



# **El Colegio de la Frontera Sur**

## **Interacción entre herbáceas y *Gliricidia sepium* bajo diferentes tipos de fertilización y prácticas de manejo**

TESIS

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

Por

**Eric Vides Borrell**

evides@ecosur.mx

**2011**

**Tabla de contenido**

RESUMEN .....7  
I. INTRODUCCION .....8  
II. ANTECEDENTES .....13

2.1 Estudios previos en el ejido “Los Ángeles”.....	13
2.2 Interacción entre plántulas de árbol y herbáceas.....	14
2.2.1 Competencia entre herbáceas y plántulas de árboles.....	15
2.3 Fertilización.....	16
2.3.1 Fertilización con vermicomposta.....	18
2.3.2 Biofertilizante foliar.....	19
2.3.3 Fertilización sintética.....	20
III. OBJETIVO.....	20
IV. HIPOTESIS.....	21
5.1 Área de estudio.....	22
5.2 Diseño de las parcelas experimentales.....	23
5.3 Características del suelo de la parcela.....	25
5.4 Preparación de la parcela.....	25
5.5 Preparación de los abonos orgánicos.....	27
5.5.1 Vermicomposta.....	27
5.5.2. Preparación del abono foliar (súper magro).....	28
5.5.3 Aplicación del abono foliar (súper magro).....	30
5.6 Siembra, clareo y evaluación de nódulos.....	30
5.7 Fertilización química.....	31
VI. METODOS DE MUESTREO Y EVALUACIÓN.....	34
6.1 Supervivencia.....	34
6.2 Materia seca aérea.....	34
6.3 Altura y diámetro basal.....	35
6.4 Proteína cruda.....	35
6.5 Nodulación.....	36
6.6 Materia seca de herbáceas.....	36
VII. ANALISIS ESTADISTICOS.....	37
7.1 Supervivencia.....	37
7.2 Materia seca a aérea (MSA).....	38
7.3 Materia seca total (MST).....	38
7.4 Diámetro basal y altura.....	39
7.5 Trayectoria del crecimiento en altura y diámetro en plantas vivas.....	40
7.6 Contenido de proteína cruda.....	40

7.7 Materia seca de herbáceas.....	40
VIII. RESULTADOS.....	41
8.1 Supervivencia .....	41
8.1.1 Tratamientos de fertilización sin deshierbe 121 días después de la siembra .....	41
8.1.2 Tratamientos con deshierbe .....	41
8.2 Materia seca aérea (MSA) .....	43
8.2.1 Tratamientos de fertilización con deshierbe.....	44
8.2.2 Tratamientos de fertilización sin deshierbe .....	44
8.3 Materia seca total (MST).....	45
8.4 Altura .....	45
8.5 Diámetro .....	47
8.6 Contenidos de proteína cruda .....	49
8.7 Nodulación.....	49
8.8 Herbáceas .....	50
IX. DISCUSIÓN .....	52
9.1 Supervivencia .....	52
9.2 Materia seca aérea .....	54
9.3 Trayectoria de alturas .....	55
9.4 Trayectoria de diámetros .....	56
9.5 Contenidos de proteína cruda.....	57
9.6 Nodulación.....	57
X. CONCLUSIONES .....	58
XI. LITERATURA CITADA.....	59

Dedico esta tesis a mi compañera de la vida Ursula Lascurain Holguin por su amor y amistad. Por haberme acompañado en este proceso siempre con valiosas y cariñosas enseñanzas.

A mi madre Camila Borrell por ser tan amorosa y por haberme brindado educación durante estos lindos años compartidos.

A mi padre Miguel A. Vides por su incondicional apoyo en todo momento, sus valiosos consejos y su amor.

A mi hermano, Diego Vides Borrell por ser el mejor compañero de vida, por sus enseñanzas, sus sonrisas y su amor.

## **Agradecimientos**

A los pobladores del ejido Los Ángeles por su alegría y por haberme permitido la convivencia durante mi estancia en la comunidad.

A Don Úliver Gutiérrez por su desinteresada participación en el proyecto y préstamo de la parcela donde realizamos el experimento. Al colacho por la compañía durante el trabajo de campo.

Al comisariado ejidal, Sr. Adonai Vásquez por haber facilitado el espacio de la casa ejidal donde se prepararon los abonos orgánicos.

