

# Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de la Zona Maya

**Producción de plántulas de caoba  
(*Swietenia macrophylla* King)  
inoculadas con suelo rizosférico nativo de  
selva mediana en el Sur de Quintana Roo**

**Informe Técnico Residencia Profesional  
que presenta el**

**C. Pedro Miguel Manzanilla Tejero  
N° de Control 12870131**

**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, **Pedro Miguel Manzanilla Tejero**; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por el asesor interno, **Dr. Iván Oros Ortega** e **Ing. Armando Escobedo Cabrera** habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado: Producción de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) inoculadas con suelo rizosférico nativo de 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.

**ATENTAMENTE**

**Asesor Interno**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Iván Oros Ortega**

**Asesor Externo**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Armando Escobedo Cabrera**

Juan Sarabia, Quintana Roo, diciembre, 2016.

## **GRADECIMIENTOS**

Estoy muy agradecido con mi Dios que siempre estuvo a mi lado dándome fortaleza y sobre todo salud para realizar este sueño, a mis padres que en todo momento me dieron su apoyo incondicional, a mis hermanos y hermanas que formaron parte de este sueño de terminar una carrera profesional, a mi asesor interno y externo que me llevaron de la mano a concluir este proyecto de investigación, a las autoridades de la institución que me orientaron para cubrir los requisitos para alcanzar mi meta.

## RESUMEN

En el presente trabajo se presenta la producción plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) inoculadas con suelo rizosférico nativo para aumentar su tasa de crecimiento y su resistencia al establecimiento en campo en la selva mediana en el Sur de Quintana Roo. Fue implementado un sistema de producción de plántulas de caoba de material parental elite colectado en el ejido Laguna OM. Fueron recolectadas semillas de caoba en el ejido de Laguna OM, después se sembraron en el vivero. El diseño del experimento consistió en probar el efecto del factor micorrización con los siguientes tratamientos: 1) plántulas sembradas en suelo estéril; 2) plántulas sembradas en suelo rizosférico, con 40 repeticiones. Las plantas se distribuyeron en el invernadero en diseño experimental completamente aleatorizado. Las variables de respuesta evaluadas fueron las siguientes: altura, diámetro, peso seco, peso fresco, área foliar y porcentaje de colonización de micorrización, todas fueron tomadas a los 130, 150 y 180 días de edad. Las plántulas del tratamiento estéril en altura y diámetro presentaron mayor promedio en las dos primeras fechas de evaluación, en el caso del peso fresco y seco solo en los 180 días fueron similares los promedios al tratamiento rizosférico. Por otro lado el tratamiento con suelo rizosférico indujo las plántulas con mayor área foliar y a su vez las raíces presentaron alta colonización por estructuras micorrízicas. El trabajo aún se encuentra en proceso de evaluación, por lo tanto, se espera que al final del experimento en campo, las plantas presente efectos en su crecimiento por la presencia de los HMA.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>9</b>
<b>GENERALIDADES DEL PROYECTO</b> .....	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN</b> .....	<b>11</b>
HISTORIA.....	11
MISIÓN .....	13
VISIÓN .....	13
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
OBJETIVO GENERAL .....	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>17</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	<b>18</b>
GÉNERO <i>SWIETENIA</i> .....	18
<i>SWIETENIA MACROPHYLLA</i> KING.....	18
IMPORTANCIA ECONÓMICA .....	18
IMPORTANCIA SOCIAL .....	19
DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA .....	19
DISTRIBUCIÓN .....	20
HÁBITAT.....	20
ECOLOGÍA.....	21
CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA .....	21
CARACTERÍSTICAS SILVÍCOLAS .....	22
PLAGAS QUE AFECTA A LA CAOBA .....	22
ESTUDIOS DE MICORRIZA ARBUSCULARES EN MELIACEAE.....	23
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>25</b>
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>26</b>
<b>DESARROLLO</b> .....	<b>26</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.....	27
ÁREA DE RECOLECCIÓN DE LAS SEMILLAS DE CAOBA .....	27
COLECTA DE LAS SEMILLAS DE CAOBA .....	28
COLECTA DE SUELO RIZOSFÉRICO .....	28

ESTERILIZACIÓN DEL SUELO RIZOSFÉRICO .....	29
SIEMBRA EN VIVERO .....	29
SIEMBRA DE LAS SEMILLAS DE CAOBA .....	29
EL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	30
RIEGO.....	30
VARIABLES A EVALUAR .....	31
ALTURA.....	31
DIÁMETRO.....	32
PESO FRESCO.....	32
PESO SECO.....	33
ÁREA FOLIAR .....	33
PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN MICORRIZICA .....	34
.....	<b>35</b>
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>36</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>37</b>
COLONIZACIÓN MICORRÍZICA.....	40
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>41</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>42</b>
<b>COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Instituto Tecnológico de la Zona Maya.....	27
<b>Figura 2.</b> Sitio de estudio en el Ejido Laguna OM, municipio de Othón P. Blanco una población natural de Caoba en la zona sur del estado de Quintana Roo.....	28
<b>Figura 3.</b> Esterilización del suelo.....	29
<b>Figura 4.</b> Sacos de suelo para esterilizar.....	29
<b>Figura 5.</b> Siembra en vivero las semillas de caoba.....	30
<b>Figura 6.</b> Toma de alturas de las plántulas.....	31
<b>Figura 7.</b> Toma de diámetros de las plántulas.....	32
<b>Figura 8.</b> Peso fresco de las hojas.....	32
<b>Figura 9.</b> Toma de peso fresco de las plántulas.....	32
<b>Figura 10.</b> Peso seco de los tallos de las plántulas.....	33
<b>Figura 11.</b> Escaneo de las hojas.....	33
<b>Figura 12.</b> Fragmentos de raíces para la identificación del ADN.....	35
<b>Figura 13.</b> Reactivos para realizar el método clareo y tensión.....	35
<b>Figura 14.</b> Respuesta en crecimiento de las plántulas de caoba plántulas de caoba (Swietenia macrophylla King) inoculadas con suelo rizosférico nativo colectado en campo en la selva mediana en el Sur de Quintana Roo. A) altura, b) diámetro, c) peso fresco de hojas, d) peso fresco en tallo.....	37
<b>Figura 15.</b> Respuesta en crecimiento de las plántulas de caoba plántulas de caoba (Swietenia macrophylla King) inoculadas con suelo rizosférico nativo colectado en campo en la selva mediana en el Sur de Quintana Roo. A) peso fresco en raíz, b) peso seco hojas, c) peso fresco tallo, d) peso fresco en raíz.....	38
<b>Figura 16.</b> Respuesta en crecimiento de las plántulas de caoba plántulas de caoba (Swietenia macrophylla King) inoculadas con suelo rizosférico nativo colectado en campo en la selva mediana en el Sur de Quintana Roo. A) peso fresco en raíz, b) porcentaje de colonización de micorriza.....	39

**Figura 17.** Estructuras micorrízicas que se observaron en las raíces de las plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) inoculadas con suelo rizosférico nativo colectado en campo en la selva mediana en el Sur de Quintana Roo. a: esporas, b: hifas, c: esporas, d: esporas e hifas, e: esporas e hifas, f: esporas, g: hifas, h: esporas e hifas.....40

