota) en el Ordovícico (hace 480 millones de años aproximadamente) e indican que los HMA participaron en la colonización de las primeras plantas de los hábitats terrestres (Simón *et al.*, 1993; Brundrett, 2002 Pawlowska y Taylor, 2004). Son predominantes en los ecosistemas palustres y en suelos de bajas y medias latitudes con altas tasas de mineralización de materia orgánica, donde colonizan las raíces de muchas herbáceas y plantas leñosas (Read 1991). Generalmente, las plantas se ven beneficiadas por la interacción con el HMA ya que aumenta su capacidad de absorción de nutrientes, especialmente de fósforo (P), además de N y de otros micronutrientes (Smith y Read 1997). A su vez, los HMA son heterótrofos y dependen totalmente de las plantas que colonizan para obtener los compuestos orgánicos necesarios para su crecimiento.

#### **4.10 ESTUDIOS DE MICORRIZA EN MELIACEAES**

Recientemente, Méndez-Cortes *et al.*, (2013), obtuvieron alta colonización micorrizica al inocular plántulas de *Cedrela odorata* con esporas nativas procedentes de selvas alta perennifolia y selvas subperennifolia. Es importante generar información del proceso de desarrollo de las plántulas bajo condiciones de invernadero, así como realizar estudios sobre las interacciones simbióticas, los resultados de estos estudios Pueden contribuir a mejorar la productividad de las plantaciones.

Algunos estudios en meliáceas en la región de América tropical han reportado una evidente colonización de HMA en poblaciones naturales (Herrera y Ferrer, 1980) y en plantaciones jóvenes de caoba (Nol y Bauch, 2001). En cedro rojo se ha reportado alto porcentaje de colonización por HMA en áreas naturales (Mecinas *et al.*, 1991). En sistemas agroforestales o en áreas naturales de Asia, donde se ha introducido especies como la caoba, se ha identificado esporas de HMA de los géneros *Glomus*

principalmente y en menor proporción a especies de los géneros *Acaulospora*, y *Gigaspora*, - *Entrophospora* y *Scutellespora* en suelo rizosférico; además, un 30-55 % de las raíces finas; mostraron colonización por HMA (Dhar y Mridha, 2006; Shi *et al.*, 2006 citados por Rodríguez-Morelos, 2010).

Rodríguez Morelos *et al.* (2011) menciona que los beneficios de los hongos micorrízico arbusculares (HMA) son evidentes en la transferencia de nutrientes y en la protección contra patógenos del suelo y factores ambientales adversos a las plantas asociadas. Adicionalmente, en la actualidad se reconoce la influencia de los HMA en la conformación de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas. Por estas razones, se han llevado a cabo gran variedad de estudios de la asociación micorrízica arbuscular en especies de importancia ecológica o agronómica, con diversidad de enfoques. Sin embargo, en las regiones neotrópicas, los estudios detallados de la diversidad y funcionamiento de los HMA, especialmente aquellos vinculados con la producción y manejo de especies de importancia forestal han sido limitados. Rodríguez-Morelos *et al.*, (2014) consideran que estas especies son altamente valoradas por la calidad de su madera, aunque el establecimiento de plantaciones comerciales y de reforestación generalmente no ha sido completamente exitoso. Estos mismos autores consideran la inoculación de HMA debe ser un factor fundamental a considerar en el establecimiento de estas especies precedida de estudios con enfoques múltiples que aseguren su aplicación exitosa. También se discute la utilización de inóculos micorrízico en los sistemas de producción de plantas en vivero. Lovera *et al.*, (2007) mencionan que los efectos beneficios de las micorrizas arbusculares son bien conocidos, especialmente en la nutrición mineral de las plantas

y en la protección contra agentes patógenos del suelo, entre otros. Si bien el 80% de las plantas terrestres son capaces de formar micorrizas, se considera que dicha asociación no tiene especificidad taxonómica.

El trabajo de Méndez-Cortes (2012), proporciona la base para el manejo de hongos micorrizógenos nativos propios de *C. odorata* por su alta diversidad micorrízica presente dentro de los ecosistemas tropicales del estado de Veracruz, la cual es indispensable para entender la interacción planta-microorganismo y con ello sugiere replicar estos hongos para utilizarlos en la producción de plántulas y que se logre la plántula adaptarse a las condiciones naturales.