A los hermanos Enedit y Madai Camacho, a Don Amilcar, a su hijo José, por su invaluable colaboración en el trabajo de campo.

A Doña Chonita, Don Rene Muñoa y a toda su familia por compartir su casa, su tiempo, las pláticas y sus alimentos. A Hernán Muñoa por su amistad.

A mi tutor: Dr. Luis E. García Barrios por el apoyo brindado durante esta investigación, por las pláticas académicas y no académicas que tuvimos durante este proceso.

A mis asesores: Dr. David Álvarez, Dr. Ronald Nigh y Dra. Marta Astier, por su apoyo y por compartirme su conocimiento para mejorar esta investigación.

Al Dr. Hugo Perales por su amistad, las pláticas y por haberme asesorado siempre que acudí a él.

Al M. en C. David Douterlungne por su amistad y asesoría académica.

A los M. en C. Francisco Román Dañobeytia y Noé Samuel León Martínez, por sus valiosas contribuciones a este trabajo.

A mis excelentes compañeros de generación por los divertidos y valiosos comentarios dentro y fuera del aula. Especialmente a Ingrid Abril Valdivieso, mi gran compañera de trabajo, a Benjamín Bathfield, Yliana Delfín, Fernando Hernández, Katia Henríquez,

Rony Roma, Rogelia Cruz, Sadao Pérez, Rudier López, Citlali Maldonado, Gabriela Buda y Cesar Varela.

A Roger Maldonado por su amistad y hospitalidad y Mariela Fonkats.

Al coordinador del posgrado, Dr. Luis Bernardo Vázquez por su apoyo y consejos.

Al M. en C. Romeo Trujillo por su convivencia y apoyo en la logística de la investigación.

A Mercedes Guadarrama, Hermilo Cruz, Nancy Zamora y Mario Zúñiga por su excelente humor dentro y fuera de la biblioteca.

Al Q.F.B Miguel Ángel López, Juan Jesús Morales, y Guadalupe Ramírez por su apoyo y excelente trabajo dentro de los laboratorios.

A María Eugenia Nájera, por su valiosa colaboración en la administración de los recursos utilizados en esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Al proyecto UC-MEXUS por el apoyo financiero brindado para la investigación.

A la CONANP por habernos permitido el uso de las instalaciones en diversas ocasiones.

Al proyecto de FORDECyT por el apoyo económico brindado a la investigación.

## **RESUMEN**

En el ejido de Los Ángeles y en muchas áreas tropicales, la ganadería es una actividad de suma importancia económica para los pobladores en el medio rural. Sin embargo, las actividades pecuarias han provocado un fuerte deterioro ambiental en la microcuenca del Río El Tablón. Los sistemas silvopastoriles pueden ser una opción

para conciliar la ganadería y la conservación del suelo, agua y la biodiversidad. Desde 2007 investigadores y estudiantes de ECOSUR han realizado investigaciones sobre establecimiento de árboles forrajeros con diferentes prácticas como la siembra directa, producción de plántulas en almacigo, deshierbe y fertilización. Un problema constante para el establecimiento, ha sido la interferencia por diferentes recursos como luz, agua y nutrientes, causada por las herbáceas a las plántulas, lo cual afecta la sobrevivencia y el crecimiento inicial cuando no se realizan las limpiezas oportunas. En esta investigación se analizó el efecto de fertilizar orgánica y químicamente los árboles en la disminución de la competencia que ejercen las plantas herbáceas sobre *Gliricidia sepium* en la etapa temprana del establecimiento. Se evaluó la materia seca, la altura y el diámetro basal de las plantas de *G. sepium* con y sin deshierbe, y bajo 3 diferentes formas de fertilización orgánica y una sintética. Los resultados indican que la siembra directa es una estrategia viable para el establecimiento de *G. sepium* en potreros degradados siempre y cuando se deshierben. Deshierbar es más importante que aplicar fertilizantes químicos u orgánicos. La vermicomposta aplicada al momento de la siembra mejora la sobrevivencia y crecimiento de las plántulas cuando estas compiten con arvenses, en comparación con el fertilizante sintético y el control.