**CAPÍTULO I**  
**GENERALIDADES DEL PROYECTO**

## INTRODUCCIÓN

La caoba, (*Swietenia macrophylla* King. (Meliaceae), es la especie maderable de mayor valor económico en América Latina, debido a la calidad de su madera (Rodríguez, 2010). Su distribución natural comprende desde el sureste de México hasta la región amazónica de Sudamérica (Vester-Navarro, 2007). En México, la caoba es una de las especies preferidas para las actividades de reforestación y establecimiento de plantaciones comerciales (Citrón y Vázquez-Yáñez, 1999). Además uno de los factores que determinan el establecimiento y el crecimiento en caoba, como ocurre en la mayoría de las comunidades de plantas en los ecosistemas, son los microorganismos del suelo tales como la micorriza arbuscular, la cual es una asociación simbiótica, que se establece entre las raíces secundarias de la mayoría de las plantas y las hifas de los hongos micorrizicos arbusculares (Smith y Read, 2008).

Sin embargo, las investigaciones de las asociaciones micorrizicas en especies forestales son escasas y generalmente en especies de un gran valor comercial como la caoba. Ante los beneficios potenciales de la simbiosis en el crecimiento y sobrevivencia de las plantas, la inoculación micorrizica es un factor relevante en la producción de plantas, especialmente cuando se requiere una fase de vivero (Rodríguez 2010). Además, el manejo de los hongos micorrizicos en la producción de especies forestales tropicales debe ser precedido en estudios que fundamenten su aplicación, sobre todo considerando los microorganismos del suelo y sus interacciones. Falta generar información sobre las principales especies de hongos micorrizicos arbusculares asociados de forma natural con poblaciones altamente conservadas, como es el caso de los sitios de la zona sur del estado de Quintana Roo, México.

Estas tecnologías contribuyen a resolver los principales problemas de caoba como la sobreexplotación de selvas, incendios forestales, deforestación, huracanes y plagas como el barrenador de las meliáceas (*Hypsipylla grandella*), todos estos problemas causan pérdidas millonarias en el manejo de los bosques y a su vez trae consigo grave deterioro ambiental. Por ello se pretende desarrollar tecnologías que ayuden a producir plantas de alta calidad con un buen desarrollo y rápido crecimiento y así aumentar su éxito en el establecimiento en campo.

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

### **Historia**

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, Ingeniería en Gestión empresarial e ingeniería en informática y un posgrado maestría en ciencias en agroecosistemas sostenibles.

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 hectáreas (has). Posteriormente el 30 de julio de 2000 se otorga el certificado parcelario No. 000000 00440 en donde se ratifica a 110-15-16.65 has. En esta superficie el plantel cuenta con suelos aptos para la actividad agrícola, pecuaria y forestal; hasta la fecha es 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 sembradas en la región. Actualmente cuenta con una matrícula de 700 estudiantes inscritos en nuestros Programa Académicos.

El Instituto al vincularse con los sectores públicos, social y privado para garantizar la pertinencia de los servicios con las necesidades de desarrollo regional y nacional; busca en forma constante la concentración de acciones que permitan mejorar la formación de los educandos, además de atender las necesidades del entorno en materia de desarrollo tecnológico y vinculación; para lograrlo desde su creación, se ha caracterizado por ser una Institución de Educación Superior con un gran potencial de desarrollo, a lo que contribuye su excelente ubicación estratégica, en el Caribe mexicano, a 30 minutos de Chetumal, la capital del

Estado y a cuatro horas de la ciudad de Cancún, uno de los puntos turísticos más importantes de México y del mundo.

### **Misión**

“Contribuir a la formación integral de profesionales que coadyuven al desarrollo socioeconómico de las zonas rurales del país y en lo particular del Estado de Quintana Roo, mediante la prestación de servicios de educación superior, así como de investigación, desarrollo tecnológico y capacitación para el trabajo; orientados al sector agropecuario y forestal para mejorar su producción y productividad”.

### **Visión**

“Ser una institución con excelencia académica, líder en el desarrollo agro empresarial, con tecnologías acordes a las características agroecológicas y sociales del Caribe, que a través de la investigación y vinculación participe activamente en el desarrollo socioeconómico de la región y además cuente con una cultura organizacional de calidad”.

# OBJETIVOS

## Objetivo General

Producir plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) inoculadas con suelo rizosférico nativo para aumentar su tasa de crecimiento y su resistencia al establecimiento en campo en la selva mediana en el Sur de Quintana Roo.

## Objetivos específicos

- 1.- Implementar un sistema de producción de plántulas de caoba de material parental elite colectado en el ejido Laguna Om.
- 2.- Obtener plantas de caoba micorrizadas con suelo rizosférico colectado en sitios de una población de caoba en el ejido Laguna Om.
3. Comparar el crecimiento en altura y diámetro así como la colonización micorrizica de plántulas de caoba inoculadas con suelo y plántulas desarrolladas en suelo estéril.

## JUSTIFICACIÓN

La caoba (*Swietenia macrophylla* King) por estar sometida a niveles de explotación y comercio internacional muestra una tendencia en la disminución de sus poblaciones y una fragmentación cada vez mayor en varias zonas de su distribución natural (Navarro y Hernández, 2004). La reducción actual de los volúmenes comerciales de caoba y la inclusión de esta especie en el apéndice II del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestres en 2002, han fomentado los esfuerzos de investigación en la ecología de esta especie en los bosques, naturales. Actualmente el enriquecimiento de bosques y establecimientos de plantaciones comerciales de caoba enfrentan diversos retos, por ejemplo, en general existe baja sobrevivencia de plántulas en el campo debido principalmente a la mala calidad de las plantas producidas en vivero. Esta mala calidad se origina desde la colecta y selección de la semilla, incrementándose posteriormente con el manejo ineficiente en vivero. El problema es de gran importancia ya que ocasiona una supervivencia en campo del 15 al 50%, así como bajas tasas de crecimiento y de rendimiento de las plantaciones forestales (Mexal, 1996; Negreros Castillo, 1997). Debido a la calidad actual problemática que existe en la producción de plántulas en vivero es imprescindible encontrar - alternativas que aseguren la producción de plantas de calidad para el establecimiento de plantaciones con esta especie forestal tan importante de México y Latinoamérica. Casi todas las experiencias dirigidas a mejorar la producción de plantas de caoba se han enfocado a estudiar diferentes sustratos y labores de cultivo. Sin embargo una opción que no se ha explorado a detalle es el efecto de las asociaciones micorrízicas en esta especie. Por lo que aún se desconoce el potencial que puede tener la asociación en el establecimiento de esta especie. Se ha reportado que la inoculación de hongos micorrízicos en fase de vivero puede incrementar considerablemente la calidad de las plantas y en consecuencia mejorar su resistencia a patógenos, optimizando el crecimiento (Alarcón y Ferrara-Cerrato, 1999; Rodríguez-Morelos *et al.*, 2014). Sin embargo, para el estado de Quintana Roo, se desconoce la diversidad de las especies de HMA, así como el efecto que estas especies pueden tener en el crecimiento de las

plántulas. Por esta razón, el presente trabajo pretende producir plántulas de caoba aumentar su tasa de crecimiento e incrementar su supervivencia al establecerse en la selva mediana en el Sur de Quintana Roo.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **Género *Swietenia***

Este género es neotropical en filogenia y distribución (Figueroa, 1994) y presenta tres especies: *Swietenia mahagoni* Jacq., *S. macrophylla* King y *S. humilis* Zucc. y dos híbridos naturales uno producto de la cruce de *S. macrophylla* x *S. humilis* que se originó en las áreas del rango de distribución donde coinciden ambas especies y otro obtenido por la cruce de *S. macrophylla* x *S. mahagoni* en plantaciones próximas de ambas especies que se ha denominado *S. x aubrevilleana* (Pennington, 1981).