Oros-ortega (2009) evaluó el efecto de micorrización y distintos niveles de defoliación en la tasa de crecimiento de *C. odorata*. Aplicó seis tratamientos con presencias de inoculación/ausencia de inoculación con *Rhizophagus intraradices* y 3 niveles de defoliación en plántulas de *C. odorata* cultivadas en vivero, midió la tasa de crecimiento en altura (TCA), diámetro (TCD), la tasa de crecimiento relativo (TCR) peso fresco y seco de la plántula, con y sin inoculación. Los resultados a los tres y seis meses demostraron que las plántulas inoculadas con micorrizas independiente del nivel de defoliación, presentaron la mayor TCD, y el tratamiento sin inoculación. De igual forma de los tres a seis meses la interacción inoculación/defoliación (50% y 90%) promovieron los más altos valores de TCA, también un significativo crecimiento en el peso fresco y seco de tallos, hojas y raíz. La inoculación arrojó una elevada colonización micorrízica en las raíces de cedro rojo a los seis meses. Se observó que la defoliación de 90% se redujo significativamente la colonización de hifas y vesículas.

#### **4.11 CULTIVOS TRAMPA PARA AISLAR HMA**

Los hongos micorrízico arbusculares (HMA) no son capaces de crecer en ausencia de una planta hospedante, por lo que son considerados simbioses obligados, condición biológica que representa mayor dificultad para propagarlos masivamente. La manera más común de propagar a los HMA consiste en colocar sus esporas o propágulos en

un suelo previamente esterilizado y sembrar la semilla de una planta micorrizico. Al cabo de cuatro meses, el suelo y las raicillas de la planta trampa pueden utilizarse como un inoculante de HMA (Blanco y Salas 1997; Cuenca et al., 2007). El inóculo de HMA obtenido a partir de "plantas trampa", usualmente es incorporado al sustrato mediante dos métodos (1) mezclándolo uniformemente con el sustrato, previo al llenado de los recipientes o macetas; o bien (2) colocándolo en bandas de 3 a 5 cm, bajo la superficie del sustrato, aunque este último método puede ser muy laborioso, se asegura un rápido contacto entre las raíces y el hongo, a medida que las raíces crecen hacia las bandas de inóculo (Castellano y Molina 1989).

## 5. DESARROLLO

### 5.1 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES

- a) Elaboración del protocolo de residencia se realizó en base a consulta bibliográfica y asesoría profesional.
- b) La entrega de reportes fue cada dos meses donde se plasmaron los principales avances en cada periodo de evaluación.
- c) Colecta del suelo rizosférico, se recolectaron en el ejido de laguna OM, en tres diferentes árboles de caobas (*S. macrophylla* King).
- d) Esterilización de la arena, para este proceso la arena se puso en bolsas de lona se introdujeron en un tambor de metal de 220 litros de capacidad, se ocupó 25 litros de agua para ser hervida junto con la arena por 6 horas de manera que el vapor de agua esterilizara la arena y lo dejara libre de hongos y otros agentes.
- e) Germinación estéril de plantas de maíz y sorgo, aquí se realizó la germinación para establecer cultivos trampas.
- f) Establecimiento de cultivos trampa, en este proceso se sembraron semillas de maíz y sorgo para que el hongo inoculara las raíces de las mencionadas especies a partir de los propágulos suelo colectado de las raíces de caoba (*S. macrophylla* King).
- g) Análisis de porcentaje de micorrización, este se realizó después establecer los cultivos plantas y realizar la técnica de clareo y tinción.

h) Redacción del informe final, aquí se redactaron las principales secciones del reporte de residencia, así como los resultados obtenidos después de haber llevado la prácti

## 5.2 ESTERILIZACIÓN DE LA ARENA

Para este proceso la arena se colocó en sacos de lona (8 sacos) y se introdujeron en un tambor de metal de 220 litros de capacidad. Se vertió 25 litros de agua quedando los sacos libres de ser mojados. Al bote se le colocó una tapa de fierro para permitir conservar el vapor del agua, la arena fue esterilizada por un tiempo de 6 horas con una temperatura cercana a 100 C. Los sacos a las 3 horas fueron invertidos en su posición para que todo tuvieran la posibilidad de estar expuesta al vapor del agua.