**Palabras clave:** Sistemas silvopastoriles, *competencia de herbáceas, fertilización orgánica, establecimiento de árboles forrajeros.*

## I. INTRODUCCION

El área de estudio de esta investigación fue el ejido “Los Ángeles”, el cual se ubica en la parte alta de la microcuenca del río El Tablón. La microcuenca incluye la zona núcleo más extensa de la reserva de la biosfera “La Sepultura” (REBISE), así como una porción significativa de zona de amortiguamiento. (Valdivieso, 2008).

El territorio del ejido de Los Ángeles sufrió una fuerte deforestación a mediados del siglo XX cuando inicio su colonización. Grandes áreas de bosque fueron desmontadas 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 y García-Barrios 2010 cap. libro).

El impacto de la ganadería comienza 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, rebasó a las actividades agropecuarias (García-Barrios *et al.* 2009). Estos eventos en el ejido de Los Ángeles crearon un paisaje diverso y complejo, dominado por sistemas extensivos de producción ganadera y campos agrícolas (Sanfiorenzo-Barnhard, *et al.*, 2007).

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 (a) la disminución de la cantidad y calidad de agua que nace de las faldas del cerro Tres Picos, (b) la disminución de la recarga de los sistemas acuíferos durante el estiaje (c) deslaves y erosión de los suelos y (d) el abatimiento de la fertilidad (CONANP, 2006).

Los análisis de laboratorio muestran claramente la degradación de las cualidades del suelo de pastizal (pH bajo, bajos niveles de materia orgánica, de nitrógeno y alta compactación) Valdivieso 2011 tesis. Maestría.

En la comunidad de Los Ángeles la carga animal es muy variable. Hay áreas subpastoreadas y sobrepastoreadas. En estas últimas, el sustento es claramente insuficiente 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 (Nahed y Aguilar 2008). La gran mayoría de los productores (96%) tienen potreros con pastizales abiertos (Sanfiozeno, 2009).

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 la mayoría de las gramíneas tropicales. La falta de arbustos o árboles forrajeros en esta zona dificulta darle una dieta balanceada al ganado.

La falta de cobertura arbórea suficiente de los suelos de una parte importante de los predios agrícolas y ganaderos está contribuyendo a la erosión, a los deslaves y al azolve del cauce del río El Tablón (García-Barrios et al 2006).

Solucionar los problemas ambientales y productivos de la ganadería requiere de desarrollar de manera participativa una serie de prácticas ganaderas ecológicamente sostenibles y económicamente atractivas para el productor, con el fin de rehabilitar las extensas áreas de pasturas degradadas en la comunidad. (Morales, 2008., Cruz-Morales et al. 2011). Consecuentemente, la transformación del actual mosaico de pasturas en sistemas agro-silvo-pastoriles podría crear un hábitat más adecuado para

la biodiversidad en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera “La Sepultura” e incrementar el flujo hidrológico del río (DeFries et al 2007; Jackson et al 2007 en Sanfiorenzo Barnhard 2009).

Esta investigación de tesis aporta conocimientos útiles para el proyecto de mayor escala del cual forma parte, 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”” que estamos llevando a cabo investigadores y estudiantes asociados a El Colegio de La Frontera Sur (García-Barrios et al. 2007 ECOSUR). El objetivo del mencionado proyecto es generar en forma participativa los conocimientos científicos y las tecnologías adecuadas que se requieren para mantener y desarrollar el uso de especies arbóreas nativas en la ganadería que se realiza en las laderas de la cuenca de la zona de amortiguamiento de la reserva de la Biosfera “La Sepultura” (Proyecto de CONACyT 2007).

Dicho proyecto incluye el estudio de diferentes factores que afectan el establecimiento de los árboles forrajeros en pastizales degradados.

Los sistemas agroforestales son sistemas donde deliberadamente se combinan espacial o temporalmente elementos arbóreos con cultivos agrícolas o animales (Nair, 1993). Dentro de los sistemas agroforestales se enmarcan los sistemas silvopastoriles. Estos se caracterizan por ser de difícil manejo debido a su naturaleza, que incluye varios componentes. La dificultad en el manejo, aunado al largo periodo de trabajo (3-6 años) antes de que los beneficios sean tangibles, limita la posibilidad de la adopción de estos sistemas (Franzel and Scherr, 2002).