### ***Swietenia macrophylla* King**

#### **Importancia económica**

La madera de Caoba debido a su belleza, alta durabilidad natural, fácil trabajabilidad y alta estabilidad dimensional corresponde al grupo de maderas denominadas de utilidad general y puede usarse en: construcciones livianas y molduras, embarcaciones (cobertura, pisos); acabados y divisiones interiores, muebles de lujo, gabinetes de primera clase, chapa plana decorativa, contrachapados, artículos torneados, cajas para joyas, instrumentos musicales (o parte de estos), instrumentos científicos, fósforos, palillos, lápices (IRENA, 1992).

Mueblería en general, ebanistería, esculturas, artesanías finas, puertas talladas, paneles, armería, juguetes educativos, pisos y utensilios domésticos (ESNACIFOR, 1988).

## **Importancia social**

Especie maderable de importancia artesanal, artículos torneados, esculpidos e instrumentos musicales. El fruto seco tiene un potencial artesanal, las valvas dehiscentes del fruto seco con la base forman flores y se obtienen hermosos arreglos, la madera es usada para la construcción rural y construcciones interiores, la infusión de la corteza y las semillas se usa como tónico y contra tifoidea, diarrea y fiebre, su semilla es sumamente amarga y astringente y se ha usado como calmante del dolor de muelas (CONABIO,1886). Y además es un excelente recurso melífero para la actividad apícola (IRENA, 1992).

## **Descripción taxonómica**

Es un árbol de gran tamaño, a menudo alcanzando más de 30 m de altura y 1.5 m de diámetro en el tronco. Las hojas de color verde oscuro son pinnadas compuestas y el fuste se ve cubierto de una corteza áspera y de color gris pardo, con un grosor de 1 a 1.5 cm (Jiménez 1995). El duramen, de un color pardo rojizo claro, que se añeja a un color pardo dorado, tiene una textura uniforme y una figura atractiva (González 1976). Es una de las maderas más fáciles de trabajar y toma un acabado excelente y se le considera por muchos como la mejor madera para la ebanistería a nivel mundial. Tronco derecho y limpio, ligeramente acanalado con contrafuertes bien formados hasta de 2 a 5 m de alto, Pocas ramas gruesas ascendentes y torcidas por arriba de los 25 m, corteza externa profunda y ampliamente fisurada con las costillas escamosas en piezas alargadas, pardo grisácea a moreno grisácea. Interna rosada a roja, fibrosa, de sabor amargo y astringente, grosor total: 10 a 25 mm, flores pequeñas, verde amarillentas, reunidas en panículas axilares y subterminales glabras, de hasta 15 cm de largo. Ambos sexos en la misma inflorescencia; las flores masculinas más abundantes que las femeninas, ambas dulcemente perfumadas, flores actinomorfas, de 6 a 8 mm de diámetro; el cáliz tiene forma de copa; la corola tiene 5 pétalos ovoides y cóncavos, frutos en cápsulas leñosas, ovoides u oblongas, de color moreno rojizo

(grisáceo en ocasiones), de 12 a 18 cm de largo por 8 cm de ancho, dehiscentes desde la base y se abre en 4 ó 5 valvas el número de semillas por fruto es de 40 a 60 y por lóculo 12 y Semillas numerosas de 1 cm de largo, irregulares, comprimidas de color canela, provistas de una prolongación en forma de ala de 6 a 7 cm de largo, las semillas son sumamente amargas y astringentes y muy livianas (Jiménez, 1995).

### **Distribución**

Se distribuye desde Veracruz y Yucatán en México y Centroamérica hasta Venezuela, Brasil, Colombia, Perú y Bolivia (Carpio, 1992) (Jiménez, 1995) (Holdridge, 1997). Crece entre los 0-1500 metros de elevación (Jiménez, 1995). También ha sido introducida en el sur de Florida, las islas del Caribe, India y otras áreas tropicales (Jiménez, 1995).

### **Hábitat**

Se le encuentra a lo largo de los cursos de agua y en laderas, prospera en regiones de abundante precipitación pero puede vivir incluso en zonas de clima tropical más seco. La temperatura media anual es de 23 ° a 28 ° C con extremas de 11 a 37 °C y la precipitación entre 1,500 a más de 5,000 mm; no tolera temporadas de sequías muy largas. Vive en terrenos muy diversos desde suelos poco profundos y pantanosos hasta suelos aluviales arcillo-arenosos profundos, se desarrolla preferiblemente en suelos de origen calizo o aluvial, que pueden presentar problemas de mal drenaje, aunque puede crecer bien en suelos ricos y profundos de laderas bien drenadas, evita las aguas estancadas, el mejor desarrollo ocurre en suelos de vertisol pélico, arcilloso café-oscuro, arcilloso profundo, rojo-laterítico, negro, arenoso y drenado. En Java medra en terrenos pobres en los que otras especies fracasan (Jimenez, 1995) (Holdridge, 1997).

## **Ecología**

La coba es una especie pionera longeva (pioneras especies que aparecen en el bosque y permanecen por muchos años). Aunque es heliófita, es tolerante a la sombra leve, propiedad que le permite desarrollarse bajo la sombra de pioneros iniciales como Balsa (*Ochroma pyramidale*) y Guarumo (*Cecropia spp.*). Se encuentra en pequeñas manchas en el bosque, frecuentemente separadas (CATIE, 1996).

Se encuentra en las zonas de vida del bosque húmedo y muy húmedo subtropical cálido y tropical (Aguilar, 1992). También se desarrolla en precipitaciones promedio entre 1,000 y 3,500 mm (PROSEFOR, 1997). Temperaturas promedio de 23 a 28°C (PROSEFOR, 1997).

La especie prefiere suelos profundos y ricos en materia orgánica para su desarrollo óptimo suele ser en suelos franco arenosos a arcillosos, fértiles, con buen drenaje interno y externo, pH entre 6.9 a 7.8 (PROSEFOR, 1997). En donde el manto freático no esté muy distante de la superficie y las raíces puedan alcanzar zonas húmedas durante todo el año (Herrera, 1996).

## **Características de la madera**

Se considera que la madera de caoba es una de las mejor conocidas en el mundo, por lo que ha sido el patrón de comparación durante mucho tiempo para todas las otras especies en la fabricación de muebles.