Figura 3. Proceso de esterilización de la arena

## 5.3 COLECTA DE SUELO

El suelo rizosférico se colectó en la población de Laguna OM, las muestras de suelo se obtuvieron de tres árboles maduros de caoba, primero se eliminó la materia orgánica de alrededor de cada árbol seleccionado, a una distancia del árbol de 1.50-m la cual se midió con una cinta métrica, posteriormente se cabó a una profundidad de 20 cm para recolectar el suelo alrededor de las raíces secundarias finas así mismo se colectaron fragmentos de raíz, las muestras colectadas se colocaron en bolsas de plástico y se conservaron en una nevera con hielo hasta su transporte al laboratorio.

#### 5.4 ESTABLECIMIENTO DE LOS CULTIVOS TRAMPAS

Para el establecimiento de los cultivos trampas, se usaron macetas con una capacidad de un L, las cuales fueron llenadas con arena estéril, el 10 de octubre del 2016 y previamente se dejaron sumergidas en un recipiente lleno con agua a temperatura ambiente 24 horas, luego se realizó la siembra de las semillas en vasos de plásticos de polietileno de una medida de 10 x 10cm en los vasos se colocaron las semillas de maíz y sorgo dispersados se utilizaron los 50g de suelo rizosférico de raíces de árboles adultos de caoba.



Figura 4. Siembra del maíz y sorgo para establecer los cultivos trampas

#### 5.5 MÉTODO DE CLAREO Y TINCIÓN

Porcentaje de colonización micorrízica: En esta actividad se realizaron tres tratamientos con suelos diferentes con plántulas de maíz y sorgo y posteriormente fueron sacrificadas plántulas de los tres tratamientos. Para realizar lo anterior se colectaron 15 cm raíz de las plántulas “trampas” para determinar el porcentaje de micorrización, se utilizó el método “clareo y tinción” que consiste en lo siguiente:

1. Las raíces se limpiaron con agua hasta dejarlas libre de sustrato, para posteriormente, colocarlas en 1 vasos de precipitado para diferenciar los tratamientos,

se agregó hidróxido de potasio (KOH) al 10%.

2. Se calentó por 10min los histocassetes en un vaso de precipitado en la autoclave a 10 libras de presión.

3. Se retiró el KOH y se enjuagó las raíces con agua destilada.

4. Luego se le agrega peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) al 10% suficiente para cubrir las raíces que se encuentran en los vasos de precipitado por 10min, pasado los 10min se enjuagó las raíces con agua destilada.

5. Se agrega a las raíces ácido clorhídrico (HCl) al 10 % suficiente para cubrirlas por 3min, luego se retira el HCl sin enjuagar.

6. Se cubre a las raíces con el reactivo azul tripano al 0.05% y se calienta por 10 min en la autoclave a 10 libras de presión.

7. El colorante azul tripano se retira y se enjuagan las raíces con lactoglicerol.

8. Se procede a observar en un microscopio las raíces con el objetivo de identificar esporas, arbusculos, hifas.



Figura 5. Actividades de método de clareo y tinción de raíces de los cultivos trampa de HMA asociados con árboles de caoba

## 6. RESULTADOS

### 6.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de los cultivos trampas para el estudio de micorrizas de diferentes árboles de caoba (*S. macrophylla* King) recolectados en el ejido de laguna OM, se obtuvieron diferentes porcentajes de micorrización; desde un 53% hasta un 16% de micorrización estos resultados nos indican que los cultivos trampas tienen un alto potencial para poder asociarse con los HMA proveniente del sitio natural de caoba sin embargo aún falta evaluar otros tiempos para determinar el porcentaje de colonización que adquieren un panorama que si es recomendable aplicarlo en algún vivero forestal aplicando el método de los cultivos trampas ya que la plántula se ve mejor beneficiada al hacer simbiosis con el HMA.

Zamudio-Campo, (2015) en estudio de micorrización obtenida en los cultivos trampas con árboles adultos y árboles jóvenes en plántulas de guácimo (*Guazuma ulmifolia lam*) se determinó la riqueza de estructuras de los hongos micorrízicos arbusculares en las raíces de las plántulas de guácimo tales como hifas, vesículas y arbusculos, fue encontrada en promedio una mayor colonización en árboles adultos con un 73.3% y un 60% en árboles jóvenes.