El deshierbe en estadios tempranos del establecimiento es sumamente importante para la sobrevivencia y crecimiento de plántulas arbóreas en pastizales (Bendfelt et al, 2001., Holl y Loick, 2000). Las ventajas competitivas de los pastos aunadas a la carencia de nutrientes en suelos degradados, frecuentemente inhibe el crecimiento inicial de las plántulas arbóreas (Kuusipalo *et al.*, 1995; Parrotta, 1992). En el área de estudio, el deshierbe es vista como una práctica onerosa que pocos productores realizaron en sus primeros experimentos de siembra de árboles forrajeros. En la mayoría de los casos, las gramíneas y hierbas suprimieron a las plántulas de árboles

La aplicación de fertilizantes puede ser más atractiva para los productores que la aplicación de deshierbes. Sunding y Zilberman (1999) categorizan a las innovaciones agrícolas de acuerdo al impacto que estas producen. Identifican que el incremento en la productividad, la reducción de gasto económico y las prácticas benéficas para la salud y el medio ambiente son características importantes en la adopción de innovaciones. La fertilización orgánica puede tener dichos impactos por lo que se consideró una práctica con potencial para ser adoptada.

La siembra directa requiere menos trabajo que el trasplante, pero esta aumenta el riesgo de que la plantación se pierda cuando el deshierbe no se hace o se retrasa.

En esta investigación de tesis evaluamos si al aplicar abonos a las plántulas de *G. sepium* al momento sembrarlas en el potrero abierto, les confiere una ventaja competitiva sobre las herbáceas que le permite a las primeras establecerse exitosamente. Si este fuera el caso, aplicar fertilizantes podría reducir el arduo trabajo de deshierbes frecuentes en la etapa temprana de establecimiento de los árboles.

También se comparó el desempeño de las plántulas al usar fertilizantes sintéticos y biofertilizantes de producción local, con el fin de determinar si los abonos orgánicos tienen mejores o los mismos resultados que los fertilizantes sintéticos.

La información generada en esta investigación puede contribuir a mejorar las prácticas de establecimiento de árboles forrajeros en pastizales en zonas tropicales subhúmedas.

## **II. ANTECEDENTES**

### **2.1 Estudios previos en el ejido “Los Ángeles”**

En 2007, al inicio del proyecto, 43 productores locales establecieron parcelas experimentales (25x25 m) en las que se sembraron 4 especies de árboles forrajeros (*Guazuma ulmifolia*, *Erythrina poeppigiana*, *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*) en potreros con diferentes condiciones ambientales. *G. sepium* se estableció y creció significativamente mejor que las otras especies durante los primeros 16 meses del estudio, y al parecer es la especie más promisorio entre las estudiadas hasta ahora. *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) (Trujillo, 2009).

La erosión de los suelos en las laderas y en las terrazas aluviales de pendiente ligera ha reducido la fertilidad de los suelos y dificultado en muchos casos el establecimiento de los árboles (Trujillo 2009). Hasta el momento, los experimentos en campo han subsanado esta carencia con dosis moderadas de fertilizantes sintéticos.

Con base a los resultados obtenidos por Romeo Trujillo, Carolina Morales realizó en 2009 experimentos con el fin de definir si la siembra directa puede ser tan efectiva

como la más laboriosa práctica de trasplante, y si prácticas de manejo como la inoculación, la fertilización mejoran significativamente el establecimiento y crecimiento temprano de la especie (Morales, 2008). Los resultados que obtuvo reflejan que: las plantas que trasplantaron alcanzaron mayor altura que los que se sembraron directo al suelo, las plántulas que se fertilizaron con abonos sintéticos desarrollaron más ramas que los que no se fertilizaron y que los arboles trasplantados se ramificaron más que los que se sembraron directamente.

Aunque en términos de crecimiento y establecimiento resulte mejor la práctica de trasplante, esta práctica resulta más complicada en términos organizativos, pero hay que considerar que investigaciones anteriores mencionan que *Leucaena* y *Gliricidia* pueden ser propagadas fácilmente y a bajo costo por siembra directa (Kang *et al.*, 1984).

## **2.2 Interacción entre plántulas de árbol y herbáceas.**

Todas las plantas requieren de radiación solar, agua y espacio para crecer y desarrollarse. Conforme crecen expanden la zona de influencia aérea y subterránea de la que pueden potencialmente obtener recursos (García-Barrios, 2007).