Su madera es de duramen rojizo, rosado, salmón coloreada o de color amarillento cuando está fresca poniéndose más oscura después de secarse al aire, la albura es delgada y de color amarillento (Aguilar, 1992). Grano recto a ligeramente entrecruzado, algunas veces con abigarramientos (Aguilar, 1992). Textura mediana (Aguilar, 1992). Dureza a moderadamente blanda y quebradiza (Aguilar, 1992).

El veteado forma una figura atractiva (Aguilar, 1992). Superficie brillante (Aguilar, 1992), y lisa al tacto después de cepillada (González). Sabor dulce (Aguilar, 1992) a insípido (González). Olor: olor característico debido a los aceites y resinas que posee (Aguilar Cumes, 1992). Moderadamente liviana a moderadamente pesada, peso específico de 0.50 a 0.60 gr/cm<sup>3</sup>, de 25 a 53 libras por pié cúbico (Aguilar Cumes, 1992), 0.45 a 0.85 (Aguilar Girón, 1966), 0.45 (Carpio, 1992). Sus propiedades mecánicas se clasifican desde bajas a algo medianas (Herrera, 1996).

### **Características silvícolas**

Este árbol se ha establecido como plantación artificial en muchos países tropicales pero quizá en mayor éxito en Trinidad, Puerto rico y Surinam. El crecimiento es relativamente lento en los primeros años y se aconseja una distancia de 3x3 m. Se ha descrito a la caoba, como especie utilizable bajo el sistema Taungya (Rosero, 1976).

### **Plagas que afecta a la caoba**

La caoba, así como varias especies de la familia Meliaceae, sufren ataques de agentes barrenadores del tallo, tales como el insecto *Hypsipyla grandella* Zeller, el ataque es más severo cuando se trata de plantaciones a campo abierto y es mucho menor cuando se trata de establecer poblaciones abundantes de caoba dentro de otras comunidades de vegetales, sean estos bosques primarios intervenidos o charrales (Jiménez, 1996).

## **Estudios de micorriza arbusculares en Meliaceae**

Hasta la fecha se han realizado una 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 neotropicales, 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. Algunos de ellos son como el desarrollado por Rodríguez-Morelos *et al.*, (2011) quien menciona que los beneficios de los hongos micorrízicos 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. Por estas razones, Rodríguez-Morelos *et al.*, (2006) consideran que las especies forestales 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 micorrízicos en los sistemas de producción de plantas en vivero.

Lovera y Cuenca (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. Sin embargo, evidencias recientes han mostrado que la diversidad de HMA puede influir en la productividad y diversidad de las comunidades vegetales, así como en las relaciones competitivas y funcionamiento general de los ecosistemas naturales. Por otra parte, existen evidencias de que la diversidad de HMA sufre un impacto severo con las perturbaciones y algunas especies parecen ser más susceptibles que otras ante las actividades humanas referencias.

En otras especies de la familia meliaceae han realizado estudios similares, por

ejemplo Méndez-Cortes *et al.*, (2013), obtuvieron alta colonización micorrizica al inocular plántulas de *C. odorata* con esporas nativas procedentes de selvas alta perennifolia y selvas subperennifolia. No obstante, la producción de plantas con fines productivos se ha ignorado la inoculación micorrízica. Por lo tanto, 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.

En la mayoría se desconoce los casos de identidad de los HMA asociados en condiciones naturales y el efecto de micorrización en el crecimiento y la sobrevivencia de estas especies. 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* y *Gigaspora* principalmente y en menor proporción a especies de los géneros *Acaulospora*, *Entrophospora* y *Scutellespora* en suelo rizosférico; además, un 30-55% de las raíces finas; mostraron colonización por HMA (Dhar y Mridha, 2006; Mridha y Dhar, 2007; shi *et al.*, 2006 citado por Rodríguez-Morelos, 2010).

## **HIPÓTESIS**

Las plántulas de (*Swetenia macrophylla* K.) inoculadas con suelo rizosférico tienen un alto potencial de ser micorrizadas por diversas especies de hongos, así mismo pueden presentar mayor crecimiento en altura, diámetro, peso fresco, peso seco y área foliar en comparación con plantas no inoculadas. Además pueden presentar mayor adaptación y supervivencia al ser trasplantadas en campo.

**CAPITULO III**  
**DESARROLLO**

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del sitio de estudio

El proyecto de investigación se realizó en el Laboratorio de Control Biológico y vivero del Instituto Tecnológico De La Zona Maya, ubicado en la carretera federal Chetumal-Escárcega, en la localidad de Juan Sarabia está situado en el Municipio de Othón P. Blanco (en el Estado de Quintana Roo), cuenta con 15 metros de altitud, sus coordenadas geográficas son, longitud (dec): -88.481389 y latitud (dec): 18.503056.



Fig. 1 Instituto Tecnológico De La Zona Maya.

### Área de recolección de las semillas de caoba

Área de recolección de las semillas de caoba, en el ejido Laguna OM, Sus coordenadas son  $18^{\circ}25'60''$  N y  $89^{\circ}7'60''$  W en formato DMS (grados, minutos, segundos) o 18.4333 y -89.1333 (en grados decimales). Su posición UTM es BF73 y su referencia Joint Operation Graphics es NE16-05.

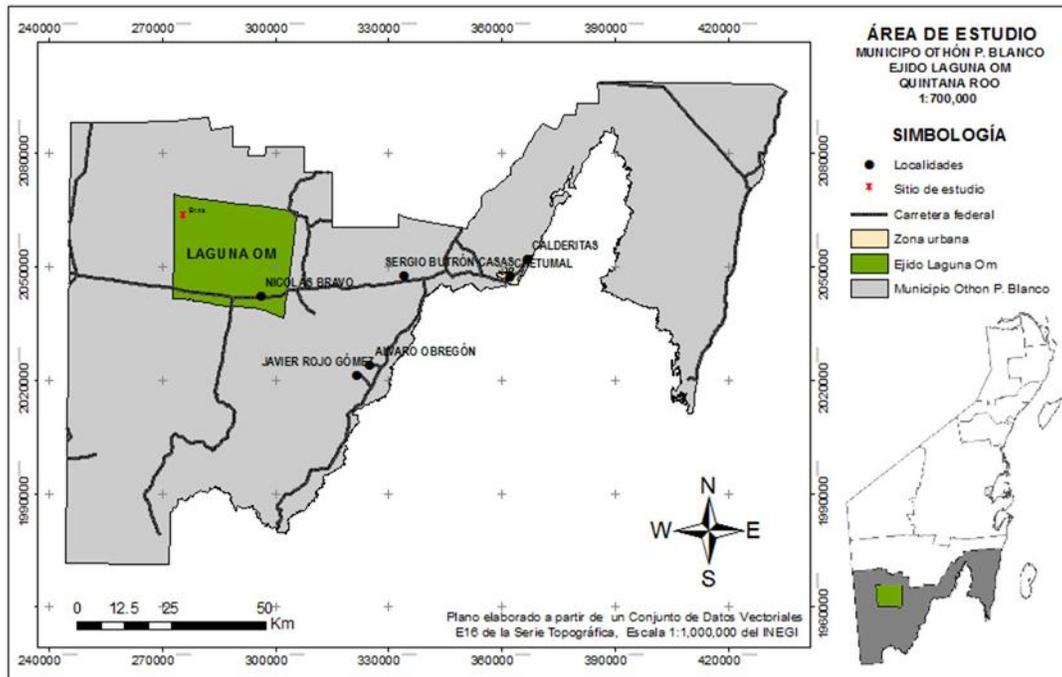


Fig. 2. Sitio de estudio en el Ejido Laguna OM, municipio de Othón P. Blanco una población natural de Caoba en la zona sur del estado de Quintana Roo.

