

EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR



Evaluación Experimental de Prácticas para Establecer Plantaciones de  
***Glyricidia sepium*** en la REBISE, Chiapas

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar el grado de  
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

Por

Carolina Morales Díaz

San Cristóbal de Las Casas, Chiapas .

Mayo, 2011

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios por permitirme terminar esta tesis.**

**A mis Padres por darme la vida**

**Especial agradecimiento a Luis E. García Barrios por su confianza, apoyo y paciencia.**

**A Kate Waters y Guadalupe Guillén Villafuerte por ser personas muy especiales en mi vida.**

**A Romeo Trujillo Vázquez por su apoyo incondicional en la etapa de campo.**

## ÍNDICE

	PÁG.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	10
1.1 Preguntas de investigación	13
1.2 Objetivo general	13
1.3 Hipótesis	14
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	15
2.1 Establecimiento de la parcela experimental	15
2.2 Descripción de la unidad experimental	16
2.3 Evaluación de prácticas de manejo de <i>G. sepium</i>	16
2.3.1 Prácticas agronómicas	16
2.3.2 Almacigo	17
2.3.3 Parcela	17
2.4 Variables evaluadas	17
2.4.1 Germinación de semillas y sobrevivencia de plántulas	17
2.4.2 Crecimiento y desarrollo de árboles	17
2.4.3 Método estadístico	18
2.5 Evaluación de la inoculación de <i>G. sepium</i>	18
2.5.1 Diseño del experimento	18
2.5.2 Metodología	18
2.5.3 Variables evaluadas	19

<b>3. RESULTADOS</b>	20
3.1 Efecto de la fertilización y forma de siembra sobre el crecimiento en altura y diámetro basal de <b><i>G. sepium</i></b> a edades comparables	20
3.2 Efecto de la fertilización y forma de siembra sobre el crecimiento en altura y diámetro basal de <b><i>G. sepium</i></b> a los dos y nueve meses después del establecimiento	22
3.3 Efecto sobre la germinación y la sobrevivencia de <b><i>G. sepium</i></b> en campo	23
3.4 Efecto sobre la fenología al inicio de la época de secas (persistencia de hojas y producción de flores y frutos)	25
3.5 Efecto de abono e inoculación de <b><i>G. sepium</i></b> en vivero	27
3.5.1 Determinación de % N vegetal en forraje de <b><i>G. sepium</i></b>	33
<b>4. DISCUSIÓN</b>	34
4.1 Crecimiento en altura y diámetro basal de <b><i>G. sepium</i></b> a edades comparables.	34
4.2 Efecto sobre la germinación y la sobrevivencia en campo de <b><i>G. sepium</i></b>	35
4.3 Efecto sobre la fenología al inicio de la época de secas (persistencia de hojas y producción de flores y frutos)	36
4.4 Efecto de abono e inoculación en vivero para trasplante de <b><i>G. sepium</i></b>	36

<b>5. CONCLUSIÓN</b>	<b>38</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>39</b>

## ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Parcela experimental con diseño completamente al azar

Imagen 2. Diseño de la unidad experimental

Imagen 3. Raíces principales de *G. sepium* en tratamiento de abono

Imagen 4. Raíces principales de *G. sepium* en tratamiento de abono

Imagen 5. Nódulos en raíces de *G. sepium* inoculadas con *R. tropici*

Imagen 6. Nódulos en raíces de *G. sepium* inoculadas con *R. tropici*

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Crecimiento de plántulas de *G. sepium* durante 294 días.

Figura 2. Crecimiento del diámetro basal de *G. sepium* durante 294 días.

Figura 3. Altura media de *G. sepium* a los dos meses después de la siembra del tratamiento de trasplante.

Figura 4. Altura media de *G. sepium* a los nueve meses después de la siembra del tratamiento de trasplante.

Figura 5. Diámetro basal de *G. sepium* a los dos y nueve meses después de la siembra del tratamiento de trasplante.

Figura 6. Media del porcentaje de germinación de *G. sepium*.

Figura 7. Media de la sobrevivencia de plántulas germinadas de *G. sepium*.

Figura 8. Media del porcentaje de sobrevivencia de trasplantes de *G. sepium*.

Figura 9. Media del porcentaje de plántulas con follaje persistente en *G. sepium*.

Figura 10. Media del porcentaje de plántulas con flores de ***G. sepium***.

Figura 11. Media del porcentaje de plántulas con frutos de ***G. sepium***.

Figura 12. Media del número de ramas de ***G. sepium***.

Figura 13. Media del peso seco de hojas de plántulas de ***G. sepium*** a los cuatro meses después de la siembra en vivero.

Figura 14. Media de peso seco de tallos de plántulas de ***G. sepium*** a los cuatro meses después de la siembra en vivero.

Figura 15. Media de peso seco de raíces principales en plántulas de ***G. sepium*** a los cuatro meses después de la siembra en vivero.

Figura 16. Media de peso seco de raíces secundarias en ***G. sepium*** a los cuatro meses después de la siembra en vivero.

Figura 17. Media de peso seco de nódulos de ***G. sepium*** a los cuatro meses después de la siembra en vivero.

Figura 18. Número de nódulos en ***G. sepium*** a los cuatro meses después de la siembra en vivero.

Figura 19. Media del diámetro basal de plántulas de ***G. sepium*** a los cuatro meses después de la siembra en vivero.

Figura 20. Altura de árboles de ***G. sepium*** al primer, segundo, tercer y cuarto mes después de la siembra en vivero.

## RESUMEN

La deforestación es uno de los principales problemas ambientales en México. Gran parte del área deforestada es dedicada a pasturas. Más del 50 % de estas áreas se encuentran en estado de degradación. Las principales causas son las prácticas de manejo no racionales en las tierras ganaderas. Este escenario impulsa el uso de sistemas silvopastoriles, los cuales asocian la presencia de árboles o arbustos con pastos y animales bajo un sistema de manejo integral. El Ejido de Los Ángeles, Chiapas sufrió una fuerte deforestación a mediados del siglo XX. La ganadería en la comunidad es una actividad muy importante, sin embargo causa fuertes repercusiones ambientales. Es necesario desarrollar tecnologías ambientalmente sostenibles y económicamente atractivas para el productor y rehabilitar las áreas de pasturas degradadas de la comunidad. En 2007 inició la implantación de sistemas silvopastoriles con diversas especies arbóreas. En particular, *G. sepium* resultó la más prometedora, pero a la vez mostró una respuesta sumamente variable a las diferentes condiciones de sitio. Esto sugiere que es posible mejorar el desempeño de la planta si se identifican experimentalmente y se aplican las mejores prácticas de establecimiento. En este estudio se evaluaron dos formas de siembra de *G. sepium*; trasplante y siembra por semilla. Dentro de cada forma se evaluó el efecto de fertilizar o no. Se evaluaron los efectos sobre (a) el porcentaje de germinación de semillas, (b) la sobrevivencia de trasplantes, (c) la altura y diámetro basal de trasplantes y plántulas germinadas (d) el número de tallos y ramas, y (e) la presencia de flores y frutos. De forma independiente, se evaluó la inoculación de semillas de *G. sepium* con *Rhizobium tropici* y el uso de abono orgánico en almácigo. Se determinó el efecto sobre el número y peso seco de nódulos y raíces. Los resultados muestran que el trasplante produjo plantas más altas pero con menor diámetro basal que la siembra directa (Tukey;  $p < 0.05$ ). El diámetro basal en el tratamiento de siembra directa sin fertilizante fue significativamente mayor que el de los tratamientos de trasplantes (Tukey;  $p < 0.05$ ) y directa con fertilizante ( $p < 0.05$ ). En la fase de



almácigo, el uso de abono, inoculación o combinación de estos, incrementó el crecimiento en altura de las plántulas ( $p < 0.05$ ). Estos resultados permiten concluir que a pesar que el establecimiento de *G. sepium* por semilla es lenta, representa una alternativa viable para el productor. Omite el establecimiento del almácigo y los costos que conlleva su mantenimiento. En almácigo, usar abono orgánico o inocular con *Rhizobium tropici* no incrementa la producción de nódulos, sin embargo, aumenta considerablemente el porcentaje de nitrógeno vegetal y el crecimiento de la plántula.

**Palabras Claves:** Degradación de pasturas, prácticas de manejo. *G. sepium*.

## 1.- INTRODUCCIÓN

La deforestación es uno de los principales problemas ambientales en México. Se estima que la tasa de deforestación es de 600,000 ha anuales. Gran parte del área deforestada es dedicada a pasturas y el problema ambiental se intensifica por el hecho de que aproximadamente el 50% de las áreas de pasturas se encuentran en estado de degradación (Llenderal, 2006).

Es común el uso de prácticas de manejo no sustentables en las tierras ganaderas. Destacan las quemas no controladas, las prácticas de labranza inapropiadas, la ausencia de cobertura vegetal, el manejo ineficaz de la fertilidad del suelo y el sobrepastoreo. Esto genera pérdida de la biodiversidad y, compactación y erosión de los suelos (Murgueitio *et al.*, 2004).

El territorio del Ejido de Los Ángeles sufrió una fuerte deforestación a mediados del siglo XX; cuando inició su colonización. Grandes áreas de bosque se desmontaron para el aprovechamiento agrícola. Al inicio emplearon el sistema roza-tumba-quema (Galletti y Lejonc, 2003). Sin embargo, durante la época de auge de la producción maicera comercial en la Frailesca (1970-1994) la producción se intensificó; el uso de insumos incrementó y el periodo de barbecho disminuyó (Valdivieso, 2008).

En este periodo, la deforestación tuvo efectos de degradación ambiental tanto locales como río abajo (Programa Sectorial y Agropecuario, 2002). El uso indiscriminado de agroquímicos y fertilizantes en las actividades agrícolas y ganaderas propició: la disminución de la cantidad y calidad de agua que nace de las faldas del cerro Tres Picos; la disminución de la recarga de los sistemas acuíferos durante el estiaje; los procesos de deslaves y erosión de los suelos; y, el abatimiento de la fertilidad (CONANP, 2006). Los diversos ecosistemas característicos de la zona como: los bosques secos de robles, mezclados con elementos de selva baja caducifolia, selvas medianas perennifolias y bosques de pinoencino-liquidámbar se vieron fuertemente afectados. La destrucción de vastas extensiones de bosques, provocaron la pérdida de hábitats de diferentes especies silvestres.

A finales de la década de los 90', con la puesta en marcha del Tratado de Libre Comercio (TLC), la producción del maíz se volvió no rentable y la comunidad cambió notablemente sus actividades. La ganadería que hasta entonces había ocupado un lugar secundario, superó a la agricultura (García-Barrios, *et. al.*,

2009). Esto creó un paisaje diverso y complejo, dominado por sistemas extensivos de producción ganadera y campos agrícolas (Sanfiorenzo-Barnhard, *et al.*, 2007).

Las áreas de pastoreo presentan un gradiente de cobertura arbórea que va desde potreros con pastizales abiertos hasta potreros fuertemente arbolados. El elemento arbóreo sigue presente a distintas escalas en este abigarrado paisaje, en forma de masas forestales, bosquetes, cercos vivos y árboles aislados (Valdivieso, 2008).

