

# Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de la Zona Maya

## RESPUESTA DE PLÁNTULAS DE *Moringa* *oleifera* A LA INOCULACIÓN CON HONGOS MICORRÍZICOS Y DISPONIBILIDAD DE AGUA

Informe Técnico de Residencia Profesional  
que presentan las C.:

**BRISNI ZODELVA PÉREZ GARFIAS**

N° de Control: 11870013

**WENDY LUCELDY VALDES VELASCO**

N° de control: 11870015

Carrera: Ingeniería Forestal

Asesor Interno: Dr. Iván Oros Ortega

Juan Sarabia, Quintana Roo Diciembre 2015

---

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA**

El Comité de revisión para Residencia Profesional de la estudiante de la carrera de **INGENIERÍA FORESTAL, BRISNI ZODELVA PEREZ GARFIAS**; aprobada por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por; el asesor interno **DR. IVAN OROS ORTEGA**, el asesor externo el **DR. FERNANDO CASANOVA LUGO**, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado **RESPUESTA DE PLANTULAS DE *Moringa oleifera* A LA INOCULACIÓN CON HONGOS MICORRIZICOS Y DISPONIBILIDAD DE AGUA** que presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fé de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

**ATENTAMENTE**

**Asesor Interno**

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

**Asesor Externo**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Fernando Casanova Lugo**

Juan Sarabia, Quintana Roo, Diciembre, 2015.

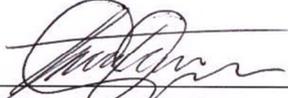
---

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA**

El Comité de revisión para Residencia Profesional del estudiante de la carrera de **INGENIERÍA FORESTAL, WENDY LUCELDY VALDES VELASCO**; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por; el asesor interno **DR. IVAN OROS ORTEGA**, el asesor externo el **DR. FERNANDO CASANOVA LUGO**, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado **RESPUESTA DE PLÁNTULAS DE *Moringa oleifera* A LA INOCULACIÓN CON HONGOS MICORRÍZICOS Y DISPONIBILIDAD DE AGUA** 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. IVAN OROS ORTEGA**

Asesor Externo

  
\_\_\_\_\_  
**DR. FERNANDO CASANOVA LUGO**

Juan Sarabia, Quintana Roo, Diciembre, 2015.

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	JUSTIFICACIÓN .....	4
III.	DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO .....	6
IV.	OBJETIVOS.....	7
	4.1 Objetivo General.....	7
	4.2 Objetivos Específicos.....	7
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
	5.1 Estrategia experimental.....	8
	5.1.1 Localización geográfica .....	10
	5.1.2 Clima.....	10
	5.2 Producción de las plántulas de <i>Moringa oleífera</i> .....	10
	5.3 Aplicación de los biofertilizantes.....	11
	5.3.2 % de humedad .....	11
	5.4 Diseño del experimento .....	11
	5.4.1 Tratamientos.....	11
	5.4.2 Trasplante de plántulas.....	12
	5.5 Variables de respuesta .....	13
	5.6 Análisis estadístico.....	14
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	15
	6.1 Crecimiento de las plantas.....	15
VII.	PROBLEMAS RESUELTOS Y LIMITANTES.....	21
VIII.	COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS .....	22
IX.	CONCLUSIONES.....	23
X.	RECOMENDACIONES .....	24
XI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
XII.	ANEXOS.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estrategia experimental.....	9
<b>Figura 2.</b> Producción de plántulas de <i>M. oleifera</i> . <b>A.</b> Siembra de semillas. <b>B.</b> Germinación de semillas. <b>C.</b> Plántulas.....	11
<b>Figura 3.</b> Diseño del experimento.....	13
<b>Figura 4.</b> Toma de datos. <b>A.</b> Altura (cm). <b>B.</b> Diámetro (mm). <b>C.</b> Número de hojas .....	14
<b>Figura 5.</b> Comparación de plantas. <b>A.</b> Planta con microorganismos y 100% de humedad. <b>B.</b> Planta sin microorganismo y 100% de humedad.....	16

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Diseño de los tratamientos aplicados a plántulas de <i>M. oleifera</i> .....	12
<b>Cuadro 2.</b> Diseño del experimento.....	12
<b>Cuadro 3.</b> Efectos del Biofertilizante y % de humedad en plántulas de <i>M. oleifera</i> en las variables de respuesta altura (cm), diámetro (mm) y número de hojas a 30 días de la aplicación del inoculante.....	15
<b>Cuadro 4.</b> Efectos del Biofertilizante y % de humedad en plántulas de <i>M. oleifera</i> en las variables de respuesta altura (cm), diámetro (mm) y número de hojas a 60 días de la aplicación del inoculante.....	17
<b>Cuadro 5.</b> Efectos del Biofertilizante y % de humedad en plántulas de <i>M. oleifera</i> en las variables de respuesta altura (cm), diámetro (mm) y número de hojas a 90 días de la aplicación del inoculante.....	18
<b>Cuadro 6.</b> Peso Fresco y Peso Seco de hojas.....	19