### Colecta de las semillas de caoba

Las semillas del árbol caoba se recolectaron en campo en el ejido Laguna OM, estas no debían presentar ningún daño fisiológico o biológico aparente (hongos, plagas, aves, roedores entre otros), provenientes de árboles de un rodales naturales, seleccionados por su vigor y salud aparente. El almacenamiento de estas se dio en bolsas de plástico y colocadas en un cuarto frío para mantener la temperatura adecuada y evitar el exceso de humedad, para lograr la germinación uniforme de las semillas se utilizó la inmersión en agua a temperatura ambiente por al menos 24 horas.

### Colecta de suelo rizosférico

El suelo rizosférico se colectó en la población de Laguna OM, las muestras de suelo se obtuvieron de cinco árboles maduros de caoba, primero se eliminó la

materia orgánica de alrededor de cada árbol seleccionado, a una distancia del árbol de 1.50m, se cabó a una profundidad de 20cm para recolectar el suelo con las muestras colectadas se colocaron en bolsas de plástico y se conservaron en una nevera con hielo hasta se transportadas en el laboratorio.

### **Esterilización del suelo rizosférico**

Para este proceso el suelo se colocó en sacos de lona y se introdujeron en un recipiente de metal de 220 litros de capacidad, se vertió 25 litros de agua quedando los sacos libre de ser mojados, se cubrió la parte de arriba del tambor para el control del vapor de agua, se utilizó un tanque de gas butano de 20kg y un quemador grande, este se encendió para que el fuego haga hervir el agua y junto con el suelo por un tiempo de 6 horas continuas expuestas al vapor de agua.



Fig. 3. Esterilización del suelo



Fig. 4. Sacos de suelo para esterilizar

### **Siembra de las semillas de caoba**

La siembra de las semillas de caoba se llevó a cabo en el tratamiento de suelo estéril y suelo rizosférico el mes de mayo de 2016, previamente se dejaron sumergidas en un recipiente lleno con agua a temperatura ambiente 24 horas,

luego se realizó la siembra de las semillas en bolsas negras de polietileno de una medida de 15 x 15cm en las bolsas se colocaron las semillas.

### **El diseño experimental**

El diseño del experimento consistió en probar el efecto del factor micorrización con los siguientes tratamientos: 1) plántulas sembradas en suelo estéril; 2) plántulas sembradas en suelo rizosférico, con 40 repeticiones. Las plantas se distribuyeron en el invernadero en diseño experimental completamente aleatorizado.



Fig. 5. Siembra en vivero de las semillas de caoba

### **Riego**

Esta actividad se realizó a diario después de la siembra en las primeras horas del día o bien en las últimas horas del día.

## **Variables a evaluar**

Todas las variables que se evaluaron del proyecto se llevaron a cabo a los 120, 150 y 180 días después de haberse realizado la siembra de las semillas de caoba en los dos diferentes tratamientos suelo rizosférico y suelo estéril.

## **Altura**

La altura total se realizó a todas las plántulas de los dos tratamientos con una cinta métrica desde la superficie del suelo hasta la yema terminal de la plántula.



Fig.6 Toma de altura de las plántulas de caoba

## Diámetro

Se realizó la medición a todas las plántulas de cada tratamiento, sobre el cuello de la raíz y al ras del suelo con la ayuda de un vernier digital con aproximación a milímetros.



Fig. 7. Toma de diámetro de las plántulas

## Peso fresco

En esta actividad se sacrificaron cinco plántulas de cada tratamiento retirándolas de las de las bolsas de polietileno y dejándolas libre de sustrato, una vez realizado este proceso se pesaron las plántula en una balanza digital, seccionando, raíz, tallos y hojas.



Fig. 8. Peso fresco de las hojas



Fig. 9. Toma de peso fresco de las plántulas

## **Peso seco**

Después de obtener el peso fresco de las plántulas todas las partes de las plántulas se introdujeron por separado y en bolsas de papel en una estufa a 65°C por 72 horas continuas, luego se pesaron en una balanza digital.



Fig. 10 peso seco de los tallos de las plántulas

## **Área foliar**

Para este proceso se requirió separar todas las hojas de las 5 plántulas de caoba de los dos tratamientos para colocarlas en un escáner HP 300, el siguiente paso fue descargar software ImageJ en una computadora HP para realizar el cálculo del área foliar.



Fig. 11 Escaneo de las hojas

## Porcentaje de colonización micorrizica

Fueron sacrificadas cinco plántulas de cada tratamiento se recolectó, ocho fragmentos de cinco cm de cada una de las plántulas. De estos fragmentos dos se guardaron en diferentes frascos cubriéndolas con glicerina para estudios de ADN los cuales se realizarán en el Centro de Investigación Científica de Yucatán.



Fig. 12 Fragmentos de raíces para identificación del ADN

El procedimiento para determinar el % de micorrización, se llevó a cabo por el método Clareo y tinción (Philips & Hayman, 1970) que consiste en lo siguiente:

1. Limpiar las raíces con agua hasta dejarlas libre de sustrato, colocarlas en histocassetes en 2 vasos de precipitado para diferenciar los tratamientos, se agregó hidróxido de potasio (KOH) al 10%.
2. Se calienta por 10 minutos en vasos de precipitado en una autoclave a 10 libras de presión.
3. Se retira el KOH y se enjuaga las raíces con agua destilada.
4. Luego se le agrega peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ ) al 10% suficiente para cubrir las raíces que se encuentran en los vasos de precipitado por 10 minutos, pasado los 10 minutos se enjuaga las raíces con agua destilada.
5. Se agrega a las raíces ácido clorhídrico ( $HCl$ ) al 10 % suficiente para cubrir las raíces por 3 minutos, 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 minutos 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 afán de identificar esporas, arbusculos, hifas.