Las principales estructuras encontradas fueron hifas y vesículas, las hifas tienen un gran impacto al hacer simbiosis con la plántula ya que las hifas son las que transportan los nutrientes y el agua hasta la planta y las que forman los arbusculos en la raíz y los arbusculos externos en el suelo, esto son los beneficios que tienen las hifas, las vesículas sirven para almacenar nutrientes.

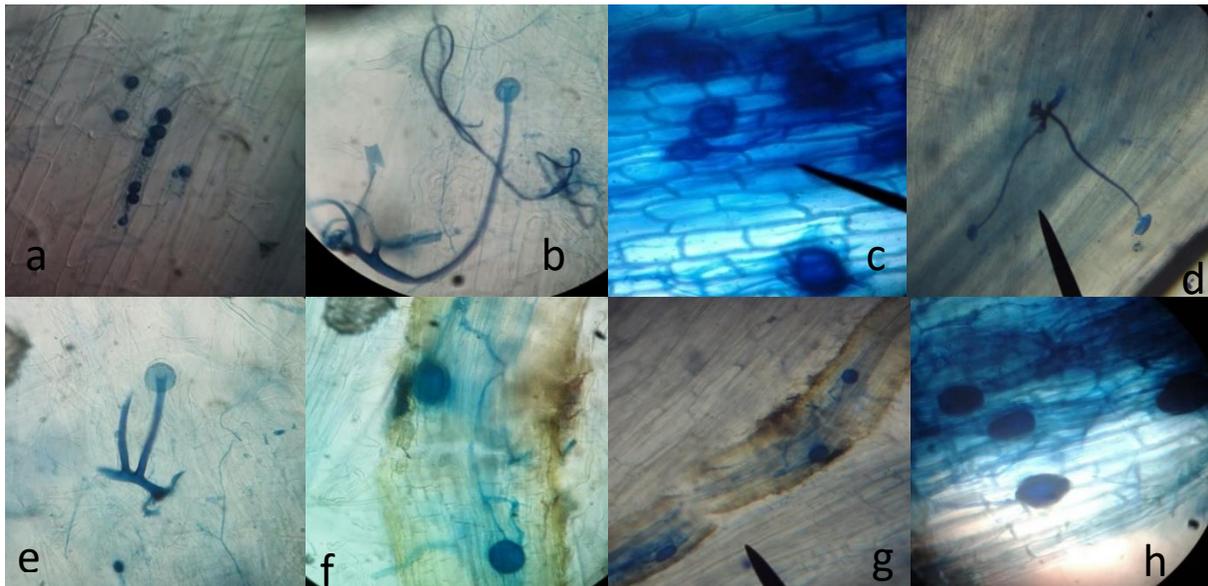


Figura 6. a, c, f, g y h) vesículas. b, d y e) hifas de HMA asociados con árboles de caoba el ejido Laguna Om, municipio Othón P. Blanco, Quintana Roo, México

La simbiosis micorrizica ha cobrado especial interés por su enorme potencial de uso en los diversos programas de producción de plantas en sistemas de viveros y propagación (Alarcón y Ferrera, 1999). Al inocular HM en las plantas, estas presentan mayor sanidad, vigor e incluso calidad, características que repercuten en la capacidad de adaptación a diferentes condiciones edáficas y climáticas, así como en su productividad desde el punto de vista ecológico, los HM han sido considerados como elementos primordiales en la funcionalidad de los sistemas productivos Pérez (1998) que se caracterizan porque sus hifas penetran en las células de las raíces formando estructuras de almacenamiento (vesículas) y de intercambio bidireccional de nutrientes y carbono.

Los HMA interactúan con una amplia diversidad de microorganismo del suelo en las raíces, en la rizosfera y en la masa del suelo. La interacción puede inhibir o estimular, aunque estos hongos no pueden fijar biológicamente el nitrógeno atmosférico, incrementa la fijación de este compuesto porque interactúan positivamente con los fijadores de nitrógeno (Barea *et al.*, 1992).

Este trabajo de investigación se encuentra en la etapa de observación, todavía es necesario evaluar las estructuras micorrízica de la etapa final de los cultivos trampa, para este análisis es necesario esperar aproximadamente seis meses e identificar las diferentes especies de HMA asociadas. También están en proceso las actividades para aislar e identificar los hongos que más colonizaron las raíces de las plántulas de maíz y sorgo, así como establecer cultivos monospóricos para comenzar a desarrollar los inóculos que potencialmente pueden aplicarse en las plántulas.