Nahed y Aguilar (2008) mencionan que en la comunidad de Los Ángeles las actividades pecuarias prácticamente se encuentra en un estado de aparente equilibrio de carga ganadera, con relativa infrautilización de la biomasa forrajera. Sin embargo, se aprecian abundantes áreas sobrepastoreadas y animales flacos en la época de secas. Las unidades de pastoreo con pastizales abiertos dominan el 41.20 % del total de hectáreas utilizadas para la producción ganadera. Estas unidades se caracterizan por la ausencia de árboles y la presencia de vegetación herbácea, principalmente gramíneas.

Russo y Botero (1998) mencionan que el follaje de árboles con uso forrajero se caracteriza por tener un alto contenido de proteína cruda (hasta 35 %), el doble o aún más que el de la mayoría de las gramíneas tropicales. Muchas experiencias de campo indican que la producción ganadera mejora cuando los animales pastan en potreros que combinan gramíneas y leguminosas. Esto se debe a que las leguminosas tienen una producción de forraje más estable y aportan a los animales mejor calidad de forraje a lo largo del año, particularmente mayor cantidad de proteína (Nahed y Aguilar 2008). Sin embargo, la falta de arbustos o árboles forrajeros en esta zona dificulta darle una dieta balanceada al ganado.

Los sistemas de producción ganadera son de suma importancia en la comunidad de Los Ángeles. Suministran bienes de consumo humano, empleo y aportes a la economía. La producción animal, basada en el ganado bovino, causa fuertes repercusiones desde el punto de vista ambiental. Es deseable que los productores desarrollen y apliquen tecnologías ecológicamente sostenibles y económicamente atractivas, con el fin de rehabilitar las extensas áreas de pasturas degradadas en la comunidad.

Los sistemas silvopastoriles asocian árboles o arbustos con pastos, forrajes y animales bajo un sistema de manejo integral (Pezo e Ibrahim 1966, citado por Ruíz, 2007). La mayoría utilizan una diversidad de plantas arbóreas leguminosas como componente básico (Ruíz, 2007).

Este componente arbóreo, además de servir de hábitat para especies locales y como forraje de alto nivel nutricional; incrementa el nivel de nitrógeno en el suelo.

Tiene la capacidad de fijar nitrógeno de la atmósfera; mediante la simbiosis con bacterias en sus raíces. Aportan materia orgánica al suelo; absorbe nutrientes de capas profundas del suelo; y los hace disponibles para la pastura o para el cultivo agrícola asociado (Russo y Botero, 1998). Mejora las condiciones físicas del suelo (porosidad y densidad aparente) y ayuda a descompactar áreas degradadas por la mecanización y/o el pisoteo continuo del ganado.

Los sistemas silvopastoriles, además de poseer un gran valor productivo, funcionan como reservorios de biodiversidad fuera de las áreas protegidas (Pérez, 2006). Esto permite una conexión con la zona núcleo de la reserva y un flujo mayor de especies silvestres.

En el año 2007 dio inicio el proyecto de investigación denominado “Diseño participativo y establecimiento de sistemas sustentables de producción agro-silvo-pastoril para la conservación de suelo, agua y especies arbóreas, en la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera La Sepultura (REBISE)” dirigido por el Dr. Luis García Barrios investigador de El Colegio de La Frontera Sur (ECOSUR).

Como parte de este proyecto, en 2008 cuarenta y tres productores locales establecieron parcelas experimentales de 400 m<sup>2</sup> cada una en potreros con diferentes condiciones ambientales. Sembraron cuatro especies de árboles forrajeros (*Guazuma ulmifolia*, *Erythrina poeppigiana*, *Leucaena leucocephala* y *Glyricidia sepium*). *G. sepium* se estableció y creció significativamente mejor que las otras especies durante los primeros 16 meses del estudio. *G. sepium* respondió fuertemente a la diversidad de condiciones ambientales y de manejo, pues varió significativamente en su altura (50-250 cm a los 16 meses). Las posibles causas de esta variación fueron el vigor de las plantas en almácigo, la calidad de suelo en que fueron establecidas, la aplicación de NPK, el tipo y abundancia de herbáceas con las que tuvieron que competir, el grado de sombreado, la frecuencia de limpiezas, y la humedad del suelo (Trujillo, 2009).

Este estudio preliminar no permitió despejar de manera clara y sistemática cada uno de estos efectos, debido a que no fue diseñado para tal propósito. Sin embargo, sugirió que es posible obtener un mejor desempeño de la planta si se identifican experimentalmente y se aplican las mejores prácticas de establecimiento.

## 1.1 Preguntas de investigación

¿Es preferible producir plántulas en vivero a sembrar directamente la semilla en campo y ahorrar gastos operativos?

¿El uso de fertilizantes químicos en campo favorece el establecimiento de **G. sepium**?

¿Aplicar abonos orgánicos e inocular *Rhizobium spp.* en vivero mejora la calidad de la plántula que será trasplantada a campo?

## 1.2 Objetivo general

El objetivo general de esta investigación de tesis fue responder de manera experimental a las tres preguntas previas. Para ello:

- a) Se evaluó el efecto de combinar la presencia y ausencia de los siguientes dos factores:
  - Aplicación de una dosis temprana de 10 g de fosfato diamónico (18-46-00 NPK) y 20 g de urea (46-00-00 NPK) dos meses después (aplicación por planta) contra plantas sin fertilización.
  - Trasplante de plántulas germinadas en vivero contra siembra directa de semillas hidratadas.

De manera independiente:

- b) Se evaluó en almácigo la inoculación de plantas de **G. sepium** con la cepa simbiótica ***Rhizobium tropici*** contra plantas sin inoculación.
- c) Se evaluó en almácigo el uso de abono orgánico (vermicomposta), tierra local y combinación de ambos en el crecimiento de **G. sepium**.

### 1.3 Hipótesis

#### Establecimiento

H1: Debido a que el establecimiento de *G. sepium* por trasplante se realizará con plántulas 70 días mayores que la semilla. Se espera que éstas presenten un mayor crecimiento a los nueve meses.

H2: Las plántulas fertilizadas tendrán mayor crecimiento en altura que las no fertilizadas; independientemente de la forma de siembra.

H3: A edades equiparables o similares, las plántulas trasplantadas tendrán mayor altura que las plántulas sembradas por semilla.

#### Almácigo

H4: Las plántulas inoculadas con *Rhizobium tropici* con y sin abono orgánico tendrán mayor número de nódulos.

H4: Las plántulas con abono orgánico tendrán mayor crecimiento en altura que las del resto de los tratamientos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Establecimiento de la parcela experimental

Se estableció una parcela experimental de 45.87 x 59.2 m<sup>2</sup> con un diseño de bloques completamente al azar. Se evaluaron dos formas de siembra de *G. sepium*: Trasplantes obtenidos en almácigo y siembra directa de semillas. En ambos casos las semillas fueron hidratadas durante 12 horas previas a la siembra. Dentro de cada grupo se evaluó el efecto de fertilizar o no. Como resultado se obtuvo un total de 4 tratamientos con 12 repeticiones cada uno. La parcela constó de 6 bloques con 8 unidades experimentales dentro de cada uno (Imagen 1).

BLOQUES

DISEÑO DE LA PARCELA																																		
	I				II				III				IV				V				VI				VII				VIII					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
I	1o			1o				2o				3o				4o			5o				6o			7o				8o				
	2	x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5	
	3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o
	4	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	
	5	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o
	6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	7	o		9o				10o				11o				12o			13o				14o			15o				16o				
	8	x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5	
II	9	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o
	10	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	
	11	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o
	12	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	13	o		17o				18o				19o				20o			21o				22o			23o				24o				
	14	x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5	
III	15	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o
	16	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	
	17	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o
	18	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	19	o		25o				26o				27o				28o			29o				30o			31o				32o				
	20	x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5	
IV	21	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o
	22	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	
	23	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o
	24	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	25	o		33o				34o				35o				36o			37o				38o			39o				40o				
	26	x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5	
V	27	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o
	28	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	
	29	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o
	30	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	31	o		41o				42o				43o				44o			45o				46o			47o				48o				
	32	x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5		x1	x5	
VI	33	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o	x3	o
	34	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	o	x2	x6	
	35	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o	x4	o
	36	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	37	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

Imagen 1. Parcela experimental con diseño completamente al azar. Especificaciones: o = Plántulas de borde; xi = Plántulas útiles; 1o, 2o, 3o, etc. = Numeración de miniparcelas. TRATAMIENTOS:

Siembra directa con fertilizante; siembra directa sin fertilizante; trasplante con fertilizante; trasplante sin fertilizante.

## 2.2 Descripción de la unidad experimental

La unidad experimental tuvo arreglo hexagonal, con 6 árboles útiles en cada unidad. En total se tuvieron 288 árboles útiles y 339 árboles de borde (se entiende como árbol útil, todo aquel que experimenta competencia de vecinos por todos los lados). Cada tratamiento constó de dos unidades experimentales dentro de un bloque. La distancia entre surcos de árboles fue de 1.39 m. La distancia entre árboles dentro del surco de 1.6 m (Imagen 2).

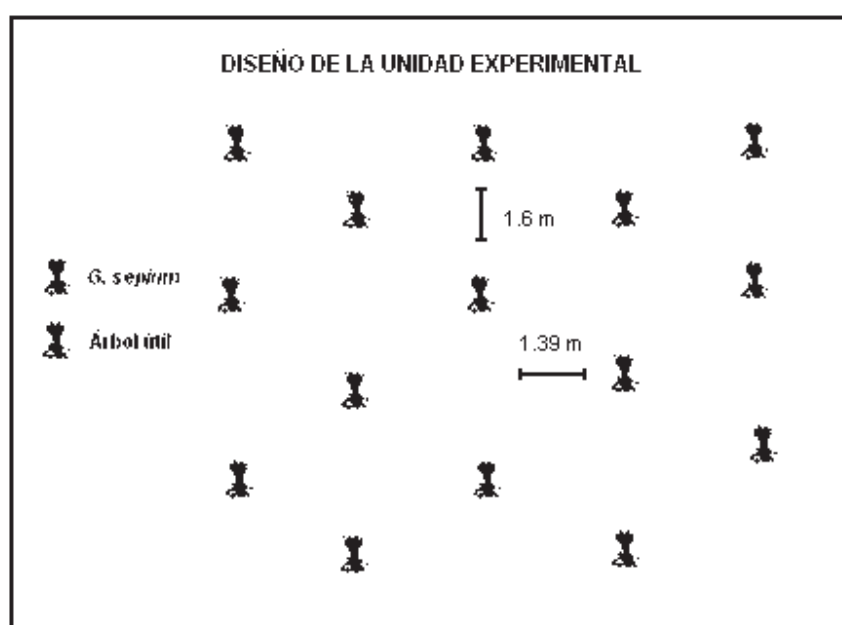


Imagen 2. Diseño de la unidad experimental.