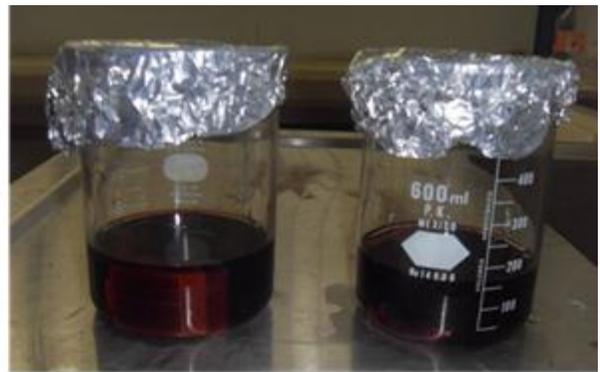
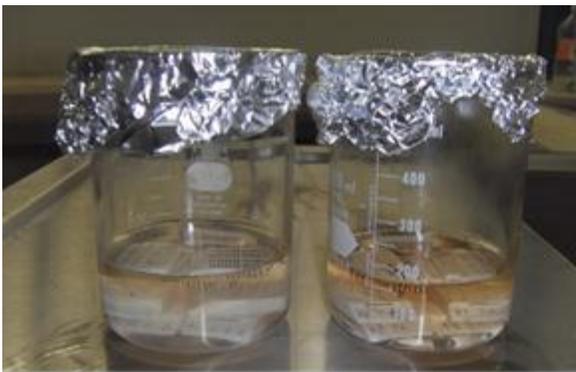


Fig.13 Reactivos para realizar el método clareo y tinción

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS**

## RESULTADOS

La variable de altura de las plántulas fue tomada en tres tiempos a 120 días, 150 días y 180 días después de la siembra, las plántulas del tratamiento suelo rizosférico a los 180 mejoró demostrando una altura similar al suelo estéril (Fig.14a). En cuanto al diámetro de las plántulas de caoba del tratamiento de suelo estéril presentaron mayor diámetro en los tres tiempos (Fig.14b). El peso fresco en las hojas de las plántulas del tratamiento en suelo rizosférico fue mayor que en las plántulas del tratamiento estéril a los 180 días (Fig. 14c). El peso fresco en los tallos de las plántulas del tratamiento del suelo rizosférico fue inferior a las del tratamiento estéril en los días 120 y 150 sin embargo en los días 180 se observó una tendencia en el incremento del peso (Fig.14d)

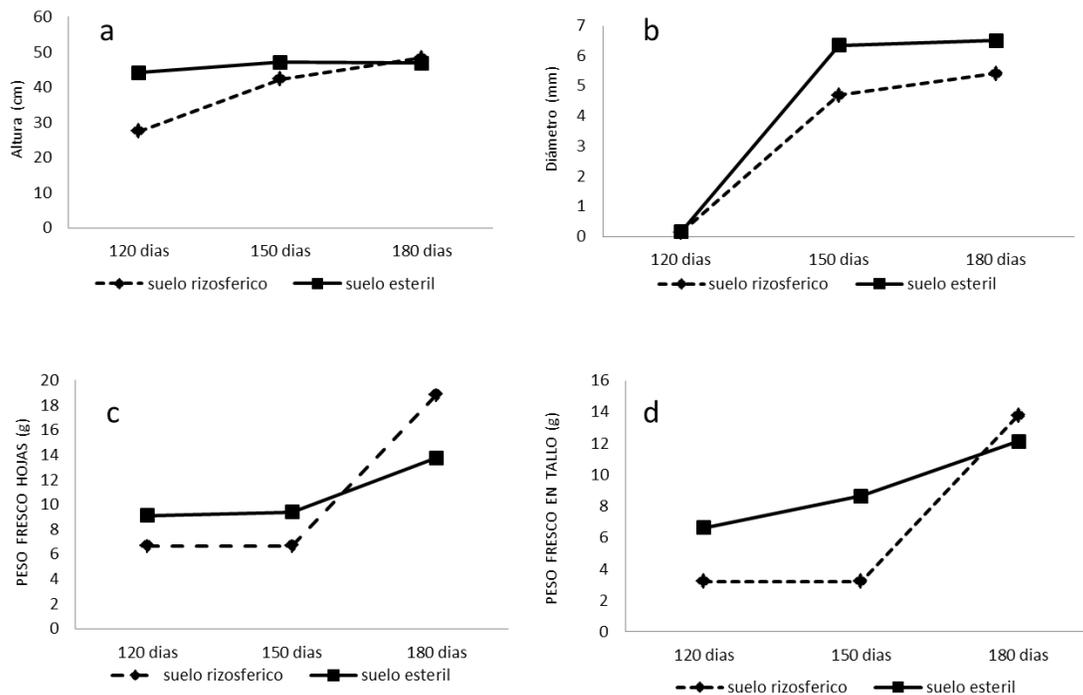


Fig. 14 Respuesta en crecimiento de las plántulas de caoba plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) inoculadas con suelo rizosférico nativo colectado en campo en la selva mediana en el Sur de Quintana Roo: a) altura; b) diámetro; c) peso fresco de hojas; d) peso fresco en tallo.

El promedio de peso fresco en raíz en las plántulas del tratamiento de suelo estéril fue mayor en las primeras dos etapas de la investigación (Fig. 15a). Respecto al peso seco en las hojas en los tratamientos el que presentó mayor promedio de peso fue el suelo rizosférico en los días 180 (Fig.15b). El peso seco en los tallos el tratamiento de suelo rizosférico presento mayor incremento en los 150 días pero en los siguientes 180 días presentaron promedios similares (Fig. 15c). En el peso seco de las raíces el tratamiento del suelo estéril presentó mayor promedio a los 150 días, pero a los 180 días el tratamiento rizosférico presentó promedios similares (Fig.15d)