## **7. CONCLUSIONES**

Se determinó la riqueza de estructuras de HMA en las raíces de plántulas de maíz y sorgo tales como hifas y vesículas, de las cuales se registró que hubo una mayor colonización por las hifas, sin embargo, estos resultados son parciales.

Los resultados preliminares nos sugieren que los árboles adultos de caoba tienen propágulos micorrízicos con alto potencial de propagarse, además que a través de los cultivos trampa están asociándose de forma exitosa con diferentes especies de HMA.

Este trabajo es la base para determinar la estructura de la comunidad de HMA asociada con individuos de caoba en las selvas de la zona sur del estado de Quintana Roo, lo anterior con la finalidad de aislar estas especies e inocularlas en plántulas para mejorar su calidad y por ende su supervivencia en campo.

## **8. RECOMENDACIONES**

Es necesario un estudio más detallados, incluyendo nuevas técnicas en el análisis de diversidad, para tener resultados más consistentes de las especies existente de esta forma aportar en el desarrollo de la investigación sobres el estudio de los HMA en Caoba,

Recomendaciones para hacer mejor el estudio de investigaciones, son necesarias un mayor número de visitas en campo, además es necesario que los laboratorios cuenten con el equipo necesario para realizar de forma eficiente las actividades prácticas, asimismo es requerido un mayor apoyo económico para realizar las actividades de investigación.

## **9. COMPETENCIAS DESARROLLADAS**

### **9.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas**

Elaborar, ejecutar y evaluar programas de manejo sustentable de los ecosistemas forestales.

Aplicar y adaptar correctamente las metodologías de evaluación de los recursos forestales maderables y no maderables.

Generar investigación y transferencia de tecnología apropiada para impulsar el crecimiento de la producción, productividad y competitividad del área forestal.

Elaborar e implementar proyectos de conservación de áreas naturales y restauración de áreas degradadas.

Sensibilizar a la sociedad sobre el valor de los ecosistemas forestales para su conservación, protección y restauración.

Conocer e interpretar las políticas, normas y leyes que regulan la actividad forestal.

Utilizar las tecnologías de información y comunicación, aplicadas al manejo de los ecosistemas forestales.

Formular y aplicar los criterios e indicadores para la certificación de los procesos de aprovechamiento de los recursos forestales.

Identificar, diagnosticar, prevenir y controlar los factores de deterioro de los ecosistemas forestales.

Identificar, diagnosticar, prevenir y controlar los factores de deterioro de los ecosistemas forestales.

## 10. Bibliografía

Aguilar, Cumes. (1992). Árboles de la Biosfera Maya Petén, guía para las especies del Parque Nacional Tikal. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Biología, Centro de Estudios Conservacionistas (CECON). p 272.

Alarcón, A., y Ferrera, Cerrato. R. (1999). Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. Terra 17: 179-191.

Alarcón, A., y Ferrera, Cerrato. R. (2000). Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular, Mundi Prensa, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco, México. p 5-10.

Alcalá, Martínez. Abril 6, (2011). Informe Final Del Proyecto FQ006 Ecología, Genética Y Conservación De La Caoba (*Swietenia Macrophylla*): Herramientas Para Un Manejo Adaptativo De La Selva Maya De Quintana Roo, México. P 37.

Anuario Estadístico y Geográfico de Quintana Roo, (2015) pág. 275-386.

Blanco, Fabio., y Salas, Eduardo. (1997). Micorrizas en la agricultura: Contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. Agronomía Costarricense, 21(1): 55-67.

- Brundrett, M.C. (2002). Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytologist* 154:275-304.
- Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza (CATIE). (1997). *Swietenia macrophylla* King. Costa Rica, Proyecto Semillas Forestales, (PROSEFOR), Nota técnica sobre manejo de semillas forestales No. 21. P 2.
- Chan. (2005). El manejo forestal y la caoba en los ejidos de la SPFEQR, Quintana Roo, México. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* 44, 37-44.
- Chimal, Sánchez., y Montaña, Noé., y Camargo, Ricalde., y García, Sánchez., Hernández, Cuevas. 19 de agosto del (2015), Nuevos Registros De Hongos Micorrizógenos Arbusculares Para México. p2-5.
- Dhar P.P., y Mridha M. (2006). Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in different trees of Madhupur forest, Bangladesh. *J. For. Res.* 17: 201-205
- Ferrera, Cerrato R., y Alarcón A. (2001). *Microbiología del Suelo en la Agricultura Sostenible* (1ª ed.) P 4.
- Gisela. (2007). Las micorrizas arbusculares como una alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Interciencia*, vol.32, no.1, P 23-29.
- González, D. (1991). Descripción anatómica de once especies forestales de uso industrial en Panamá. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (Madele; A). P 62.
- Grogan, J., y Barreto, P., y Veríssimo, A. (2002). Mahogany in the Brazilian Amazon: Ecology and Perspectives On Management. 44 p. [www.imazon.org.br](http://www.imazon.org.br)