## 2.3 Evaluación de prácticas de manejo de *G. sepium*

### 2.3.1 Prácticas agronómicas

Se cercó un área de 2930 m<sup>2</sup> con alambre de púas para excluir al ganado. La preparación del terreno constó de rastreo y quema controlada del rastreo sobrante. Las plántulas de *G. sepium* se produjeron en almácigo. Para evaluar la siembra directa e inoculación, se recolectaron semillas de *G. sepium* en la comunidad cercana de Flores Magón, municipio de Villaflores. Las semillas se remojaron en agua a temperatura ambiente por 12 horas antes de sembrarlas. Se fertilizó en dos etapas. La primera al momento de sembrar semillas y trasplantes y



la segunda dos meses después. Se realizó limpiezas de arvenses cada dos meses. El deshierbe se realizó con coa y machete.

### **2.3.2 Almácigo**

Los trasplantes se produjeron en almácigo sin aplicación de abono o inoculación de *R. tropici*. Se recolectaron aproximadamente 2 kilos de semillas de *G. sepium*. El lugar de recolección de la semilla fue el mismo para ambas prácticas. Se llevó a cabo en el mes de Mayo de 2009. Se utilizó tierra local previamente cernida. Se usaron bolsas de polietileno negro de 20 x 25 cm de diámetro y altura, respectivamente. Se sembraron dos semillas por bolsa. En los casos donde germinaron las dos semillas, se eliminó la menos vigorosa. Las plántulas crecieron en vivero durante 10 semanas. Se obtuvieron aproximadamente 800 plántulas.

### **2.3.3 Parcela**

Se estableció la parcela en el mes de Junio de 2009. La parcela se ubicó en una falda de cerro. El terreno anteriormente se usó para sembrar maíz. Los trasplantes tenían una altura promedio de 40 cm. Para la siembra directa se colocaron tres semillas por sitio. Las semillas se sembraron a una profundidad aproximada de 2 cm. Para aplicar fertilizante, se utilizó el método de media luna. Se agregó en la parte superior del orificio donde fue colocado el material vegetal. Primero se aplicó 10 g de 18-46-00 NPK y dos meses después 20 g de urea (46-00-00 NPK) por cada plántula. La dosis total de fertilizante fue 65.5 kg de N y 27.4 kg de P por Ha.

## **2.4 Variables evaluadas**

### **2.4.1 Germinación de semillas y sobrevivencia de plántulas**

Se evaluó el porcentaje de germinación de semillas en campo y la sobrevivencia de trasplantes y plántulas germinadas. La primera actividad se realizó a los 8 días de la siembra y la sobrevivencia de trasplantes y plántulas germinadas a los 15 días posteriores al establecimiento.

### **2.4.2 Crecimiento y desarrollo de árboles**

Se evaluó la altura y el diámetro basal (DB) de trasplantes y plántulas germinadas. Se realizaron tres mediciones bimestrales y una última medición a los nueve

meses del establecimiento. En la última, también se cuantificó: el número de tallos, de ramas y la presencia o ausencia de flores y frutos.

### **2.4.3 Método estadístico**

Para evaluar la altura y el diámetro basal de árboles de nueve meses de edad, número de ramas y la presencia o ausencia de flores y frutos, se empleó la prueba de DHS de Tukey (nivel de significancia 0.05). Para evaluar el porcentaje de follaje, flores y frutos se realizó transformación arco seno. La germinación y sobrevivencia de trasplantes, se evaluó mediante el análisis de varianza (ANOVA). Se utilizó el paquete estadístico SPSS para Windows, 1997, versión 15.0.

Para evaluar el crecimiento de los árboles a edades equiparables o similares, se realizó una regresión lineal con los logaritmos base diez de las alturas de los árboles. Se compararon trasplantes de 126 días contra plantas por semilla de 112 días de edad; trasplantes de 182 días contra plantas por semilla de 168 días de edad; y, trasplantes de 238 días contra plantas por semilla de 252 días de edad.

## **2.5 Evaluación de la inoculación de *G. sepium***

### **2.5.1 Diseño del experimento**

Para evaluar la inoculación de *G. sepium* se estableció en almácigo un experimento de dos factores con un diseño con arreglo completamente al azar. Se evaluó la siembra de *G. sepium* con y sin inoculación. Se emplearon dos sustratos: suelo local y suelo local con abono orgánico (lombricomposta) (en proporción 3:1). Se obtuvieron 4 tratamientos incluyendo el testigo. Cada tratamiento constó con 15 repeticiones. Hubo en total 60 plántulas en el experimento.

### **2.5.2 Metodología**

Para evaluar la inoculación de semillas de *G. sepium*, se empleó la cepa de *Rhizobium tropici*, proporcionada por la sección de microbiología del Centro de Edafología del Colegio de Posgraduados. Se propagó en medio de cultivo Agar Extracto Levadura Manitol en el Laboratorio de Microbiología de Suelos de El Colegio de la Frontera Sur. Se alcanzó una concentración de  $10^9$  bacterias por mL (Melchor-Marroquín, *et. al.*, 1999). La siembra se realizó en bolsas de polietileno negro de 20 x 30 cm de diámetro y altura, respectivamente. Las semillas de *G. sepium* se remojaron en agua a temperatura ambiente durante 12 horas y se

sembraron a una profundidad aproximada de 2 cm. En los tratamientos donde se inoculó, se agregó 2 mL de solución bacteriana al momento de la siembra. El riego y las condiciones ambientales fueron las mismas para los cuatro tratamientos. Las plántulas se tuvieron cuatro meses en vivero. Se realizó un muestreo destructivo para evaluar las variables consideradas. Para obtener el peso seco; se utilizó una estufa de aire forzado. Se sometieron a una temperatura de 35 +/- 2 °C durante 12 horas.

### **2.5.3 Variables evaluadas:**

Se evaluó: la altura y el diámetro basal de las plántulas; el peso seco de nódulos y raíces; el número y coloración de nódulos; y, el nitrógeno vegetal en cada tratamiento. Todas las variables se analizaron con la prueba de DHS de Tukey (nivel de significancia 0.05). Se utilizó el paquete estadístico SPSS para Windows, 1997, versión 15.0. Se determinó N (vegetal) con el método semi-microkjeldhal.

### 3.- RESULTADOS

#### 3.1 Efecto de la fertilización y forma de siembra sobre el crecimiento en altura y diámetro basal de *G. sepium* a edades comparables.

El logaritmo de la altura de las plántulas aumentó linealmente con el tiempo. A los 238 días de edad de los trasplantes y 252 días de edad de las semillas, la diferencia en el incremento de altura se debió a la forma de siembra de *G. sepium* y no al uso de fertilizante ( $p < 0.05$ ) (Figura 1).

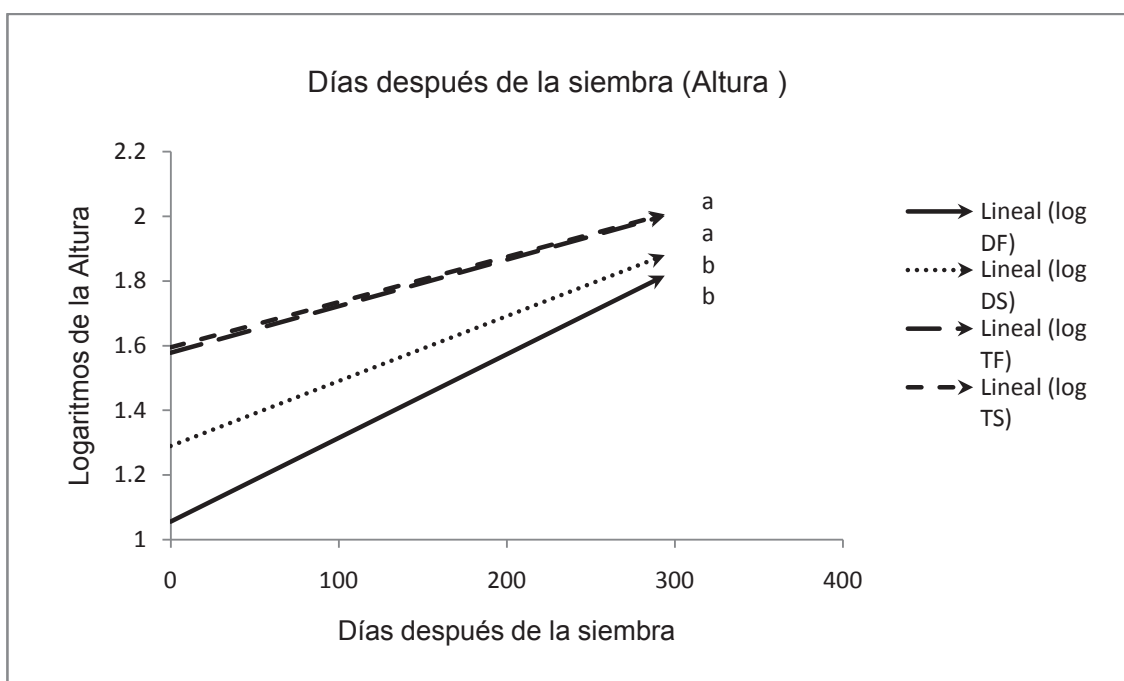


Figura 1. Crecimiento de plántulas de *G. sepium* durante 252 días. Edades equiparables. Letras distintas indican significación estadística. TUKEY ( $P < 0.05$ ). (DF:  $Y = 0.002x + 1.055$ ,  $R^2 = 0.326$ ,  $p < 0.3010$ ; DS:  $Y = 0.002x + 1.289$ ,  $R^2 = 0.761$ ,  $p < 0.0040$ ; TF:  $Y = 0.001x + 1.578$ ,  $R^2 = 0.634$ ,  $p < 0.0268$ ; TS:  $Y = 0.001x + 1.594$ ,  $R^2 = 0.884$ ,  $p < 0.0001$ ). Tratamientos: Siembra directa con fertilizante (DF); siembra directa sin fertilizante (DS); trasplante con fertilizante (TF); trasplante sin fertilizante (TS).

El logaritmo del diámetro basal (DB) de las plántulas se incrementa de manera lineal con el tiempo. A los 238 días de edad de los trasplantes y 252 días de edad de las semillas, el DB en el tratamiento siembra directa sin fertilizante fue significativamente mayor que el de los tratamientos de trasplantes ( $p < 0.05$ ) y siembra directa con fertilizante ( $p < 0.05$ ) (Figura 2).