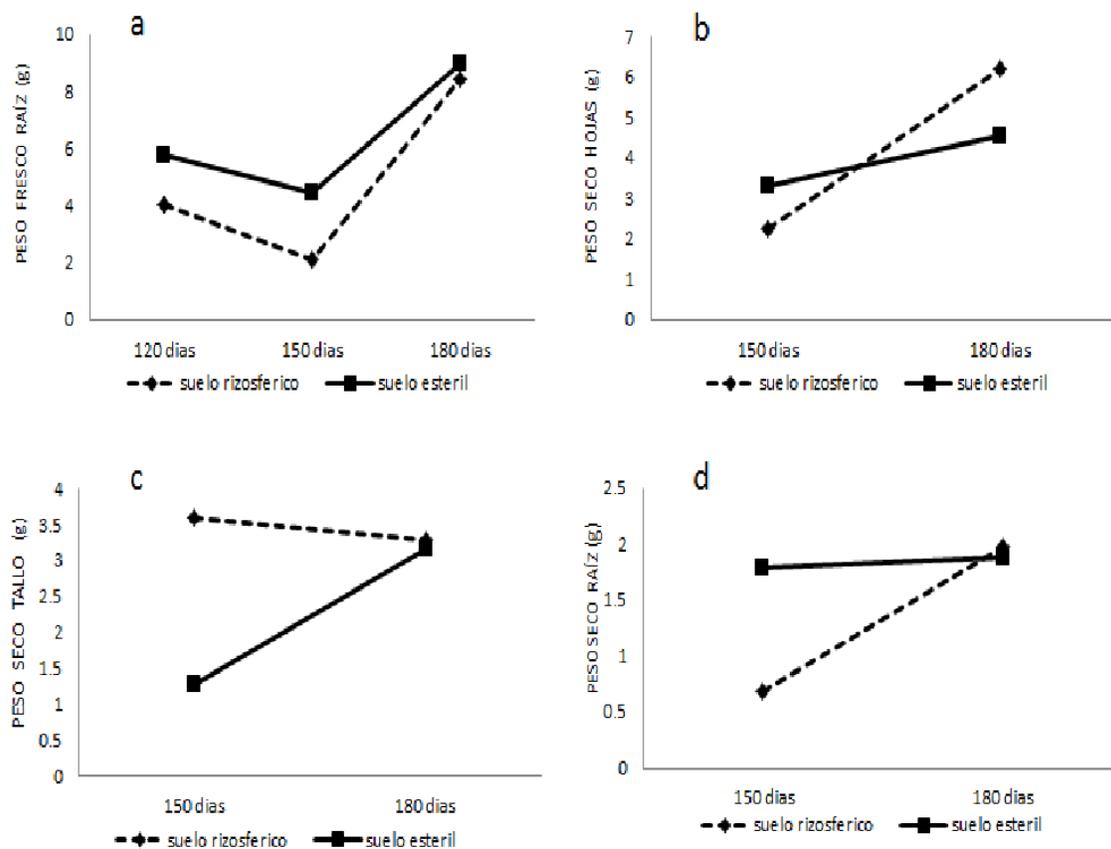


Fig. 15 Respuesta en crecimiento de las plántulas de caoba plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) inoculadas con suelo rizosférico nativo colectado en campo en la selva mediana en el Sur de Quintana Roo: a) peso fresco en raíz, b) peso seco hojas, c) peso fresco tallo, d) peso fresco en raíz.

En el caso del área foliar las plántulas el tratamiento de suelo estéril presentó mayor promedio de área en los primeros 120 días, pero en los 150 días presentaron promedios similares, sin embargo en el día 180 el tratamiento de suelo rizosférico mostro mayor área foliar (Fig.16a). En el porcentaje de colonización de micorriza, el tratamiento de suelo estéril no presenta ningún tipo de organismos y en cambio en las plántulas del tratamiento de suelo rizosférico se observó presencia de organismos como hifas, vesículas, arbusculos, esporas, en los días 180 mayor colonización (Fig. 16b)

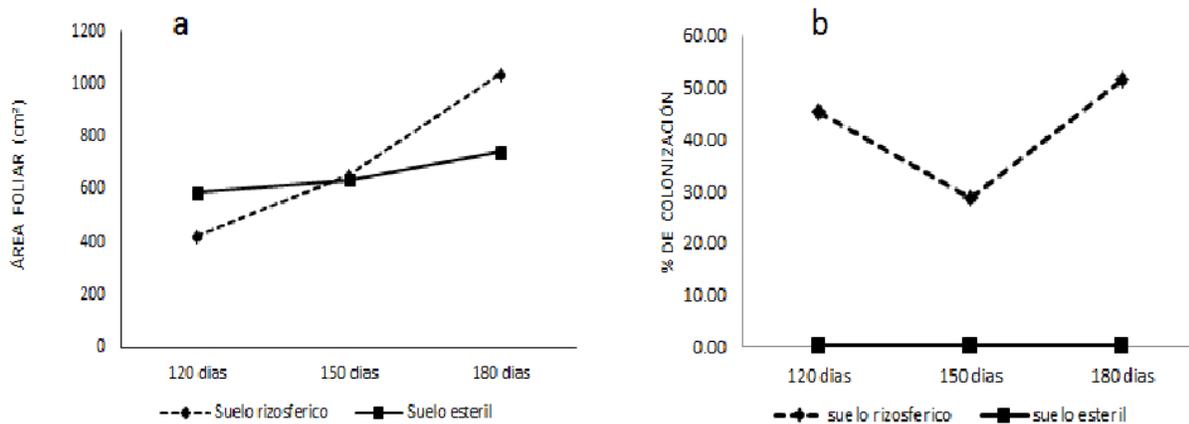


Fig. 16 Respuesta en crecimiento de las plántulas de caoba plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) inoculadas con suelo rizosférico nativo colectado en campo en la selva mediana en el Sur de Quintana Roo. a) peso fresco en raíz, b) porcentaje de colonización de micorriza.

## Colonización micorrízica

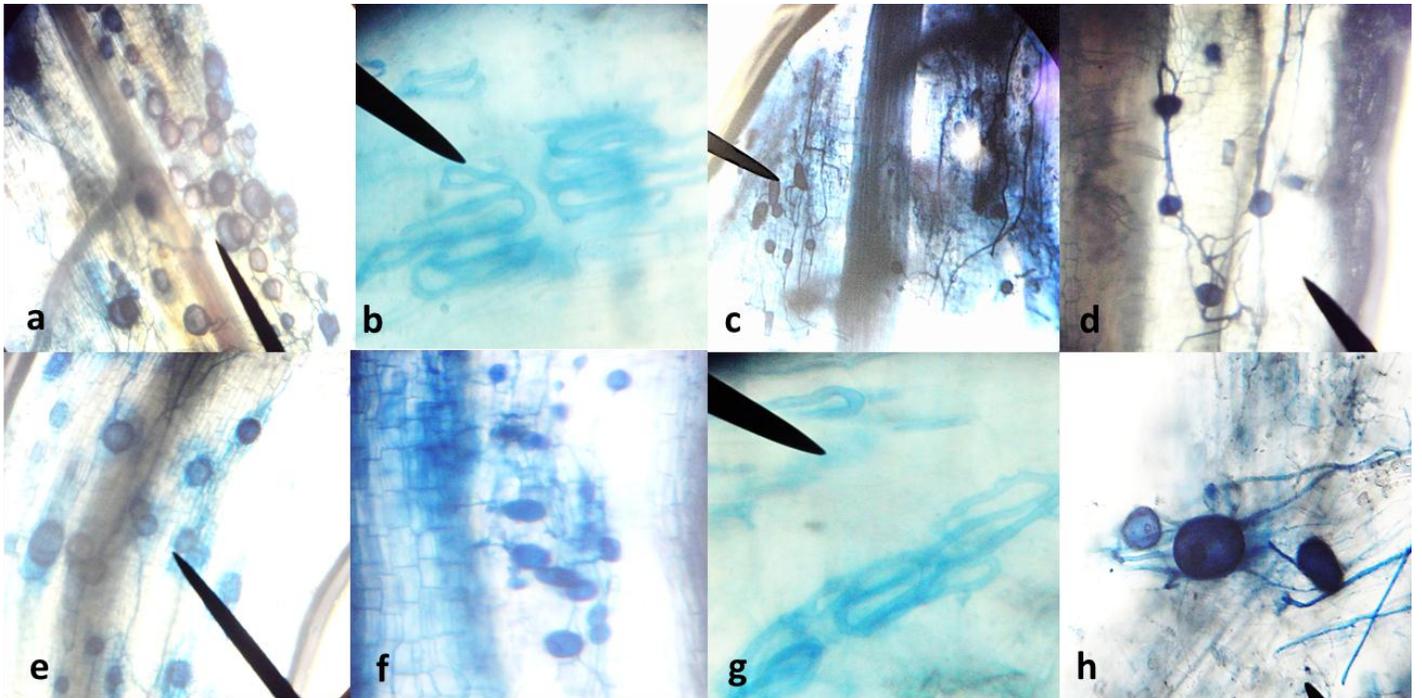


Fig.17 Estructuras micorrízicas que se observaron en las raíces de las plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) inoculadas con suelo rizosférico nativo colectado en campo en la selva mediana en el Sur de Quintana Roo: a: esporas, b: hifas, c: esporas, d: esporas e hifas, e: esporas e hifas, f: esporas, g: hifas, h: esporas e hifas.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES**

## CONCLUSIÓN

Se realizó con éxito la producción de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) inoculadas con suelo rizosférico nativo para aumentar su tasa de crecimiento y su resistencia al establecimiento en campo en la selva mediana en el Sur de Quintana Roo, asimismo fue

Se obtuvieron plántulas de caoba micorrizadas con suelo rizosférico colectado en sitios de una población de caoba de material parental élite en el ejido Laguna Om, donde las principales estructuras que se observaron en el tratamiento inoculado con el suelo rizosférico fueron las siguientes: esporas, hifas, arbusculos y vesículas.