## I. INTRODUCCIÓN

*Moringa oleifera* es la especie más conocida del género *Moringa*, es un árbol originario del sur de Himalaya, el nordeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Se encuentra diseminado en una gran parte del planeta y en América Central (Pérez *et al.*, 2010). La *M. oleifera* es un árbol de crecimiento muy rápido, pero no alcanza gran altura, la copa del árbol es poco densa, el tronco puede ser único o múltiple, el sistema radicular es muy poderoso, las flores son color crema y aparecen principalmente en épocas de sequía, el fruto es una vaina, parecida a una legumbre y las semillas son negruzcas, redondeadas y con un tejido a modo de alas (Magaña, 2012). Esta especie puede propagarse mediante dos formas: sexual y asexual. La más utilizada para las plantaciones es la asexual, especialmente cuando el objetivo es la producción de forraje. La siembra de las semillas se realiza manualmente, a una profundidad de 2 cm. El tiempo de germinación oscila entre cinco y siete días después de haber realizado la siembra. La semilla no requiere tratamientos pregerminativos y presenta porcentajes altos de germinación, mayores que 90%. Sin embargo cuando se almacena por más de dos meses disminuye su poder germinativo (Pérez *et al.*, 2010). Esta especie tiene características muy atractivas para establecer su cultivo en comunidades en el trópico seco de México y otros países de Latinoamérica (Mark y Jed, 2011). Las hojas de este árbol son comestibles y muy ricas en proteínas, con un perfil de aminoácidos esenciales, antioxidantes y vitaminas A y C en altas cantidades (Mark y Jed, 2011).

Las características de *M. oleifera* son excelentes, por lo que es usada como forraje a gran escala. La torta desgrasada de *moringa*, por su alto contenido de proteínas, es una materia prima de interés para la alimentación animal (Martín *et al.*, 2013). Las hojas de *Moringa* constituyen uno de los forrajes más completos, por lo que son consumidas por todo tipo de animales: Rumiantes, camellos, cerdos, aves, incluso carpas, tilapias y otros peces herbívoros (Magaña, 2012). Un ejemplo del cultivo intensivo de *M. oleifera*, es la producción de forraje de alto contenido proteico para la alimentación de ovinos en la zona centro de Sinaloa, debido a su

adaptabilidad y bajo costo de producción. Además presenta un 70,5% de digestibilidad aparente de materia seca y 65,5% de digestibilidad aparente de proteína (Pérez *et al.*, 2010).

Además las especies de *Moringa* establecen interacciones con diferentes microorganismos del suelo para incrementar su adquisición de nutrimentos, así como la protección contra patógenos. Entre los organismos con los que se asocia se encuentran principalmente los hongos micorrízicos (Knopf *et al.*, 2013). Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con el 80% de las plantas terrestres, formando arbusculos, vesículas (en algunas especies) e hifas, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan (Barrera, 2009).

El término micorriza, que literalmente significa «hongo-raíz», fue propuesto por Frank (1885), para definir asociaciones simbióticas («vivir conjunta entre dos o más organismos»), mutualistas, no patógenos, entre raíces de plantas y micelios de hongos, en las que ambas resultan beneficiados. Los hongos micorrízicos reciben directamente de las plantas los azúcares que precisan para desarrollarse (Honrubia, 2009). Las micorrizas incrementan la superficie radical para la absorción de agua y elementos esenciales como: N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn y Zn así como, S y B y los translocan a las raíces hospedantes. Además, inducen a la longevidad de las raíces y proporcionan fitohormonas a los hospedantes (Muños *et al.*, 2009).

Es importante notar que el HMA permite a la planta usar de manera más eficiente los nutrientes del suelo, razón por la cual se pueden reducir los problemas de contaminación del este por el exceso de fertilizantes químicos, si hay una reducción en la aplicación de los mismos (Barrera, 2009).

Por otro lado, el déficit de agua es frecuentemente un factor clave que limita el crecimiento de la planta, la productividad y la supervivencia, y con frecuencia afecta negativamente a las prácticas agroforestales en zonas áridas y semiáridas (Li *et al.*, 2008). La producción de nueva biomasa en cualquier cultivo o comunidad

vegetal está fuertemente determinada por la cantidad de agua disponible en el suelo (Medrano *et al.*, 2007). Por lo tanto, cuando los árboles se plantan en zonas áridas, tanto la productividad como la eficiencia del uso de agua deben ser consideradas como indicadores importantes (Li *et al.*, 2008). Con base a lo anterior, el objetivo de este estudio es evaluar la respuesta inoculación de hongos micorrízicos y disponibilidad de agua en altura total, diámetro del tallo y número de hojas de *M. oleifera* bajo condiciones de vivero, para estimular el crecimiento de los árboles y reducir el periodo de espera establecido de los árboles de *M. oleifera* en un sistema silvopastoril.

## II. JUSTIFICACIÓN

Los procesos negativos de cambio de uso del suelo y vegetación han sido documentados como el segundo problema ambiental a nivel global, ya que afectan el capital natural, la estabilidad microclimática, la dotación de servicios ambientales y el incremento de los gases de efecto invernadero, además de limitar las posibilidades de realizar un manejo sustentable del territorio (Rosete *et al.*, 2014). La conversión en la cobertura, degradación y la intensificación en el uso del terreno, así como la deforestación o degradación forestal se asocian a impactos ecológicos como cambios en el microclima y disminución de la biodiversidad; regionalmente, afectan el funcionamiento de cuencas hidrológicas y de asentamientos humanos (Ibarra *et al.*, 2011). Las causas de cambio climático son de origen natural y por actividades humanas. Los factores son las variaciones en el desnivel del mar, aumento en las emisiones de dióxido de carbono y gas metano (Díaz, 2012). Algunas medidas para reducir el cambio climático son programas de reforestación mundial; mejorar la eficiencia energética, cambiar a energías renovables, plantar y cuidar árboles y emplear agricultura sostenible (Díaz, 2012).