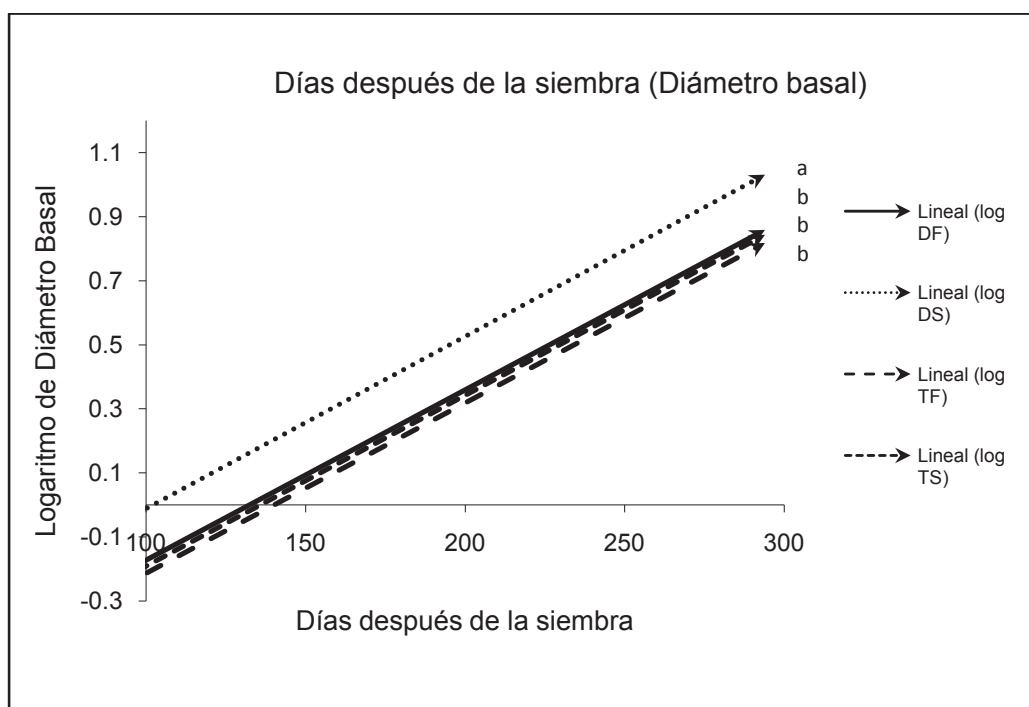
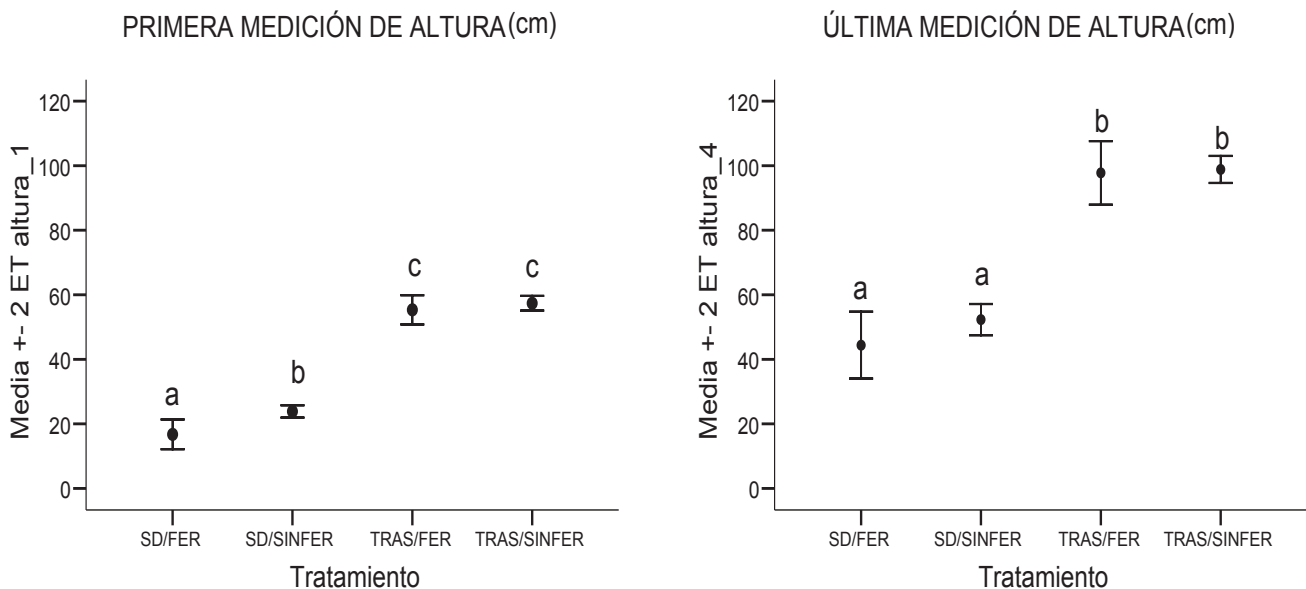


Figura 2. Crecimiento del diámetro basal (DB) de *G. sepium* durante 252 días. Edades equiparables. Letras distintas indican significación estadística. TUKEY ( $P < 0.05$ ). (DF:  $Y = 0.005x - 0.704$ ,  $R^2 = 0.725$ ,  $p < 0.00763$ ; DS:  $Y = 0.005x - 0.549$ ,  $R^2 = 0.962$ ,  $p < 0.0001$ ; TF:  $Y = 0.005x - 0.745$ ,  $R^2 = 0.939$ ,  $p < 0.0001$ ; TS:  $Y = 0.005x - 0.724$ ,  $R^2 = 0.954$ ,  $p < 0.0001$ ). Tratamientos: Siembra directa con fertilizante (DF); siembra directa sin fertilizante (DS); trasplante con fertilizante (TF); trasplante sin fertilizante (TS).

### 3.2 Efecto de la fertilización y forma de siembra sobre el crecimiento en altura y diámetro basal de *G. sepium* a los dos y nueve meses después del establecimiento.

A los dos meses de edad, la media de la altura de las plantas de siembra directa sin fertilizante fue significativamente mayor que la de las de siembra directa con fertilizante ( $p=0.034$ ). No hubo diferencias estadísticas en la media de la altura de trasplantes con y sin fertilizante ( $p=0.847$ ) (Figura 3). A los nueve meses de edad, la altura de las plantas de siembra directa con fertilizante no fue estadísticamente diferente a la de las plantas sin fertilizante ( $p>0.05$ ). (Figura 4). La altura de los trasplantes sin fertilizante no fue estadísticamente distinta a la de los trasplantes sin fertilizante.



Figuras 3 y 4. Altura media de *G. sepium* a los dos y nueve meses después de la siembra del tratamiento de trasplante (las plantas de siembra directa son 70 días más jóvenes). Letras distintas indican significación estadística. TUKEY ( $P<0.05$ ). (+- 2 ET) ET= error típico de la media.

A los dos meses del establecimiento, el DB de siembra directa sin fertilizante fue significativamente mayor que el de siembra directa con fertilizante ( $p= 0.021$ ). A los nueve meses, el DB de las plantas de siembra directa con fertilizante no fue estadísticamente diferente al de las plantas con fertilizante ( $p>0.05$ ). A los dos y nueve meses, el DB de los trasplantes con fertilizante no fue significativamente distinto al de los trasplantes sin fertilizante. (Figura 5).

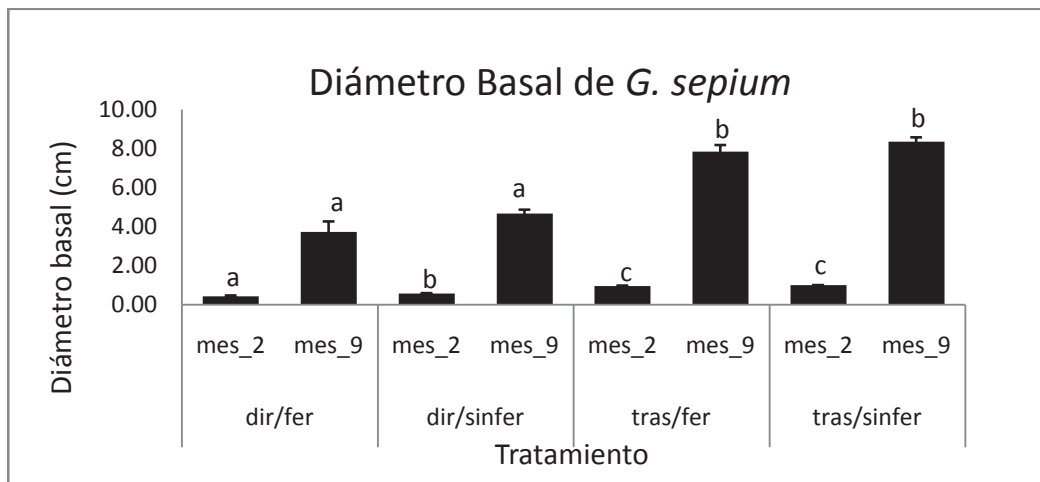
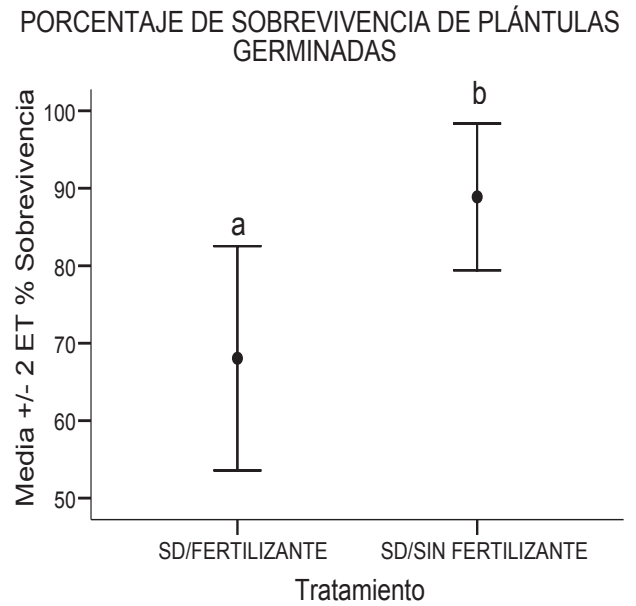
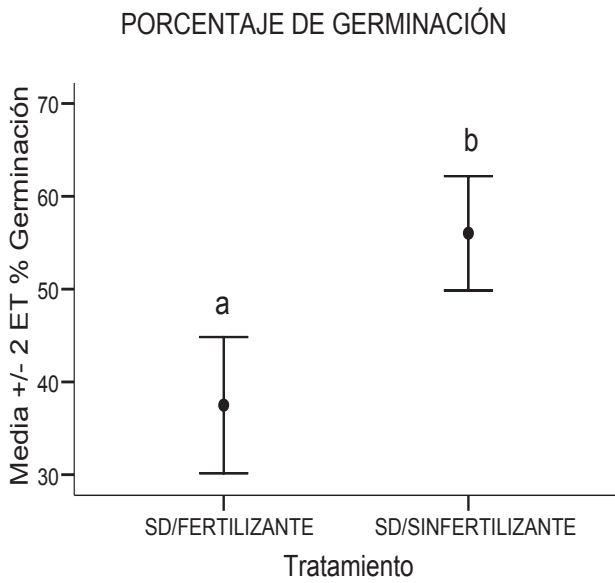


Figura 5. Diámetro basal de *G. sepium* a los dos y nueve meses después de la siembra del tratamiento de trasplante (las plantas de siembra directa son 70 días más jóvenes). Letras diferentes indican significación estadística Tukey ( $p < 0.05$ ). (+ 2 ET) ET= error típico de la media

### 3.3 Efecto sobre la germinación y la sobrevivencia de *G. sepium* en campo

El porcentaje de germinación y sobrevivencia de plántulas germinadas fue significativamente mayor en los tratamientos donde no se aplicó fertilizante ( $P = 0.001$ ;  $P = 0.025$ ) (Figura 6 y 7).