- Herrera, Alegría., y Lanuza, B. (1996). Especies para reforestación en Nicaragua. Nicaragua, Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), Servicio Forestal. 185 p.
- Herrera, Ferrer. (1980). Vesícula arbusculos Micorriza in Cuba. en; Nikola en Tropical Micorriza Resercha. Clarendon Press Oxford. P 152-162
- Lamb, B. F. (1966). Mahogany of tropical America: its ecology and management. The University of Michigan press, Ann Arbor. 220 p.
- Lovera M., y Cuenca, G. (2007). Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y potencial micorrízico del suelo de una sábana natural y una sábana perturbada de la gran sabana, Venezuela. *Interciencia* 32: 108-114.
- Martínez. L. B., y F. I. Pugnaire. (2009). Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de Plantas. Algunos Ejemplos En Los Ecosistemas Semiáridos. P 5.
- Mayhew, J. E., y Newton, A.C. (1998). The silviculture of Mahogany. Wallingford, Institute of Ecology and Research Management, University of Edinburgh. CAB International. London, UK. 226 p 105-107
- Mecinas, L. J., y Door, R.C., y Chung, M. A., y Moreno, D.P. (1991). Micorrizas en tres especies forestales de la amazonia peruana. *Rev. For. Perú* 18: 29-44.
- Méndez, C. H. (2012). Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares asociados al cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en dos ecosistemas tropicales de Veracruz, México. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencia Forestales. 200p.

- Morton, J.B., y Redecker, D. (2001). Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera Archaeospora and Paraglomus, based on concordant molecular and morphological characters. *Mycologia* 93:181-195.
- Navarro, M. (2015). Diagnóstico del estado actual de *Swietenia Macrophylla* King (Caoba) en los bosques manejados de Quintana Roo, México: Perspectivas Para Su Manejo. Ph.D. Thesis, Universidad Veracruzana, Veracruz. P 19.
- Navarro, M. (1999). Silvicultura Genética: Diagnóstico De La Caoba (*Swietenia macrophylla* King) En Mesoamérica. Centro Científico Tropical PROARCA/CAPAS. 25 p.
- Negreros, Castillo., y Cámara, Cabrales. (2014) Guía Para La Silvicultura En Quintana Roo México, Pág. 45-47.
- Negreros, Castillo., y Mize. (2003). Enrichment planting and the sustainable harvest of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in Quintana Roo, México. In: A. Lugo, J. Figueroa-Colón, y M. Alayón, eds. Big-leaf mahogany: genetics, ecology and management,. Nueva York, Estados Unidos, Springer Verlag. p. 278-287.
- Negreros, Castillo., y P, Snook., y Mize. (2005). Regeneración de caoba a partir de siembra directa en aperturas creadas en bosque natural en México. *Recursos Naturales y Ambiente* 44: 84-90.
- Nold, G. Bouch. (2001). Colonization of fine Roots Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) by vesicular- arbuscular mi corrhizal fungi under plantation conditions in central Amazon *Journal of Applied Botany* 75: 168-172.