Una alternativa a los problemas de degradación de los recursos naturales por cambios de uso de suelo es la implementación de SAF (Sistemas agroforestales), que son formas de uso de la tierra, donde leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando el principio de sostenibilidad (SAGARPA, 2007; Casanova *et al.*, 2011). También existen los sistemas silvopastoriles (SSP) que han sido reportados como una alternativa viable para la ganadería tropical y con el uso adecuado de los microorganismos del suelo, (Casanova *et al.*, 2015). Por ejemplo, las leguminosas proveen nitrógeno al sistema suelo, el cual es tomado por las plantas y transformado a proteínas las que al ser consumidas por los animales incrementan la producción de este sin necesidad de aplicar fertilización química (Molina *et al.*, 2005). Sin embargo la aceptación e implementación de los SSP no ha sido consecuente con el desarrollo de la investigación. Una de las principales causas de la lenta implementación, es

el largo periodo en que deben permanecer en descanso los potreros luego de la siembra de los árboles (Molina *et al.*, 2005). Esta situación ha generado el planteamiento de estrategias que permitan reducir el periodo de espera.

Una estrategia es el uso de microorganismos para estimular el crecimiento de los árboles (Molina *et al.*, 2005). Esta opción ha tomado gran auge en los últimos años porque además de ser una opción ecológica, puede ser utilizada de forma integral en la solución del problema (Molina *et al.*, 2005). Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) juega un papel importante en la estructura del suelo y formación de agregados estables a través de diferentes mecanismos. Entre los microorganismos del suelo, los HMA son importantes en la formación y estabilización de los agregados del suelo y son simbioses asociados a la mayoría de las plantas terrestres (Morell *et al.*, 2009). Las leguminosas y los pastos que crecen en condición natural o de cultivo generalmente establecen asociación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA). Los HMA forman abundantes hifas externas y estimulan el desarrollo de las raíces con lo que aumenta la capacidad del sistema radical para absorber y traslocar elementos, principalmente el fósforo, lo que mejora el crecimiento de la planta (Flores *et al.*, 2008).

Los microorganismos pueden ser aislados, seleccionados, multiplicados e incorporados al suelo o a las plantas en forma de inóculos. El proceso de inoculación es complejo, implica diseñar métodos de aislamiento, selección, multiplicación e incorporación adecuados para cada especie o efecto deseado y por otra parte, es necesario determinar las condiciones y técnicas culturales que permitan la manifestación óptima de los efectos. Esta complejidad hace que su efecto no sea predecible bajo todas las condiciones ni para todas las especies. Por lo tanto, es importante incentivar la investigación al respecto, así como profundizar en el conocimiento de sus principios de funcionamiento y de los resultados encontrados con su uso (Molina *et al.*, 2005).

### **III. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO**

El proyecto se realizó en el Instituto Tecnológico De La Zona Maya. Es una Institución de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública (SEP), que oferta los programas en Ingeniería Forestal. Ingeniería en Agronomía, Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Informática y el Posgrado Maestría en Ciencias en Agroecosistemas Sostenibles.

El estudio se llevó específicamente en el vivero forestal, en el área de producción forrajera, y en el Laboratorio de control biológico (en el Área de Simbiosis Micorrízica y el Área de Microscopia).

El Instituto Tecnológico de la Zona Maya, está ubicado en el kilómetro 21.5 de la carretera de Chetumal Escárcega en el Ejido Juan Sarabia, muy próximo al Río Hondo que es el límite con Belice.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Determinar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos y la disponibilidad de agua sobre el crecimiento de plántulas de *Moringa oleífera* en condiciones de vivero.

### **4.2 Objetivos Específicos**

Cuantificar la altura total, el diámetro del tallo y número de hojas de plántulas de la especie *M. oleífera*.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Estrategia experimental

Para determinar el efecto de inoculación de hongos micorrízicos y disponibilidad de agua sobre crecimiento de plántulas de la especie de *M. oleífera*, se diseñó una estrategia experimental (Figura 1) que consiste en tres etapas de trabajo: campo, laboratorio y análisis. La etapa de campo se conforma de actividades para colecta de semillas y establecimiento del experimento.

En laboratorio, se analizarán las raíces colectadas, para el proyecto de tesis en el semestre enero-junio de 2016, evaluando el grado de colonización mediante estructuras presentes en los hongos, por medio del método de clareo y tinción (Phillips y Hayman 1970, modificado por Kormanik et al., 1980).

En la etapa de análisis, se realizó un análisis estadístico con el software SigmaPlot 11.0 con el fin de determinar si existían diferencias significativas en la respuesta de Biofertilizante y % de humedad en las plantas de *M. oleífera* en las variables altura (cm), diámetro (mm) y número de hojas.