La interferencia ocurre cuando dos plantas sobreponen sus zonas de influencia, reduciendo uno o más de estos hasta el punto en que la supervivencia, el crecimiento o el desempeño reproductivo de por lo menos una de ellas es afectado negativamente (Begon *et al.*, 1986).

En zonas tropicales los cultivos coexisten con una docena a más de cien plantas de diferentes especies de arvenses las cuales pueden reducir el crecimiento del cultivo y producción de un 10% a 25% (Liebman and Gallandt, 1997 en Garcia-Barrios, 2003) por interferencia y alelopatía (Putnam and Weston, 1986; Tongma *et al.*, 1998). Los efectos de las malezas dependen de su densidad, masa, área foliar, composición de especies, época en la que emergen, y el periodo de asociación con el cultivo (Kropff y Lotz, 1992). Las herbáceas en ocasiones pueden ser benéficas; muchas son toleradas como cultivos secundarios y plantas útiles en economías campesinas (García-Barrios y García-Barrios, 1992 en García-Barrios 2003). En algunas circunstancias el rápido crecimiento de las malezas puede reducir la erosión del suelo y proteger al cultivo de la desecación durante el crecimiento temprano de los cultivos (Altieri, 1988; Berkowitz, 1988), pero se establece un “cambalache” obvio cuando, más adelante el crecimiento de las malezas puede producir el agotamiento de agua y nutrientes. Las malezas pueden promover o reducir herbívoros polípagos y sus enemigos naturales (Andow, 1988 en García-Barrios 2003).

### **2.2.1 Competencia entre herbáceas y plántulas de árboles**

La práctica de deshierbe se ha reportado como factor importante al establecer árboles en pastizales o zonas con abundancia de herbáceas. Estudios previos con *G. sepium* indican que en sitios de siembra donde los pastos no se eliminaron manualmente, la sobrevivencia al cabo de 12 meses fue menor de 50% (Cobbina, 1994). Otros autores han encontrado resultados similares con otras especies arbóreas en cuanto a la dificultad del establecimiento en pastizales degradados debido a la competencia con estos (Holl y Loick, 2000).

El crecimiento en altura y en diámetro basal también disminuye cuando las plántulas compiten con las herbáceas. Cobbina (1994) reporta que las plantas de *G. sepium* alcanzan diámetros basales 250 % menores cuando crecen en competencia con arvenses.

De acuerdo con Cook (1987) los pastizales compiten fuertemente por agua, nutrientes y luz con las plántulas arbóreas durante su establecimiento.

Varios autores han resaltado que es importante eliminar las arvenses para garantizar que se establezcan plántulas arbóreas en pastizales abandonados y no estén sometidas una intensa competencia por luz, agua y nutrientes. (Holl *et al.*, 2000, Hooper *et al.*, 2005).

### **2.3 Fertilización**

Existen resultados contrastantes en cuanto al efecto de aplicar de fertilizantes al establecer especies arbóreas en suelos degradados. Estudios recientes de fertilización de árboles en pastizales degradados no encontraron efectos positivos en el crecimiento de los arboles al ser fertilizados (Román, 2007).

Cobbina y colaboradores (1992) también encontraron que aplicar fósforo en las plántulas de *G. sepium*, no incrementó el peso seco de los tallos.

Sin embargo, los resultados son variables, dependiendo de varios factores como la dosis de fertilización o las características del suelo. Cobbina *et al.* (1992), encontraron que al aplicar nitrógeno y fósforo de origen sintético a plántulas de *G. sepium*, se incrementó la altura de las plantas, la materia seca del tallo, y el contenido de N a los 89 días de la siembra. En el mismo experimento se encontró que al aplicar nitrógeno y fósforo en suelos ricos no hubo diferencias en el crecimiento de *G. sepium*, pero al hacerlo en suelos pobres sí lo hubo. Otros experimentos han evaluado el crecimiento de las plántulas arbóreas fertilizadas así como el crecimiento de las herbáceas circundantes. Siemann y Rogers (2003) encontraron que la fertilización con nitrógeno de origen químico incrementó el crecimiento de las plántulas de dos especies de árboles, sin incrementar el crecimiento de las herbáceas vecinas.