- Oros, Ortega, I. (2009). Efecto de la micorrización defoliación en la tasa de crecimiento de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) y diagnóstico de plantaciones. Tesis De Maestría En Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. 75p.
- Patiño, Valera, F. (1997). Recursos genéticos de *Swietenia* y *Cedrela* en los neotrópicos: Propuestas Para Acciones Coordinadas. Roma, Italia: FAO. 58 p.
- Pawlowska, T.E., y Taylor, J.W. (2004). Organization of genetic variation in individuals of arbuscular mycorrhizal fungi. *Nature* 427:733-737.
- Pennington, T. D., y Sarukhán, J. (1998). Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. México: 2º. Edición. UNAM, Fondo De Cultura Económica. 521 p. 234-237.
- Pennington, T.D., y Styles, B.T. (1981). Meliáceae. Flora Neotrópico Monografía 28. The New York Botánica Garden. Bronx, New York. pp. 395-400
- Pérez, A., y Rojas, J., y Montes, D. (2011). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Rev. Colombiana Cienc. Anim*, 3(2), 366-385.
- Pérez, A. y Read, D. J. (2004). Los hongos ectomicorrízicos, lazos vivientes que conectan y nutren a los árboles en la naturaleza. *Interciencia* 29: 239-247.
- Read, D.J. (1991). Mycorrhizas In *Ecosystems*. *Experienta* 47: 376-391.
- Reygadas, P. (2007). Diagnóstico Ambiental y Forestal del Estado de Quintana Roo. Informe presentado dentro del Proyecto PD 351/05 Criterios e indicadores para evaluar la sostenibilidad del manejo de bosques tropicales de México Planicie Costera Sur Oriental Golfo de México y Península de Yucatán. 156 p. 78-81

- Rodríguez, Morelos. (2010). Diversidad de hongos micorrizico arbusculares y sus interacciones con factores ambientales y fisiológicos en la producción de plántulas de Caoba. Mc. Thesis, Colegio De Posgraduados, Veracruz, P 31.
- Rodríguez, Morelos, V., y Soto, Estrada, A., y Pérez, Moreno, J. y Negreros, Castillo, P. (2011). Arbuscular mycorrhizal fungi and their involvement in the production and management of neotropical forest species with emphasis on Meliaceae. *Interciencia*, 36(8), 564-569.
- Salas, Estrada. (1993). Arboles de Nicaragua. Nicaragua, Managua, Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del ambiente, irena. 390 P 340.
- Santos, J.V., y Mas, K. P., López, C., y Snook, L.K. (2005). El manejo forestal y la caoba en los ejidos de la Zona Maya, México. Desarrollo histórico, condiciones actuales y perspectivas. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* 44, 27-36.
- Schussler, A., y Schwarzott, D., y Walker, C. (2001). A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105:1413-1421.
- SEMARNAT. (2009). Anuario Estadístico de la Producción Forestal (2005). 231 p.
- Shi Zy, Chen., y Feng G, Liu., y RJ, Christie P, (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi associated with the Meliaceae on Hainan island, China. *Mycorrhiza* 16: 81-87.
- Simón, L., y Bousquet, J., y Levesque, R.C., y Londe, M. (1993). Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature* 363:67-69.
- Smith, S.E., y Read, D.J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. Cambridge, RU. 605 pp.

- Smith, S.E., y Read, D.J. (1997). Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London. P 209-218.
- Snook, L.K. (2005). Aprovechamiento sostenido de caoba en la selva maya de México. De la conservación fortuita al manejo sostenible. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* **44**, 9-18.
- Tello, T., y Castellano, M. (2011). Características geográficas. En: Pozo, C.; Armijo, C. N.; Calmé, S., eds. Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación. México: Ecosur/Conabio/Gob. edo. de Quintana Roo/ppd: P 24-33.
- Trappe, J. M. (1987). Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. En: Safir, J.R. (Ed.), *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants*, pp. 5-25.
- Vandenkoornhuyse, P., y Husband, R., y Daniell, T.J., y Watson, I.J., y Young, J.P.W. (2002). Arbuscular mycorrhizal community composition associated with two plant species in a grassland ecosystem. *Molecular Ecology* 11:1555-1564.p
- Velázquez, M. A., y Fierros, G. A., y Aldrete, A., y Guerrero, A., y Fernández, C. S., y Santos, P. H. (2003). Situación actual y perspectivas de las plantaciones forestales comerciales en México. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco. México. 448 p. 355-358.
- Villalobos, M. (2006). El bosque sitiado: Asaltos Armados, Concesiones Forestales y Estrategias de Resistencia durante la Guerra de Castas. CIESAS/CONACULTA/INAH. México. 299 p.
- Whitmore, T. C. (2003). Mahogany tree of the future. eds. Big-Leaf Mahogany: genetics, ecology and management. Springer-Verlag, New York: p 1-5.

Zamudio, Campo. (2015). Caracterización De Los Hongos Micorrizicos Arbusculares De Guácimo (*Guazuma ulmifolia* lam.) Una Especie Con Potencial Forrajero. p 12 -19.