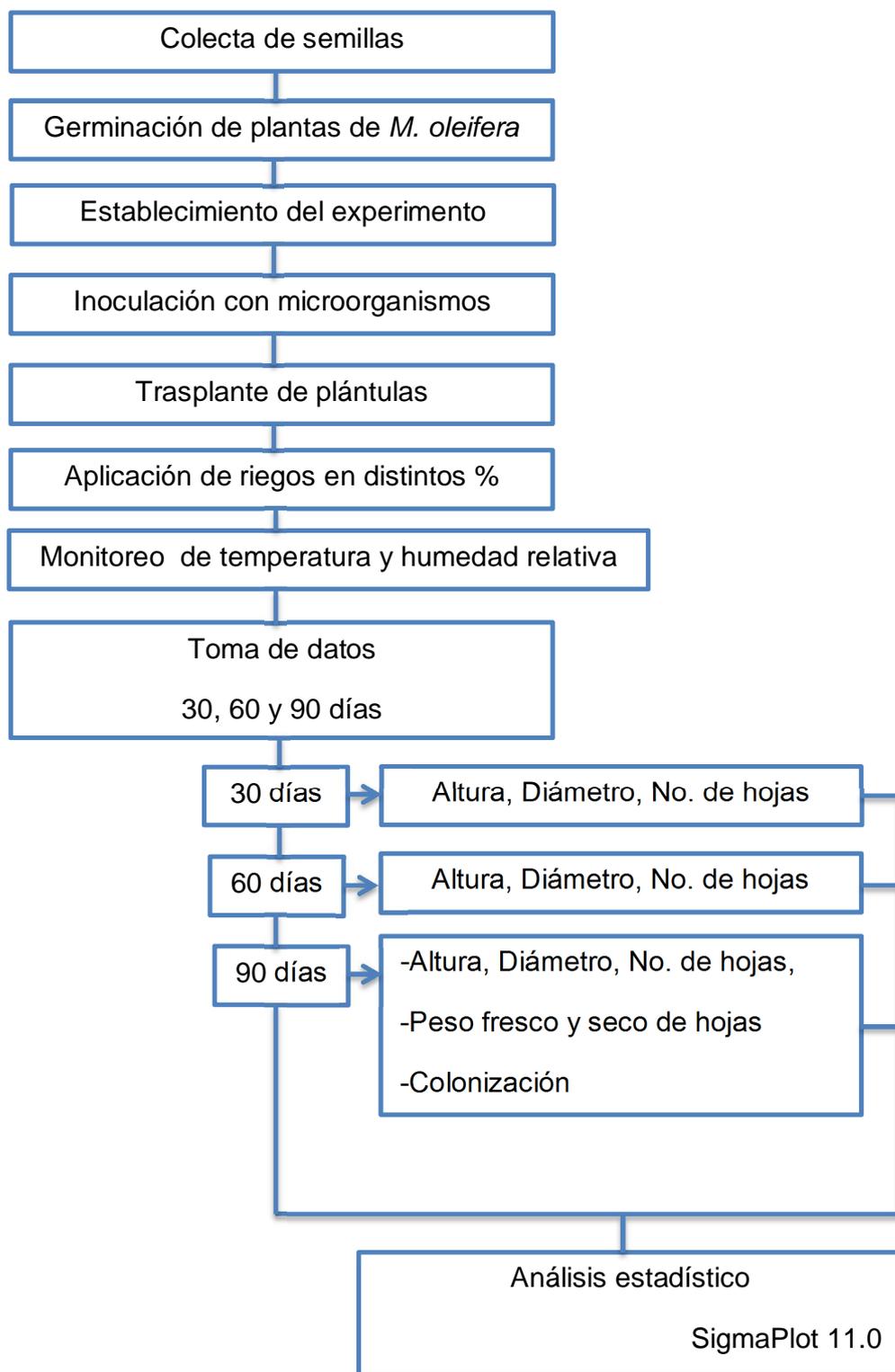


Figura 1. Estrategia experimental

### 5.1.1 Localización geográfica

El Instituto Tecnológico De La Zona Maya se encuentra situado sobre el paralelo 18°31'03.33''N y el meridiano 88°29'05.75''O, a una altura de 28 msnm (INEGI, 2009).

### 5.1.2 Clima

El 99% de la superficie del estado presenta clima cálido sub-húmedo y el 1% cálido húmedo. La temperatura media anual del estado de Quintana Roo es de 26°C, la temperatura máxima promedio es de 33°C y se presenta en los meses abril a agosto, la temperatura mínima promedio es de 17°C durante el mes de enero (INEGI. 2009). La precipitación media estatal es alrededor de 1 300 mm anuales, las lluvias se presentan durante todo el año, siendo más abundantes en los meses de junio a octubre (INEGI, 2009).

### 5.2 Producción de las plántulas de *Moringa oleífera*

Se utilizaron semillas extraídas de diferentes árboles de *M. oleífera* con excelentes características como un fuste recto, ramas finas y hojas sanas, de plantaciones de diferentes lugares del estado de Quintana Roo y otras se solicitaron de un lote que fue traído del estado de Michoacán. Las semillas se pusieron a germinar el día 15 de Abril de 2015 en bolsas de polietileno en un área de vivero del Instituto Tecnológico de la Zona Maya en Juan Sarabia, Quintana Roo. Las bolsas se llenaron con una mezcla de suelo y sustrato (cosmopeat) y fueron perforadas en la base. Se sembraron 250 semillas, con la finalidad de obtener plántulas para establecer el experimento.



Figura 2. Producción de plántulas de *M. oleífera*; **A)** siembra de semillas. **B)** germinación de semillas, **C)** plántulas.