Al igual se compararon el crecimiento en altura, diámetro, área foliar peso seco y fresco, así como la colonización micorrízica de plántulas de caoba inoculadas con suelo rizosférico y plántulas desarrolladas en suelo estéril, los tratamientos presentaron promedios similares en la última etapa de la investigación.

En el caso del área foliar el tratamiento de suelo estéril presentó mayor promedio de área en los primeros 120 días, pero en los 150 días presentaron promedios similares, sin embargo en el día 180 el tratamiento de suelo rizosférico mostró mayor área foliar.

## **COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS**

Conocer los procesos de degradación que afecten a los sistemas y recursos forestales (contaminación, plagas y enfermedades, incendios, etc.) y capacidad para el uso de las técnicas de protección del medio forestal, de restauración hidrológico forestal y de conservación de la biodiversidad.

Conocer las bases de la mejora forestal y capacidad para su aplicación práctica a la producción de planta y la biotecnología.

Adquirir la capacidad para comprender los fundamentos biológicos, químicos, físicos, matemáticos y de los sistemas de representación necesarios para el desarrollo de la actividad profesional, así como para identificar los diferentes elementos bióticos y físicos del medio forestal y los recursos naturales renovables susceptibles de protección, conservación y aprovechamientos en el ámbito forestal.

Conocimiento adecuado del concepto de empresa, marco institucional y jurídico de la empresa. Organización y gestión de empresas.

Adquirir capacidad para diseñar, dirigir, elaborar, implementar e interpretar proyectos y planes, así como para redactar informes técnicos, memorias de reconocimiento, valoraciones, peritajes y tasaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Cumes, J. M y Aguilar Cumes M. A, (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
- Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza (CATIE), (1996). Caoba, *Swietenia* Costa Rica, Revista Forestal Centroamericana No. 14. 4 p.
- Dhar PP, Mridha MAU, (2006) Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in different trees of Madhupur forest, Bangladesh. J. For. Res. 17 : 201-205
- Falcón-Oconor E, Riera-Nelson M, y Rodríguez-Leyva O, (2013). Efecto de la inoculación de hongos micorrizógenos sobre la producción de posturas forestales en dos tipos de suelos. Cultivos tropicales. 34,( 3), 32-39
- Figueroa, C.J.C, (1994) An assessment of the distribution and status of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). Puerto Rico Conservation Foundation and International Institute of Tropical Forestry. 25 p.
- Gonzales, G, (1976) Propiedades de la madera de algunas meliáceas de la América tropical. In Studies on the shoot borer *Hypsipylla grandella* Zeller volumen III. (Ed).J.L Whitmore. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación CATIE.8 p
- Instituto Nicaragüense De Recursos Naturales Y Del Ambiente (IRENA), (1992). Caoba. Nicaragua, Servicio Forestal, Departamento de Investigación, Laboratorio de tecnología de la madera. Ficha Técnica de Maderas Nicaragüenses No. 10. 5 p.
- Lovera M. Cuenca G, (2007) Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y potencial micorrízico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada de la gran sabana, Ven - ezuela. Interciencia 32 : 108-114
- Mexal JG, (1996) Forest Nursery Activities in Mexico. In: Landis, T.D. South, D.B. (tec.coords.) National Proceedings. Forest and Conservation Nursery

- Associations. Gen. Tec.Rep. PNW-GTR-389. Portland, Oregon. USDA FS. pp. 228-232.
- Montes-Ayala, (2007). Metodología de micropropagación de segmentos nodales de caoba (*Swietenia humilis*), obtenidos mediante semilla seleccionada. Revista Virtual de la Universidad Católica de Occidente Santa Ana, El Salvador, Centro América.
- Navarro, C y Hernandez, G, (2004) Progeny test analysis and population differentiation of Mesoamerican (*Swietenia macrophylla*) Agronomia Costarricense 281. 37-51.
- Navarro-Martínez, M. A, (2015) Diagnóstico del estado actual de *Swietenia macrophylla* King (caoba) en los bosques manejados de Quintana Roo, México: perspectivas para su manejo. Tesis de Doctorado, Universidad Veracruzana, Veracruz, p 19.
- Negreros-Castillo P, (1997) Evaluación de la sustentabilidad del manejo forestal de la organización de ejidos forestales productores de la Zona Maya Quintana Roo. Reporte a la Fundación Rockefeller. México, D.F., 64 pp
- Negreros-Castillo, P, Cámara-Cabrales L, Mendoza-Briseño, M. C. Navarro-Martínez, A, (2014). Guía para la silvicultura de las selvas de la caoba en Quintana Roo México. CFAN Comisión Forestal de América del Norte, CONAFOR Comisión Nacional Forestal México. 2-63 pp.
- Patiño F, Kageyama P, Linares B, Navarro C, (1997) Recursos genéticos de *Swietenia* y *Cedrela* en los neotropicos. dirección de recursos forestales departamento de montes FAO, Roma (Italia)
- Patiño, F. P. Kageyama, C. Linares, B, (1997) Recursos genéticos de *Swietenia* y *Cedrela* en los neotrópicos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Viale delle Terme di Caracalla, Roma, Italia.
- Pennington, TD, (1981) A monograph of the neotropical Meliaceae. Flora Neotropica. New York. The New York Botanical Gardens. 360–390
- Rodríguez-Morelos V, Soto-Estrada, A, Pérez-Moreno, J y Negreros-Castillo P, (2011) Los hongos micorrízicos arbusculares y su implicación en la producción y manejo de especies neotropicales forestales, con énfasis en

meliáceas Interciencia, 36. 564-569

Rodríguez-Morelos, VH, (2010). Diversidad de hongos micorrízico arbusculares y sus interacciones con factores ambientales y fisiológicos en la producción de plántulas de caoba. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Posgraduados, Veracruz, p 31

Rosero P, (1976) Zonificación y silvicultura de Meliaceas In Studies on the shoot borer *Hypsipylla grandella* Zeller volumen III. (Ed) J.L Whitmore. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación CATIE.21 p

Smith SE, read DJ, (2008) Mycorrhizal Simbiosis Academil Press, Cambridge. UK 605 pp

Vester, HF, Navarro-Martínez, MA, (2007). Fichas ecológicas de árboles maderables de Quintana Roo. Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT-Gobierno del Estado de Quintana Roo, México. 139 p