Hay evidencias empíricas que sugieren que la fertilidad y la intensidad relativa de competencia en el subsuelo y sobre el suelo, pueden no estar relacionadas. (Casper & Jackson 1997; Peltzer *et al.* 1998; Rajaniemi 2002). No resulta fácil predecir los mecanismos de interacción entre las plantas. Las habilidades competitivas por abajo y por arriba del suelo dependen del contexto; la forma en que cambian a lo largo de gradientes de recursos es compleja (García-Barrios, 2003).

Si la fertilidad no incrementa la intensidad competitiva entre herbáceas y plántulas en el subsuelo, pero aumenta el crecimiento de las plantas de *G. sepium*, fertilizar orgánica y sintéticamente las plántulas de *G. sepium*, podría facilitar el establecimiento y mejorar el crecimiento de estas. La mayor intensidad de competencia en lugares húmedos y sombreados parece que se debe a la competencia con las herbáceas por luz más que por agua (Davis, 1998). Los fertilizantes pueden tener un efecto positivo en el incremento de altura de las plántulas de *G. sepium* (Cobbina, 1994). De ser así se

podría disminuir la interferencia por luz que ejercen las herbáceas sobre las plántulas de *G. sepium*.

Para este trabajo de investigación se planteó la siembra directa con el fin de evitar los problemas de organización y de mano de obra del trasplante, y la biofertilización para reducir el agobio de las arvenses sobre *G. sepium*.

Se comparó el desempeño de las plántulas al usar fertilizantes sintéticos y biofertilizantes de producción local, con el fin de determinar si los abonos locales tienen mejores o los mismos resultados que los fertilizantes sintéticos.

Si se logra un mejor o igual desempeño de las plantaciones al ser abonados con fertilizantes orgánicos que con los fertilizantes sintéticos, se puede contribuir a la adopción de prácticas ambientalmente amigables en sistemas silvopastoriles en el ejido de Los Ángeles y en áreas similares de la Sierra Madre de Chiapas. También se puede contribuir a reducir el gasto económico que implica la compra de los fertilizantes sintéticos.

### **2.3.1 Fertilización con vermicomposta**

Los desechos orgánicos procesados por las lombrices, llamados frecuentemente vermicomposta, son materiales finamente divididos con alta porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de agua (Edwards y Burrows, 1988).

Una de las ventajas de este abono es que las materias primas con las que se prepara son de fácil acceso en zonas rurales. Hay muy pocos estudios sobre los efectos de aplicar vermicomposta en el crecimiento de árboles forrajeros.

Hay pocos datos en la literatura sobre los posibles mecanismos por los cuales la vermicomposta mejora el crecimiento. Sin embargo se ha demostrado que la incidencia de enfermedades en las plantas puede ser limitada por vermicompostas (Szczech et al., 1993; Nakamura,1996 en Atiyeh 2002), la actividad de micorrizas arbusculares se mejora, (Cavender et al 1999, en Atiyeh 2002), y las poblaciones de nematodos parásitos de plantas son suprimidas.

Algunos reguladores del crecimiento de las plantas como los ácidos índol-acético (auxinas), giberelinas y citoquininas son producidas por los microorganismos de la vermicomposta. La estimulación de la actividad microbiana en materia orgánica procesada por las lombrices da como resultado la producción en cantidades significativas de reguladores de crecimiento de las plantas. (Tomati et al.,1983, 1988, 1990; Tomati and Galli, 1995; Krishnamoorthy and Vajranabhiah, 1986; Edwards, 1998 en Atiyeh 2002).

Las características físicas y químicas de la vermicomposta también estimulan el crecimiento de las plantas (Atiyeh, 2000).

La vermicomposta contiene nutrientes fácilmente disponibles como fosforo intercambiable, potasio soluble, calcio y magnesio. (Orozco et al. 1996 en Atiyeh et al. 2000).

### **2.3.2 Biofertilizante foliar**

La fertilización foliar tienen algunas ventajas sobre la fertilización al suelo. Una importante es que al aplicarlo solo en las plantas de *G. sepium* no se benefician las

herbáceas de alrededor. Un abono foliar orgánico comúnmente utilizado es el “súper magro”. Este abono es utilizado en sistemas de producción orgánica. Esta fórmula presenta una mezcla básica de estiércol y agua, a la cual se le agregan macro y micronutrientes minerales (Silvia-Araujo, 2008).