### 5.3 Aplicación de los biofertilizantes

El Biofertilizante utilizado fue un inoculante compuesto por *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices*. La colecta de suelo utilizado como inóculo, se realizó en una de las parcelas del Instituto Tecnológico de la Zona Maya, se seleccionó un área sin cobertura forestal. El suelo se colectó a no más de 15 cm de profundidad.

#### 5.3.2 % de humedad

Se aplicó al experimento diferentes niveles de agua al 25%, 50% y 100% para observar que efecto tenían en el crecimiento.

### 5.4 Diseño del experimento

#### 5.4.1 Tratamientos

El diseño experimental consistió de la combinación factorial de los tratamientos inoculación de microorganismo y disponibilidad de agua. El primero con dos niveles sin microorganismos y con microorganismos. El segundo factor consistió de los niveles 25 %, 50% y 100% de disponibilidad de agua. Dando como resultado seis tratamientos con seis réplicas por cada uno ( $n=6$ ). El diseño experimental fue completamente aleatorizado.

Cuadro 1. Diseño de los tratamientos aplicados a plántulas de *M. oleifera*

Tratamiento	Factor Biofertilizante	Factor % humedad
1	+ B	25
2	+ B	50
3	+ B	100
4	- B	25
5	- B	50
6	- B	100

B: Biofertilizante+ con; - sin.

#### 5.4.2 Trasplante de plántulas

A los tres meses de edad de las plántulas se realizó el trasplante de las bolsas de polietileno a las macetas de crecimiento en el invernadero situado en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya.

Cuadro 2. Diseño experimental

<b>T<sub>6</sub>P<sub>1</sub></b> 100%	<b>T<sub>1</sub>BP<sub>6</sub></b> 25%	<b>T<sub>1</sub>BP<sub>5</sub></b> 25%	<b>T<sub>2</sub>BP<sub>2</sub></b> 50%	<b>T<sub>4</sub>P<sub>1</sub></b> 25%	<b>T<sub>1</sub>BP<sub>2</sub></b> 25%
<b>T<sub>3</sub>BP<sub>2</sub></b> 100%	<b>T<sub>3</sub>BP<sub>1</sub></b> 100%	<b>T<sub>4</sub>P<sub>3</sub></b> 25%	<b>T<sub>2</sub>BP<sub>3</sub></b> 50%	<b>T<sub>5</sub>P<sub>4</sub></b> 50%	<b>T<sub>4</sub>P<sub>4</sub></b> 25%
<b>T<sub>2</sub>BP<sub>1</sub></b> 50%	<b>T<sub>5</sub>P<sub>2</sub></b> 50%	<b>T<sub>2</sub>BP<sub>5</sub></b> 50%	<b>T<sub>6</sub>P<sub>2</sub></b> 100%	<b>T<sub>4</sub>P<sub>6</sub></b> 25%	<b>T<sub>5</sub>P<sub>1</sub></b> 50%
<b>T<sub>2</sub>BP<sub>4</sub></b> 50%	<b>T<sub>3</sub>BP<sub>3</sub></b> 100%	<b>T<sub>1</sub>BP<sub>3</sub></b> 25%	<b>T<sub>1</sub>BP<sub>1</sub></b> 25%	<b>T<sub>4</sub>P<sub>2</sub></b> 25%	<b>T<sub>4</sub>P<sub>5</sub></b> 25%
<b>T<sub>6</sub>P<sub>3</sub></b> 100%	<b>T<sub>1</sub>BP<sub>4</sub></b> 25%	<b>T<sub>5</sub>P<sub>6</sub></b> 50%	<b>T<sub>2</sub>BP<sub>6</sub></b> 50%	<b>T<sub>3</sub>BP<sub>6</sub></b> 100%	<b>T<sub>3</sub>BP<sub>5</sub></b> 100%
<b>T<sub>6</sub>P<sub>6</sub></b> 100%	<b>T<sub>3</sub>BP<sub>4</sub></b> 100%	<b>T<sub>5</sub>P<sub>5</sub></b> 50%	<b>T<sub>5</sub>P<sub>3</sub></b> 50%	<b>T<sub>6</sub>P<sub>5</sub></b> 100%	<b>T<sub>6</sub>P<sub>4</sub></b> 100%

T: Tratamiento, B Biofertilizante; P: Planta



Figura 3. Diseño del experimento.

#### 5.5 Variables de respuesta

Las variables de respuesta consideradas en el experimento fueron: a) altura de la plántula (cm), b) diámetro del tallo (mm), c) Número de hojas, d) Colonización micorrízica, e) Cuantificación de bacterias, f) Área foliar y g) Biomasa total.

#### Medición de altura y diámetro

Las variables de altura de la plántula y diámetro del tallo se tomaron datos al primer día de trasplante y de ahí se tomaron cada mes después del trasplante. La altura se midió con un flexómetro, desde el cuello de la raíz hasta la yema apical. Para el diámetro del tallo (mm) la medición se realizó con un vernier digital marca CHICAGO BRAND (con aproximación a décimas de milímetro).