Figuras 6 y 7. Media del porcentaje de germinación y sobrevivencia de plántulas germinadas de **G. sepium**. La germinación se evaluó a los 8 días de la siembra y la sobrevivencia a los 15 días después de la siembra. Letras diferentes indican significación estadística ANOVA ( $P < 0.05$ ). (ET  $\pm$  2) ET= error típico de la media.

El porcentaje de sobrevivencia de trasplante con fertilizante no fue estadísticamente diferente al el de los de trasplantes sin fertilizante ( $p = 0.243$ ).

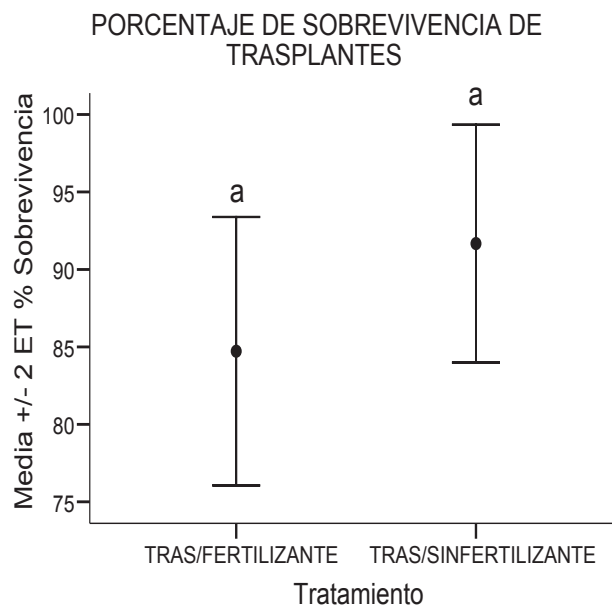




Figura 8. Media del porcentaje de sobrevivencia de trasplantes de *G. sepium*. La sobrevivencia de trasplantes de evaluó 15 días después de la siembra. ANOVA ( $P > 0.05$ ). (ET  $\pm 2$ ) ET= error típico de la media.

### 3.4 Efecto sobre la fenología al inicio de la época de secas (persistencia de hojas y producción de flores y frutos).

El porcentaje de plántulas con follaje persistente a los 252 días después de la siembra (finalizadas las lluvias de verano) en el tratamiento de trasplantes con fertilizante fue significativamente mayor que la de los tratamientos de siembra directa ( $p = 0.002$ ;  $p = 0.041$ ). El uso de fertilizante no tuvo un efecto significativo sobre esta variable (Figura 9).

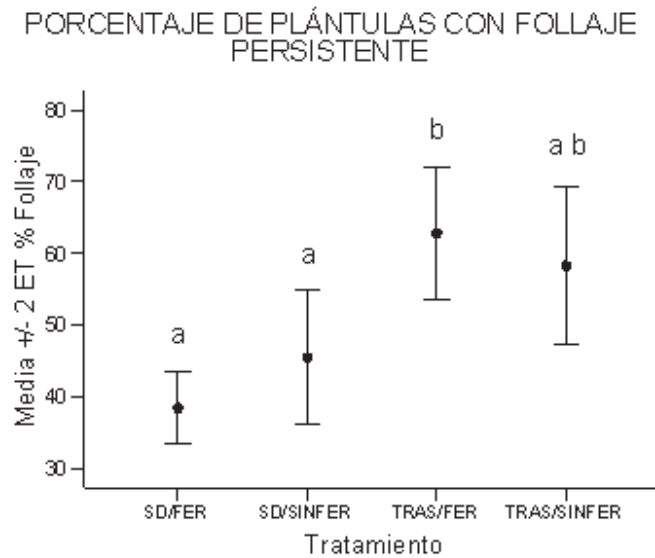
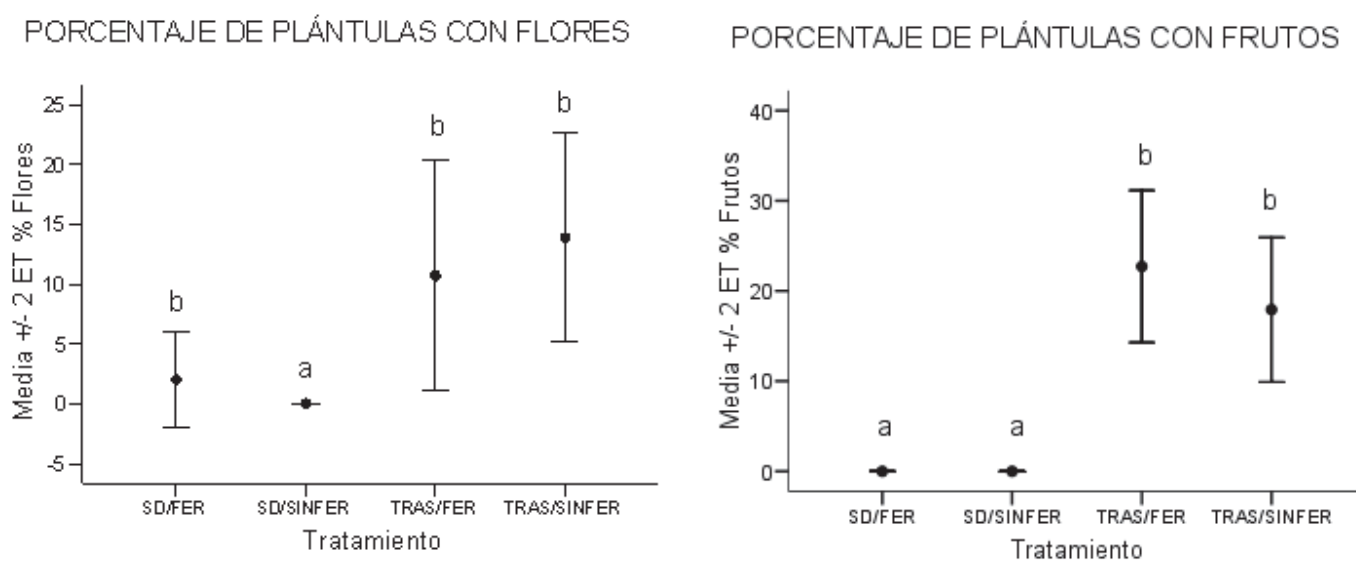


Figura 9. Media del porcentaje de plántulas con follaje persistente en *G. sepium*. Letras distintas indican significación estadística. Tukey ( $P < 0.05$ ). (ET  $\pm 2$ ) ET= error típico de la media.

A los 252 días después de la siembra (finalizadas las lluvias de verano) el porcentaje de plántulas con flores no fue significativamente distinto entre los tratamientos de siembra directa con fertilizante y trasplante con y sin fertilizante pero el de siembra directa sin fertilizante exhibió menor floración ( $p= 0.001$ ) (Figura 10). El porcentaje de plántulas con frutos en los tratamientos de trasplantes fue significativamente mayor que el de los tratamientos de siembra directa ( $p= 0.001$ ). El uso de fertilizante no tuvo efecto significativo sobre esta variable (Figura 11).



Figuras 10 y 11. Media del porcentaje de plántulas con flores y frutos de *G. sepium*. Letras distintas indican significación estadística. Tukey ( $P<0.05$ ). (ET  $\pm$ 2) ET= error típico de la media.

A los 252 días después de la siembra de trasplante (finalizadas las lluvias de verano) el número de ramas fue significativamente mayor en los tratamientos de trasplantes que en el de los tratamientos de siembra directa ( $p= 0.01$ ). El uso de fertilizante no tuvo efecto significativo sobre esta variable (Figura 12).

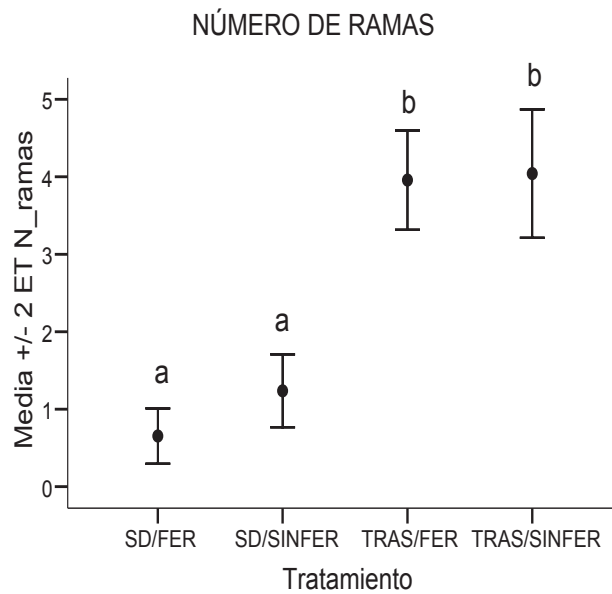


Figura 12. Media de número de ramas de *G. sepium*. Letras distintas indican significación estadística. TUKEY (P<0.05). (ET +/-2) ET= error típico de la media.

### 3.5 Efecto de abono e inoculación de *G. sepium* en vivo

El peso seco de hojas en el tratamiento de inoculación fue significativamente mayor que el del testigo ( $p= 0.005$ ). El resto de los tratamientos no fueron significativamente distintos (Tukey;  $p>0.05$ ) (Figura 13).

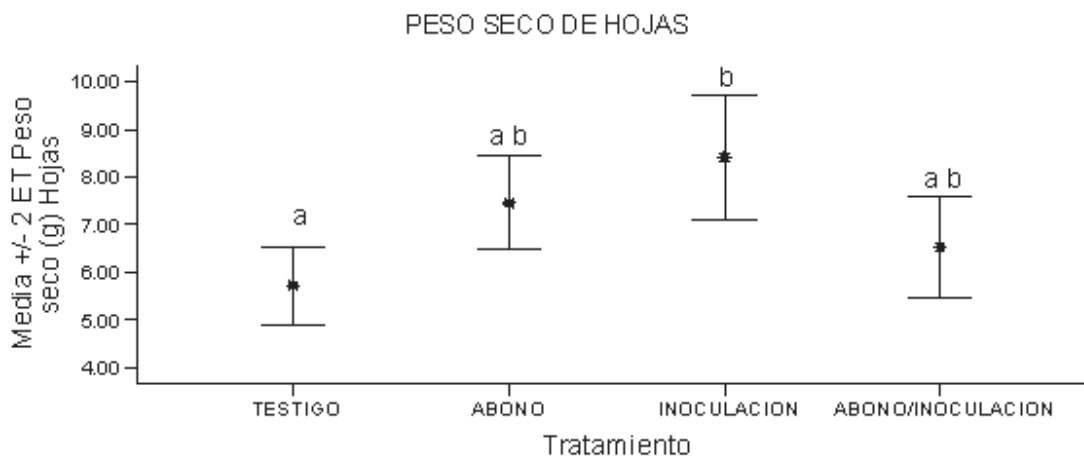


Figura 13. Media de peso seco de hojas de plántulas de *G. sepium* a los cuatro meses después de la siembra en vivero. Letras distintas indican significación estadística. TUKEY ( $P < 0.05$ ). (ET  $\pm 2$ ) ET= error típico de la media.

El peso seco de tallo en el tratamiento abono + inoculación fue significativamente mayor que en el del testigo ( $p = 0.026$ ). El efecto de los demás tratamientos no fue significativo (Tukey;  $p > 0.05$ ) (Figura 14).

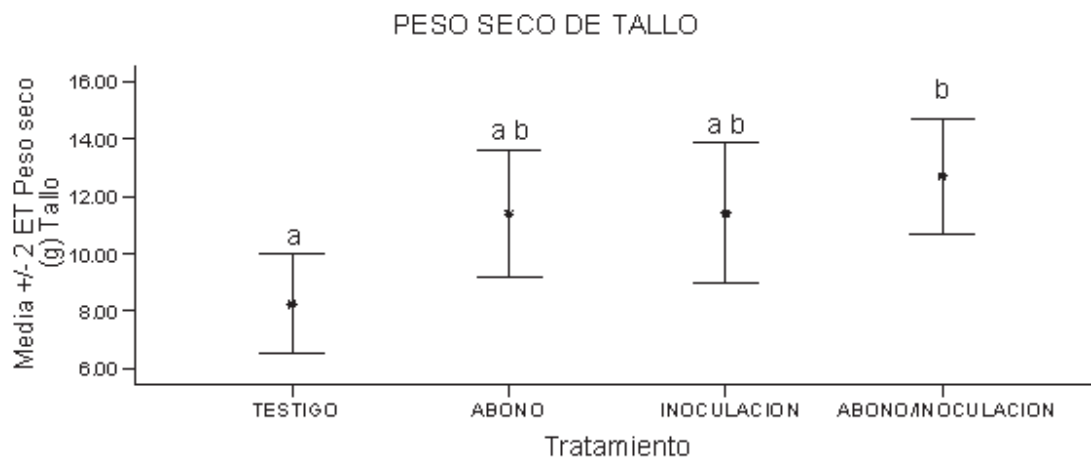


Figura 14. Media de peso seco de tallos de plántulas de *G. sepium* a los cuatro meses después de la siembra en vivero. Letras distintas indican significación estadística. TUKEY ( $P < 0.05$ ). (ET  $\pm 2$ ) ET= error típico de la media.

El peso seco de raíz primaria en el tratamiento de abono fue significativamente mayor que el de los tratamientos restantes incluyendo el testigo. ( $P = 0.001$ ) (Figura 15).

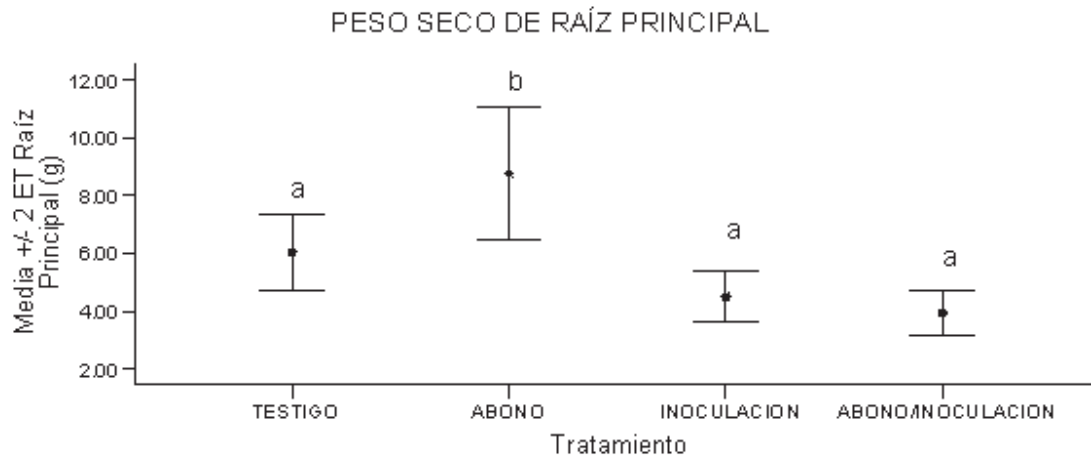


Figura 15. Media de peso seco de raíz principal en plántulas de *G. sepium* a los cuatro meses después de la siembra en vivero. Letras distintas indican significación estadística. TUKEY (P<0.05). (ET ± 2) ET= error típico de la media.

El peso seco de raíces secundarias no fue significativamente diferente entre los tratamientos (Tukey; p>0.05) (Figura 16).

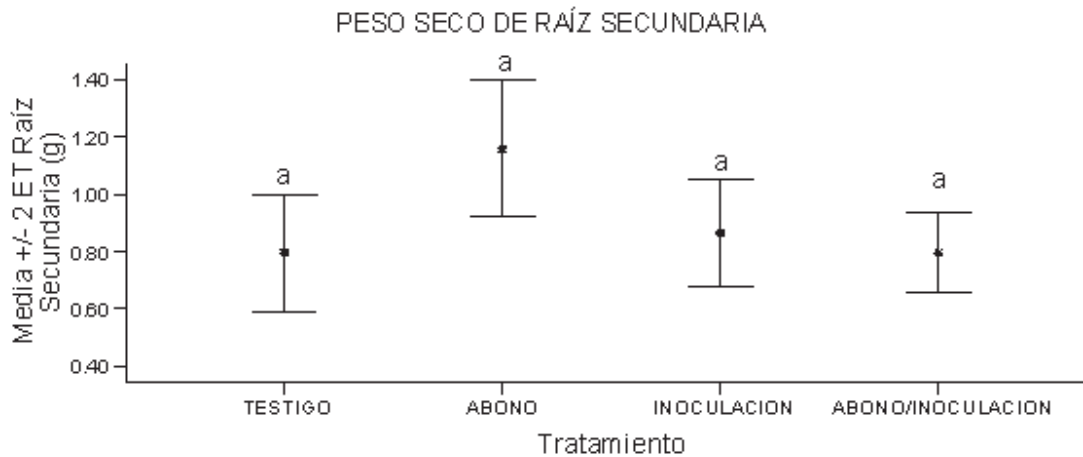
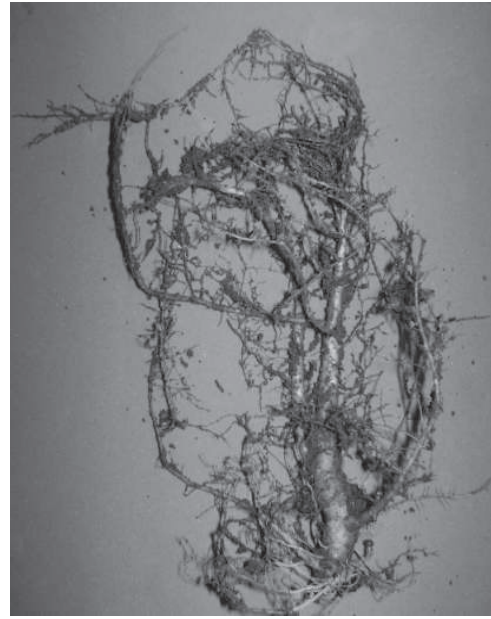
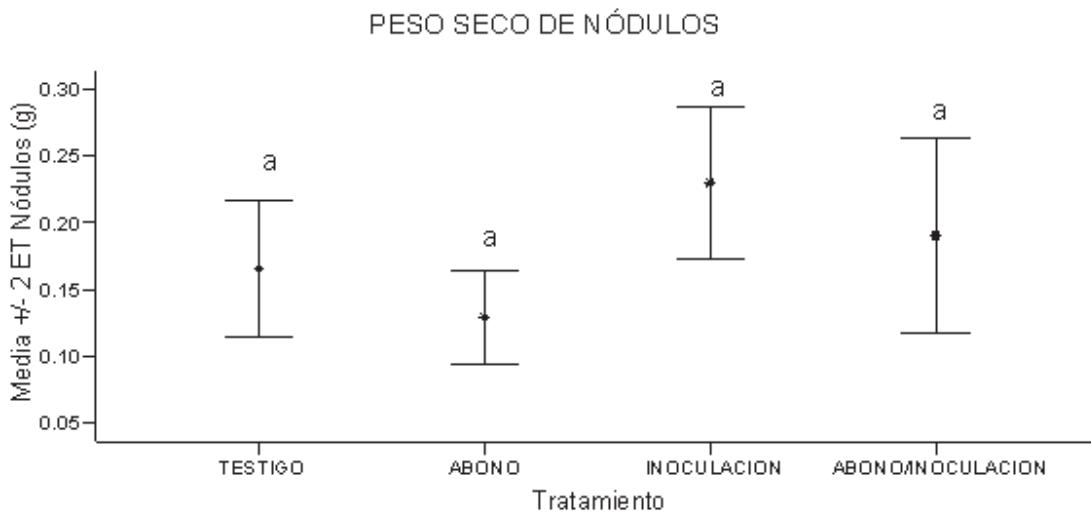


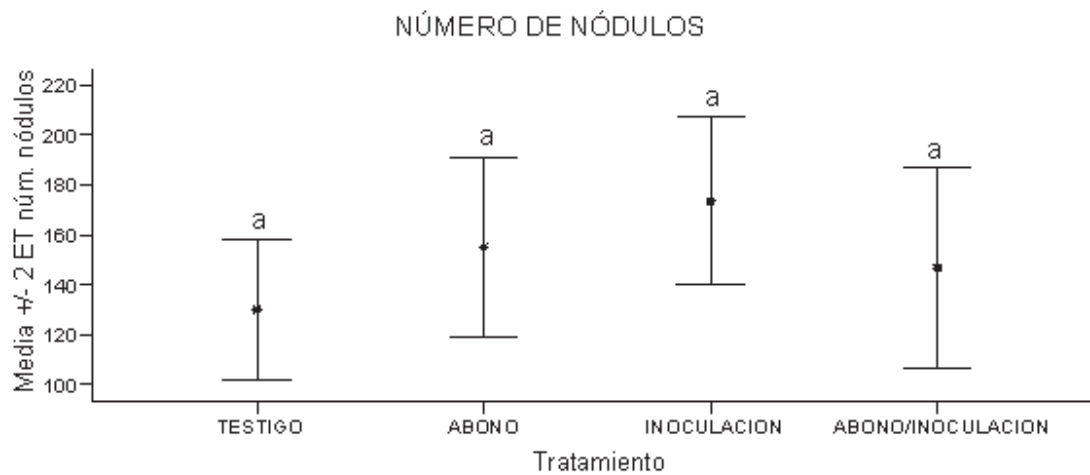
Figura 16. Media de peso seco de raíces secundarias en *G. sepium* a los cuatro meses después de la siembra en vivero. Letras distintas indican significación estadística. TUKEY (P<0.05). (ET ± 2) ET= error típico de la media.