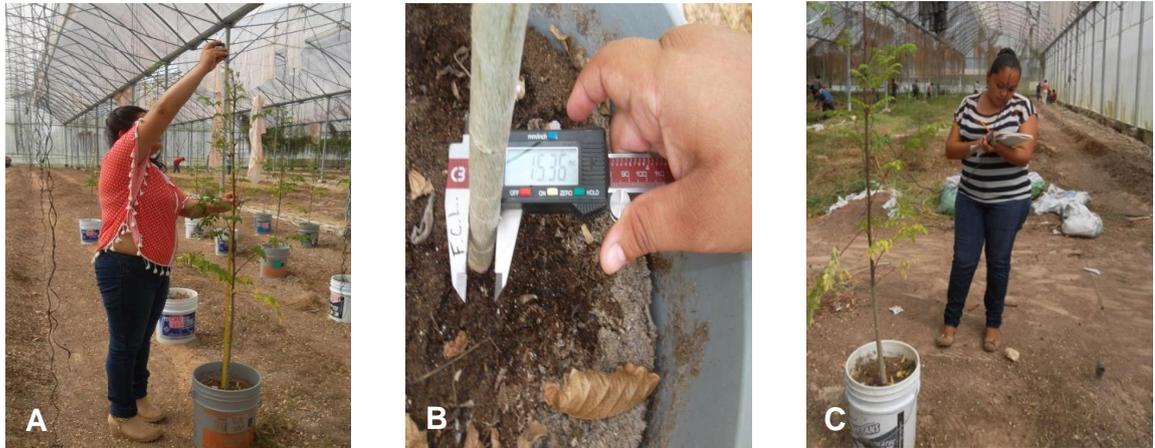


Figura 4. Toma de datos. **A.** Altura (cm). **B.** Diámetro (mm). **C.** Número de hojas.

### 5.6 Análisis estadístico

Los resultados encontrados en los primeros dos meses de evaluación no mostraron respuesta significativa a los factores microorganismos y % de humedad, en la última toma de datos del tercer mes, mostraron que las plantas con mayor % de humedad tuvieron significativamente mayor crecimiento en altura, diámetro y número de hojas.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Crecimiento de las plantas

La altura total y diámetro de plántulas *M. oleífera* a, 30 días de evaluación no fue significativa por la inoculación de microorganismos, respecto al número de hojas hubo diferencias significativas los tratamientos, debido al efecto significativo por la inoculación de los microorganismos (cuadro 3).

La altura total y número de hojas de *M. oleífera* a, 30 días de evaluación no fue significativo en respuesta al % de humedad. A su vez en el diámetro si hubo un efecto significativo por los diferentes % de humedad.

Cuadro 3. Efectos de Biofertilizante y % de humedad en plántulas de *M. oleífera* en las variables de respuesta altura (cm), diámetro (mm) y número de hojas a 30 días de la aplicación del inoculante.

Factores	30 días después del trasplante		
	Altura (cm)	Diámetro (mm)	No. hojas
<b>Biofertilizante (B)</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>*</b>
+ B	142.22	17.52	15.61
. B	132.78	16.90	12.00
EEM	4.45	0.47	0.82
<b>Humedad (H)</b>	<b>ns</b>	<b>*</b>	<b>ns</b>
25%	133.81	16.69	14.00
50%	133.45	18.59	13.08
100%	145.15	16.36	14.33
EEM	5.45	0.58	1.01
<b>Interacción B x H</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

EEM, error estándar de la media; ns, no significativo; \*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$



Figura 5. Comparación de plantas. **A.** Planta con microorganismos y 100% de humedad. **B.** planta sin microorganismos y 100% de humedad.

Cuadro 4. Efectos de Biofertilizante y % de humedad en plántulas de *M. oleifera* en las variables de respuesta altura, diámetro y número de hojas a 60 días de la aplicación del inoculante.

<b>60 días después del trasplante</b>			
<b>Factores</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>No. hojas</b>
<b>Biofertilizante (B)</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>
+ B	176.88	18.23	17.00
. B	159.38	16.75	15.38
EEM	6.67	0.66	0.80
<b>Humedad (H)</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>***</b>
25%	158.66	16.91	13.00
50%	162.16	16.81	17.00
100%	183.58	18.75	19.50
EEM	8.17	0.81	0.98
<b>Interacción B × H</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

EEM, error estándar de la media; ns, no significativo; \*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$

Las variables de respuesta altura, diámetro y número de hojas de *M. oleifera* a, 60 días de evaluación no presentaron diferencias significativas por la inoculación de los microorganismos (cuadro 4).

La altura y diámetro de plantas de *M. oleifera* a, 60 días de evaluación no mostraron efecto significativo al factor % de humedad. A su vez en el número de hojas hubo un efecto muy significativo (cuadro 4).

Cuadro 5. Efectos de Biofertilizante y % de humedad en plántulas de *Moringa oleifera* en las variables de respuesta altura, diámetro número de hojas a 90 días de la aplicación del inoculante.

<b>90 días después del trasplante</b>			
<b>Factores</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>No. hojas</b>
<b>Biofertilizante (B)</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>
+ B	183.61	20.19	13.61
. B	167.94	18.68	13.94
EEM	6.42	0.71	0.72
<b>Humedad (H)</b>	<b>**</b>	<b>*</b>	<b>***</b>
25%	162.83	17.96	10.75
50%	167.50	18.93	13.25
100%	197.00	21.41	17.33
EEM	0.97	0.87	0.89
<b>Interacción B x H</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

EEM, error estándar de la media; ns, no significativo; \*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$

A los 90 días, la altura, diámetro y número de hojas de las plantas de *M. oleifera* no presentaron diferencias entre los tratamientos por efecto del factor biofertilizante (cuadro 5). A los 90 días, la altura, diámetro y número de hojas presentaron efectos significativos por efecto del factor % de humedad (cuadro 5).