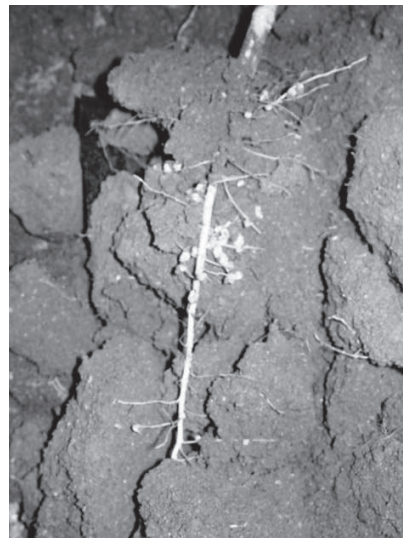
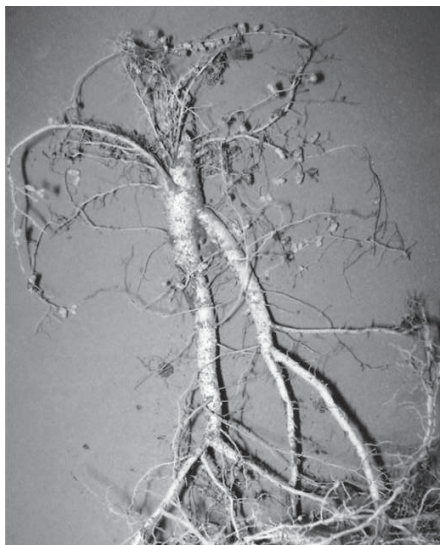
Imágenes 3 y 4. Raíces principales de *G. sepium* sometidas al tratamiento de Abono. Se puede observar la bifurcación de la raíz pivotante.

El peso seco y número de nódulos no fue significativamente distinto entre los tratamientos (Tukey;  $p > 0.05$ ) (Figuras 17 y 18).





Figuras 17 y 18. Medias de peso seco y número de nódulos en *G. sepium* a los cuatro meses después de la siembra en vivero. Letras distintas indica significación estadística. TUKEY ( $p > 0.05$ ). (ET  $\pm 2$ ) ET= error típico de la media.



Imágenes 5 y 6. Nódulos en raíces de plántulas de *G. sepium* inoculadas con *R. tropici*.

El diámetro basal en los tratamientos de abono y de inoculación fue significativamente mayor que el del testigo ( $P < 0.001$ ) (Figura 19).

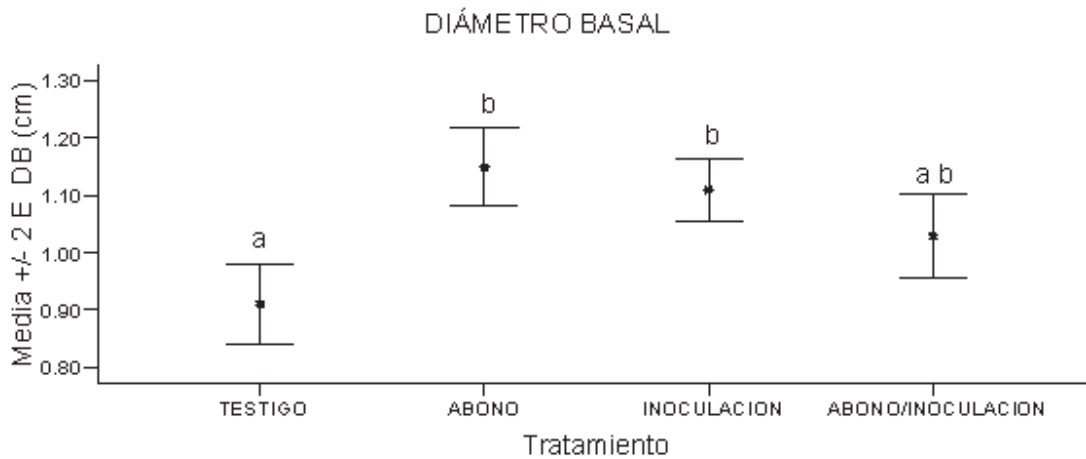


Figura 19. Media de diámetro basal de plántulas de *G. sepium* a los cuatro meses después de la siembra en vivero. Letras distintas indica significación estadística. TUKEY ( $P < 0.05$ ). (ET  $\pm 2$ ) ET= error típico de la media.

La altura en el cuarto mes después de la siembra en vivero en los tratamientos de inoculación, abono y abono más inoculación fue significativamente mayor que la del testigo ( $p < 0.001$ ) (Figura 20).

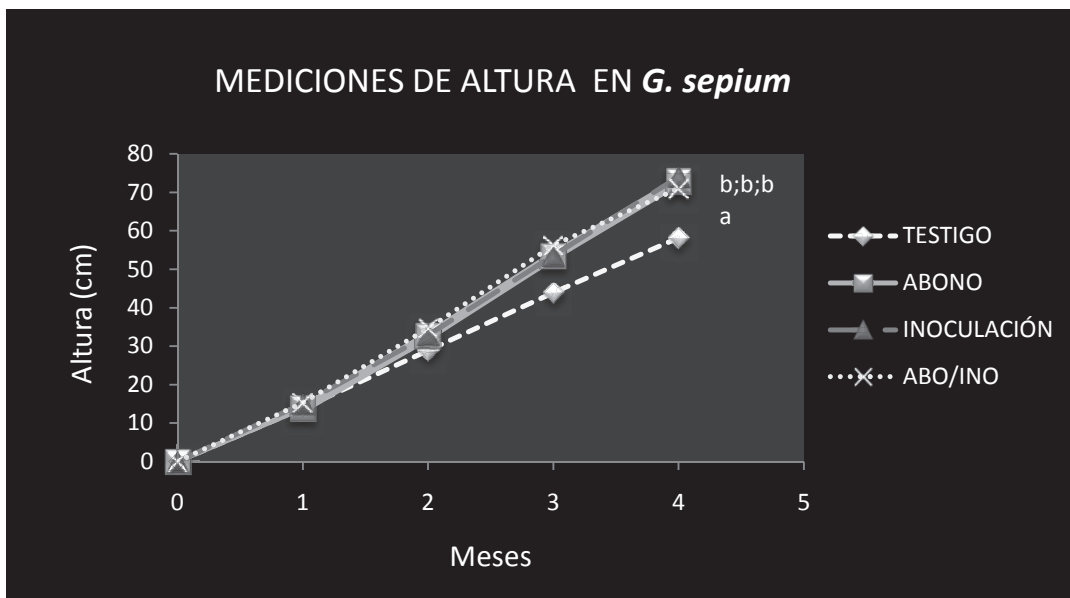


Figura 20. Altura de árboles de *G. sepium* al primer, segundo, tercer y cuarto mes después de la siembra en vivero. Letras distintas indican diferencias estadísticas. Tukey;  $P < 0.05$  para la última medición.



### **3.5.1 Determinación de % N vegetal en forraje de *G. sepium***

Las plántulas en el testigo tuvieron el menor porcentaje de N vegetal (3.5%). El mayor porcentaje de N vegetal (3.97%) se obtuvo en el forraje de las plántulas inoculadas. Las plántulas en el tratamiento de abono más inoculación presentaron 3.85 % de N vegetal y en el tratamiento de abono 3.77 %. La diferencia en el porcentaje de N vegetal entre plántulas del testigo e inoculación es biológicamente alta.

## 4.- DISCUSIÓN

### 4.1 Crecimiento en altura y diámetro basal de *G. sepium* a edades comparables.

*G. sepium* creció y se desarrolló de manera aceptable en los suelos de la región. CATIE, 1986; Queme, 1987; CATIE, 1991 (tomado de Baeza, *et al.* 1997), menciona que *G. sepium* se adapta a gran variedad de suelos, desde arenas puras, regosoles pedregosas no estratificadas, hasta vertisoles negros profundos.

A edades equiparables, el trasplante produjo plantas más altas pero con menor diámetro basal que la siembra directa. La producción de plántulas en vivero permitió obtener árboles con tallos rectos y mayor número de ramas. Las plantas de la semilla desarrollaron tallos más gruesos y menor cantidad de ramas. Las raíces de las plántulas trasplantadas; estuvieron limitadas durante dos meses por la bolsa de polietileno. Esto limitó la expansión del sistema radicular y pudo haber tenido algún efecto posterior sobre el desarrollo del tallo. No se encontró en la literatura una explicación satisfactoria a este fenómeno. Es necesario investigar más a fondo este cambio pues el patrón de producción de tallos, ramas y hojas es importante para definir la cantidad y calidad del forraje.

El uso de fertilizante químico redujo el crecimiento en altura y diámetro basal de las plantas. Es conveniente evaluar diferentes dosis de fertilizantes en próximas plantaciones. Carreón y Palma (2003) evaluaron tres tratamientos de fertilización; 18-46-0, 36-92-50 NPK (kg/ha) y testigo (sin fertilizante) en el establecimiento de *G. sepium*. Consideraron la altura (cm), el diámetro basal (cm) y materia seca de las plántulas (kg/ha). Estas variables en el tratamiento de 36-92-50 NPK (kg/ha) fueron significativamente mayor que en los dos restantes. Esto contrasta con nuestros resultados. Es necesario seguir evaluando el efecto del fertilizante y por el momento consideramos que en los suelos del área de estudio puede no ser recomendable aplicar fertilizante sintético a temprana edad en siembra directa.

La producción de plántulas en vivero incrementa los costos en materiales y mano de obra, pero asegura un alto porcentaje de sobrevivencia de plántulas en campo. En nuestro estudio, la sobrevivencia de plántulas sin fertilizante sintético fue muy alta y similar en trasplante y siembra directa. El efecto desfavorable del fertilizante fue mayor en siembra directa.

La siembra por semilla; reduce costos y tiempo de trabajo. La germinación y sobrevivencia de éstas depende altamente de las condiciones climáticas. Ambas formas de siembra resultan una buena opción para el establecimiento de

plantaciones de **G. sepium**. La decisión debe ser tomada por el productor según las condiciones específicas en las que la esté produciendo. En Septiembre de 2010, se llevó a cabo el curso-taller denominado “Problemática local en la siembra de árboles forrajeros y cómo hacer crecer mejor los arbolitos”. Participaron promotores de las localidades que conforman “El grupo de pequeños ganaderos productores de árboles forrajeros del río el Tablón”. Los participantes llegaron a concluir que de acuerdo a sus intereses y necesidades elegirían la forma de siembra de los árboles. En el caso de usarlos para cerco vivo optarían por siembra directa. La producción de árboles en vivero sería para sembrar al interior de los potreros (Trujillo, 2010).

#### **4.2 Efecto sobre la germinación y la sobrevivencia en campo de G. sepium.**

La aplicación de fertilizante inmediatamente después de la siembra redujo la germinación y sobrevivencia de las plantas bajo siembra directa. Algunos autores han evaluado las condiciones para que germine **G. Sepium** (p.ej. Webb, *et al.*, 1980; González, *et al.*, 2009. Ninguno ha evaluado el posible efecto negativo de los fertilizantes sintéticos sobre la germinación y sobrevivencia. Esto amerita más estudios.

La siembra por semilla en campo es inusual en el establecimiento de arboles forrajeros. Actualmente, predominan la producción de plántulas de **G. sepium** en vivero y la siembra por estaca. En este estudio se demostró que el uso de semilla en campo es una forma viable para establecer plantaciones de esta especie. Evita el esfuerzo de establecer un vivero a costa de tener plantas cuyo crecimiento y ramificación inicial son más lentos.

Los altos porcentajes de germinación de **G. sepium** alientan a usar esta forma de siembra. Godínez-Álvarez (1999) evaluó la germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero. Concluyó que **G. sepium** es una especie arbórea con porcentajes altos de germinación. No presenta problemas con respecto a la abundancia en el campo, la colecta y la facilidad de obtención de las semillas.

#### **4.3 Efecto sobre la fenología al inicio de la época de secas (persistencia de hojas y producción de flores y frutos.**

El uso de fertilizante no incrementó la producción de follaje y frutos en ambas formas de siembra, pero sí la de flores en plántulas por semilla. Las plántulas trasplantadas presentaron mayor producción de follaje y frutos. Los árboles eran 70 días mayores que los sembrados por semilla. Sardiñas (2009) menciona que la aparición de flores y frutos en las especies de este género puede ocurrir de forma diferente, aún en las mismas condiciones de clima y suelos. El uso de fertilizante químico no tuvo efecto en la fenología de ***G. sepium***.

#### **4.4 Efecto de abono e inoculación en vivero para trasplante de *G. sepium***

La inoculación de ***G. sepium*** en vivero para trasplante incrementó el peso seco de las hojas. El uso de abono + inoculación e inoculación incrementó el peso del tallo. El uso de abono, inoculación o combinación de estos, incrementó el crecimiento en altura y diámetro basal de las plántulas de las plántulas.

A pesar de que la inoculación con ***Rhizobium tropici*** no es tan necesaria como en otras leguminosas (Acosta-Duran, *et. al.*, 2004). ***G. sepium*** se vio favorecida al ser inoculada con esta especie. Martínez-Romero, *et. al.*, (1991) mencionan que ***R. tropici*** se caracteriza por ser resistente a temperaturas altas, acidez y metales pesados; ventaja para su uso como inoculante en los trópicos.

Acosta-Duran, *et. al.*, en 2004 evaluaron la inoculación en campo de ***G. sepium*** con ***Rhizobium sp.*** Reportaron una tendencia en los tratamientos inoculados a superar en altura y número de hojas a las plántulas no inoculadas. La inoculación directa en campo disminuye la capacidad competitiva del ***Rhizobium***, por lo que sugiere llevar a cabo la inoculación en almácigo. Jen-Hshuan (2006) indica que la aplicación de elevadas dosis de fertilizante nitrogenado reduce la colonización de micorrizas e inhibe la simbiosis planta-***Rhizobium***.

No hubo diferencias en el número y peso de nódulos en los tratamientos, pero las plántulas con abono + inóculo e inoculadas tuvieron mayor porcentaje de nitrógeno vegetal. Sessitsch, *et. al.*, (2002) sugiere el uso de cepas de ***Rhizobium*** para fijar nitrógeno en zonas donde las cepas nativas están ausentes o no son eficaces.

La aplicación de abono orgánico favoreció el desarrollo radicular y el crecimiento en altura en **G. sepium**. Las plántulas con abono orgánico presentaron bifurcación de la raíz pivotante (Imagen 3 y4). Esto pudo ser causado por microorganismos patógenos pero es poco probable pues las plántulas tuvieron un aspecto saludable. La causa probable fue el alto contenido de ácidos húmicos en el sustrato. Theunissen, *et. al.*, (2010) mencionan que la vermicomposta posee un alto contenido de ácidos húmicos. Los cuales estimulan la respiración, la formación y crecimiento del sistema radicular. Esto pudo haber estimulado el desarrollo de dos o más raíces principales en la plántula.

La inoculación en vivero es una buena alternativa para obtener plántulas de **G. sepium** en buen estado. Esta práctica, junto con la aplicación de abono orgánico puede sustituir el uso de fertilizantes químicos en la etapa de almácigo. Theunissen, *et. al.*, (2010) propone utilizar inoculantes microbianos para aumentar la productividad de los cultivos y disminuir la dosis de fertilizante químicos. Acosta-Duran, *et. al.* (2004) menciona que conocer las relaciones simbióticas entre **G. sepium** y **Rhizobium sp** permite desarrollar sistemas de producción de forrajes sin el uso de fertilizantes químicos. La implementación de estas dos prácticas en vivero podría incrementar la sobrevivencia en campo y sustituir por completo el uso de fertilizantes químicos.

## 5. CONCLUSIÓN

### Establecimiento

- A pesar de que el establecimiento de ***G. sepium*** por semilla es lenta, representa una alternativa viable para el productor. Permite omitir el establecimiento del almácigo y los costos que conlleva su mantenimiento.
- El establecimiento de ***G. sepium*** mediante trasplantes permite obtener árboles con mayor número de ramas y asegura la sobrevivencia de las plántulas en campo.
- La dosis de fertilizante químico no fue favorable en el establecimiento de la plantación de ***G. sepium***. Es conveniente evaluar distintas dosis de fertilizante sintético en futuras plantaciones.
- La forma de siembra de ***G. sepium*** dependerá del objetivo que el productor quiera alcanzar.

### Almácigo

- En almácigo, usar abono orgánico o inocular con ***Rhizobium tropici*** no incrementa la producción de nódulos, sin embargo, aumenta considerablemente el % de nitrógeno vegetal.
- Implementar el uso de abonos orgánicos e inoculación en la fase de vivero, permite la obtención de plántulas con mayor altura y sistemas radiculares eficientes.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Durán, Carlos Manuel, Luz María Nava Gómez, Víctor López-Martínez e Iran Alia Tejacal. 2004. Caracterización de rhizobia asociada a ***Glyricidia sepium*** un hospedero natural de ***Rhizobium tropici***. Investigación Agropecuaria. Vol. 2. Pp. 1-7.
- Baeza, L. y L. A. Ugalde. 1997. Resultados de diez años de investigación silvicultural del Proyecto Madeleña en Guatemala. Dirección General de Bosques y Vida Silvestre. Pp. 300.
- Carreón, J. y J.M. Palma. 2003. La fertilización y la densidad de población en el establecimiento de ***Glyricidia sepium*** por semilla. ITA-CIGA. CUIDA-Universidad de Colima.
- CONANP, 2006. Plan de Desarrollo Comunitario del Ejido Los Ángeles. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Efecto de la inoculación con cepas nativas de ***Rhizobium*** en la respuesta productiva de ***Glyricidia sepium*** en condiciones de campo. Investigación Agropecuaria. Vol. 2. Pp. 59-64.
- García-Barrios L., Galván-Miyoshi Y., Valdivieso-Pérez A., Masera O., Bocco G., Vandermmmer J. 2009. Neotropical forest conservation, agricultural intensification and rural out-migration: the mexican experience. Bioscience. 59(10): 863-873.
- Godínez-Álvarez, H., A. Flores-Martínez. 1999. Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para la restauración ecológica. Polibotánica. 11:1-19.
- González, Y., J. A. Sánchez, J. Reino y Laura A. Montejo. 2009. Efecto de los tratamientos de hidratación-deshidratación en la germinación, la emergencia y el vigor de las plántulas de ***Albizia lebbeck*** y ***Glyricidia sepium***. Pastos y Forrajes, 32,3:1-9.

Jen-Hshuan Chen. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. Department of soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University, Taiwan, R.O.C.

Llenderal, O.T. 2006. Sistemas silvopastoriles. Ficha T-12-01. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación. Pp 2-3.

Melchor-Marroquín, J, I., J. Vargas-Hernandez, R. Ferrera-Cerrato y L.

Krishnamurthy. 1999. Screening Rhizobium spp. strains associated with *Glyricidia sepium* along an altitudinal transect in Veracruz, México. Agroforestry Systems **46**: 25-38.

Murgueitio, E., Muhammad, I. 2004. Ganadería y medio ambiente en América latina. XII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal, Agroforestería. CATIE. Costa Rica.

Nahed T. J., y Aguilar, J. R. 2008. Dinámica del manejo y estimación de la capacidad sustentadora ganadera de las unidades de pastoreo en la Cuenca del Río El Tablón, Villaflores, Chiapas. Informe CONANP. Pp. 11-12, 26-30.

Programa Sectorial y Agropecuario. 2001-2006. Secretaria de Planeación COPLADE. Subcomité Sectorial Agropecuario y Forestal. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Pérez, M., Sotelo, M., Ramírez, F., Ramírez, I., López, A., y Siria, I. 2006. Conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles de Matiguás y Rio Blanco (Matagalpa, Nicaragua). Ecosistema. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. 15 (3): 125-141.



- Ruiz, M., 2007. Los sistemas silvopastoriles: un enfoque necesario de investigación y vinculación de la UACH en el trópico húmedo. Ponencia en el Encuentro de Investigación y Vinculación. SCRUI. Chapingo, México.
- Russo, O. R. y R. Botero. 1998. El componente arbóreo como recurso forrajero en los sistemas silvopastoriles. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda – EARTH. Costa Rica.
- Sanfiozeno-Barnhard, C., L. García-Barrios, N. Ramírez-Marcial, R. Trujillo-Vázquez y E. Meléndez-Ackerman. 2007. The future of trees in La Sepultura Biosphere Reserve buffer zone, Chiapas, México: Woody cover and sapling recruitment in a silvo-pastoral landscape. Ecological Restoration. PS 56-1.
- Sardiñas Alfonso, J. A. 2009. Factores que influyen en la producción de semillas de *Glyricidia sepium* en el centro de Cuba. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Pastos y Forrajes. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Estación experimental de pastos y forrajes. “Indio Hatuey”.
- Sessitsch, A., J. G. Howieson, X. Perret, H. Antoun, and E. Martínez-Romero. 2002. Critical Reviews in Plant Sciences. 21(4): 323-378.
- Theunissen, J., P. A. Ndakidemi\* and C. P. Laubscher. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. International Journal of the Physical Sciences Vol. 5 (13): 1964-1973.
- Trujillo Vázquez, R. J. 2009. Viabilidad Ecológica y Social del establecimiento de módulos silvopastoriles en el Ejido Los Ángeles, Zona de Amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera La Sepultura, Chiapas, México. Tesis para obtener el título de: Master en Agroecología. Universidad Internacional de Andalucía.

Trujillo Vázquez, R. J. y C. Morales Díaz. 2010. Establecimiento de Bancos de Proteínas de *Glyricidia sepium* en la REBISE: Efectos de Fertilización y de Siembra (Plántula vs. Semilla). Informa Técnico.

Valdivieso, P. I. A. 2008. Cambio del uso del suelo en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera La Sepultura (1975-2005): crisis del maíz, ganaderización y recuperación arbórea marginal. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tesis de Licenciatura. Puebla, México. 50p.