Cuadro 6. Peso Fresco y Peso Seco de hojas

<b>Factores</b>	<b>Peso Fresco</b>	<b>Peso Seco</b>
<b>Biofertilizante (B)</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>
+ B	33.65	6.29
. B	27.57	6.16
EEM	1.89	0.56
<b>Humedad (H)</b>	<b>***</b>	<b>***</b>
25%	16.55	4.04
50%	27.22	5.79
100%	48.04	8.81
EEM	2.31	0.69
<b>Interacción B × H</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

EEM, error estándar de la media; ns, no significativo; \*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$

A 90 días de evaluación, el factor % de humedad tuvo un efecto significativo en la altura, diámetro y número de hojas de plantas de *M. oleífera*.

Estudios realizados por Armenta *et al.* (2010), referentes a biofertilizantes en el desarrollo agrícola, indican que la respuesta de los biofertilizantes varía considerablemente, dependiendo de los microorganismos, tipo de suelo, especies de plantas y condiciones ambientales. Los microorganismos aplicados deben competir con una microflora nativa mejor adaptada a condiciones ambientales adversas, incluyendo falta de humedad en el suelo, predación, alta salinidad y pH extremos, que pueden disminuir rápidamente la población de cualquier especie microbiana introducida.

Estudios realizados por Medrano *et al.* (2007), referentes a eficiencia del uso de agua en plantas, indican que la disponibilidad de agua es el principal factor limitante de la producción agrícola y ganadera en ambientes de clima mediterráneo. La producción de nueva biomasa en cualquier cultivo o comunidad vegetal está fuertemente determinada por la cantidad de agua disponible en el suelo. Esto resulta evidente cuando se cuantifica la producción anual (cosecha o biomasa acumulada en g/ha) y el agua utilizada (en m<sup>3</sup>/ha), esta relación se cumple cuando se compara la precipitación anual y producción en diferentes biomas, a pesar de la fuerte inferencia de otros factores limitantes como la temperatura, la disponibilidad de nutrientes o las horas de luz. Cuando la comparación se hace para una única especie y en diferentes regímenes de disponibilidad hídrica, el ajuste de la producción a la disponibilidad de agua es muy superior, de forma que la cosecha queda totalmente determinada por el agua utilizada.

Cuando se riega una planta a diferentes regímenes de humedad, el ajuste de producción a la disponibilidad de agua es muy superior, de forma que la cosecha está determinada totalmente por el agua utilizada. La razón está en que el proceso base de la producción de nueva biomasa (la fotosíntesis) y el desgaste de agua (transpiración) se reducen a la vez, y la entrada del dióxido de carbono y la salida del agua utilizan la misma vía, los estomas en las hojas. Cuanto más abiertos están, más fácilmente entra el CO<sub>2</sub> pero también más rápidamente se escapa el agua (Medrano *et al.*, 2007).

La micorriza es una simbiosis donde hay intercambio de nutrientes como, N, P, K y azúcares en forma de carbohidratos. La planta puede tener baja actividad fotosintética cuando hay poca agua. Por lo tanto la planta invierte su energía en la supervivencia. Las plantas invierten energía en formar hojas para incrementar su capacidad fotosintética.

## VII. PROBLEMAS RESUELTOS Y LIMITANTES

Algunas limitantes que tuvimos para realizar el experimento fueron las siguientes:

- ✿ No se contaba con un área específica para realizar el experimento.
- ✿ No había un contenedor de agua cerca de donde se estableció el experimento.
- ✿ Falta de germinación de las semillas debido a que estuvieron guardadas más de dos meses y disminuyó su porcentaje viabilidad.
- ✿ Falta de material para realizar las actividades
- ✿ El laboratorio no estaba acondicionado para trabajar
- ✿ Falta de reactivos

Las plantas de M. oleifera son una alternativa para la agricultura sostenible, debido a que es una especie leñosa y de crecimiento rápido y proporciona forraje con alto valor nutritivo.

## **VIII. COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS**

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

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

Establecer estrategias de diversificación productiva aplicando la ingeniería de proyectos a los sistemas de producción forestal, para desarrollar cadenas productivas que generan valor agregado.

Coordinar y colaborar con equipos multidisciplinarios e internacionales.

## IX. CONCLUSIONES

La disponibilidad de agua influye significativamente en el crecimiento de altura, diámetro y número de hojas de las plantas de *M. oleifera* en invernadero.

Los microorganismos compiten con condiciones ambientales adversas como la falta de humedad en el suelo y esto puede disminuir rápidamente la población de cualquier especie microbiana introducida, por tal motivo suponemos que no hubo un efecto significativo, en la mayoría de las variables, del factor Biofertilizante en las plantas de *M. oleifera*.

La aplicación de riegos al 50% incrementan el crecimiento y biomasa de las plantas de *M. oleifera* y disminuyen el tiempo de espera para su aprovechamiento, sin embargo aún faltan más estudios para entender mejor estos procesos.

## **X. RECOMENDACIONES**

Se recomienda hacer el trasplante de plantas a menor edad, para observar un mejor resultado de la inoculación de hongos micorrízicos y bacterias

Es necesario realizar la esterilización del suelo, para asegurar que el sustrato a evaluar sea inerte y que los microorganismos no compitan con los con los biofertilizantes inoculados

Determinar la humedad aprovechable real a través de la capacidad de campo y punto de marchitez permanente del suelo de las macetas para establecer rangos más precisos de estrés hídrico.

## XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre-Medina, J., Mina-Briones, F., Cadena-Iñiguez, J., Dardón-Zunun, J., Hernández-Sedas, D. (2014). Crecimiento de *Cedrela odorata* L. biofertilizada con *Rhizophagus intraradices* y *Azospirillum brasilense* en vivero. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 177-186.

Armenta-Bojórquez, A., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J., Apodaca-Sánchez, M., Gerardo-Montoya, L., & Nava-Pérez, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. Ra Ximhai, 6 (1), 51-56.

Barrera, B. S. (2009). El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Industrial de Santander, 7 (1), 124-128.

Casanova-Lugo, F., Díaz-Echeverría, V., Sosa-Madariaga, J., & Oros-Ortega, I. (2015). Los árboles y arbustos en la ganadería tropical como estrategia agroecológica para el desarrollo sustentable. Herbario CICY, 7, 81-85.

Casanova-Lugo, F., Petit-Aldana, J., & Solorio-Sánchez, J. (2011). Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 17 (1), 5-118.

Díaz, C. G. (2012). El cambio climático. Ciencia y Sociedad, 37(2), 227-240.

F, L. Li., W, K. Bao., & N, Wu. (2008). Effects of water stress on growth, dry matter allocation and water-use efficiency of a leguminous species, *Sophora davidii*. Agroforest Syst. doi: 10.1007/s10457-008-9199-1.

Flores-Bello, M., Aguilar-Espinosa, S., García Calvario, R., Zamora Cruz, A., Farias-Larios, J., & López-Aguirre, J. (2008). Inoculación con hongos micorrízicos arbusculares y el crecimiento de plántulas de *Leucaena*. Terra Latinoamericana, 26(2), 127-131.

Honrubia, M. (2009). Las micorrizas: Una relación planta . hongo que dura más de 400 millones de años. *Anales del jardín Botánico de Madrid*, 66S1, 133-134.

Ibarra-Montoya, J., Román, R., Gutiérrez, K., Gaxiola, J., Arias, V., & Bautista, M. (2011). Cambio en la cobertura y uso de suelo en el norte de Jalisco, México: Un análisis del futuro, en un contexto de cambio climático. *Ambiente & Agua- An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(2), 111-128.

Knopf, E., Blaschke, H., & Munch, J. (2013). Improving Moringa Growth by Using Autchthonous and Allochthonous Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Lake Victoria Basin. *West African Journal of Applied Ecology*, 21 (1), 47-57.

Magaña, B. W. (2012). Aprovechamiento poscosecha de la Moringa (*Moringa oleifera*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13 (2), 171-174.

Mark, E. O., & Jed, w. F. (2011). *Moringa oleifera*: Un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1071-1082.

Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., Hernández, E., & Puls, J. (2013). Potenciales aplicaciones de *Moringa oleifera*. Una revisión crítica. *Pastos y Forrajes*, 36 (2), 137-149.

Medrano, H., Bota, J., Cifre, J., Flexas, J., Ribas-Carbó, M., & Gulías, J. (2007). Eficiencia en el uso del agua por las plantas. *Investigaciones Geográficas*, 43, 63-84.

Molina, L. M., Mahecha, L. L., & Medina, S. M. (2005). Importancia del manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 162-175.

Morell, F., Hernández, A., Borges, Y., & Marentes, F. (2009). La actividad de los hongos micorrízicos arbusculares en la estructura del suelo. *Cultivos Tropicales*, 30 (4), 25-31.

Muñoz-Márquez, E., Macías-López, C., Franco-Ramírez, A., Sánchez-Chávez, E., Jiménez-Castro, J., & González-García, J. (2009). Identificación y colonización

natural de hongos micorrízicos arbusculares en nogal. *Terra Latinoamericana*, 27 (4), 355-361.

Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., & Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*, 33(4), 1-16.

Rosete-Vergés, F., Pérez-Damián, J., Villalobos-Delgado, M., Navarro-Salas, E., Salinas-Chávez, E., & Remond-Noa, R. (2014). El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques*, 20(1), 21-35.

SAGARPA. (2007). *Sistemas agroforestales*. 1-8.

## XII. ANEXOS

Anexo 1. Preparación del material para sembrar semillas (Conteo de bolsas y preparación de sustratos para el llenado de bolsas).



Anexo 2. Mantenimiento durante la germinación de semillas de *M. oleifera* (Riego y limpieza de maleza).



Anexo 3. Germinación de semillas de *M. oleifera*.



Anexo 4. Trasplante de plántulas de *M. oleifera*.



Anexo 5. Mantenimiento de plántulas después del trasplante (Riego y limpieza de maleza).



Anexo 6. Aplicación del inoculo a las plantas de *M. oleifera* y toma de temperatura y humedad relativa.



Anexo 7. Toma de datos de las variables altura (cm), diámetro (mm) y número de hojas.



Anexo 8. Peso fresco y peso seco de hojas