### **2.3.3 Fertilización sintética**

Pese a que en los últimos años se han documentado las desventajas de usar fertilizantes sintéticos (Jen-Hshuan Chen, 2006), en este trabajo de investigación se utilizaron con la intención de comparar el desempeño de las plantas y su interacción con las arvenses al ser fertilizadas orgánica y químicamente. Estas desventajas tienen un impacto negativo en diferentes sentidos. Por ejemplo, el exceso de abonos químicos, contamina fuentes de agua, destruye micro-organismos e insectos benéficos, también acidifica o alcaliniza el suelo, disminuye la fertilidad del suelo lo que genera daños irreparables en todo el sistema (Jen-Hshuan Chen, 2006).

Aplicar excesiva y prolongadamente fertilizantes químicos reduce la colonización de micorrizas en las raíces, inhibe la simbiosis con fijadoras de nitrógeno. Además, los nutrientes se pierden fácilmente del suelo por lixiviación o volatilización, lo que reduce su eficiencia. (Jen-Hshuan Chen, 2006).

## **III. OBJETIVO**

- Determinar si el fertilizante sintético y/o orgánico aplicado exclusivamente a la planta al momento de sembrar puede otorgarle al árbol la ventaja competitiva que necesita sobre las arvenses, en la primera etapa del establecimiento.
- Determinar si la fertilización orgánica es superior a la sintética para lograr esta ventaja competitiva, e identificar cual tipo de fertilizante orgánico es más efectivo para este propósito.
- Determinar el grado de importancia del deshierbe en el establecimiento y crecimiento de las plantas de *G. sepium*.

#### **IV. HIPOTESIS**

##### **Hipótesis de establecimiento y crecimiento de las plántulas en función del tipo de fertilización.**

H0: El crecimiento de *G. sepium* será igual en los 10 tratamientos de fertilización y deshierbe.

Ha1: Al menos uno de los 5 tratamientos de fertilización producirá mayor crecimiento de *G. sepium*.

Ha2: El tratamiento que incluye tanto el fertilizante foliar como la vermicomposta y el deshierbe producirá el mayor crecimiento de *G. sepium*, debido a que las plántulas podrán obtener macronutrientes del suelo y micronutrientes a través de la epidermis de las hojas.

## **Hipótesis de las posibles interacciones entre las herbáceas y las plántulas.**

H: La fertilización orgánica dirigida a la cepa del árbol le dará una ventaja competitiva a este último, lo que impedirá que las hierbas lo agobien. La diferencia entre árbol con deshierbe y árbol sin deshierbe debe ser menor para la forma de fertilización que acelere más el crecimiento.

## **Hipótesis del efecto de la aplicación de deshierbe en el crecimiento y establecimiento de las plántulas**

Los plántulas de tratamientos con deshierbe tendrán una mayor sobrevivencia y un mayor desarrollo que las plántulas de tratamientos sin deshierbe. Debido a que no habrá interferencia por luz, agua y nutrientes entre las herbáceas y las plántulas arbóreas.

## **V. MATERIALES Y METODOS**

### **5.1 Área de estudio**

Esta investigación se llevó a cabo en el Ejido Los Ángeles, municipio de Villaflores, localizado en los límites de la Depresión Central y la Sierra Madre de Chiapas. Las coordenadas geográficas son: 16° 16' 08'' de latitud Norte y 93° 36' 14'' de longitud Oeste. La comunidad forma parte de la Cuenca del Tablón, en la Reserva de la Biosfera La Sepultura (figura 1). Domina un relieve montañoso con altitudes entre 880 y 1500 msnm. Los suelos son arenosos (regosoles derivados de granito), presenta vegetación de sabana, bosque de pino-encino, selva baja caducifolia, selva mediana sub-perennifolia y vegetación secundaria. El clima varía de cálido sub-húmedo, a cálido

húmedo hasta el templado húmedo. El promedio de precipitación pluvial anual en el centro del ejido es de 1200mm. (I.N.E., 1999). La temporada de lluvia es de mayo a septiembre, mientras la temporada de sequía es de octubre a abril.

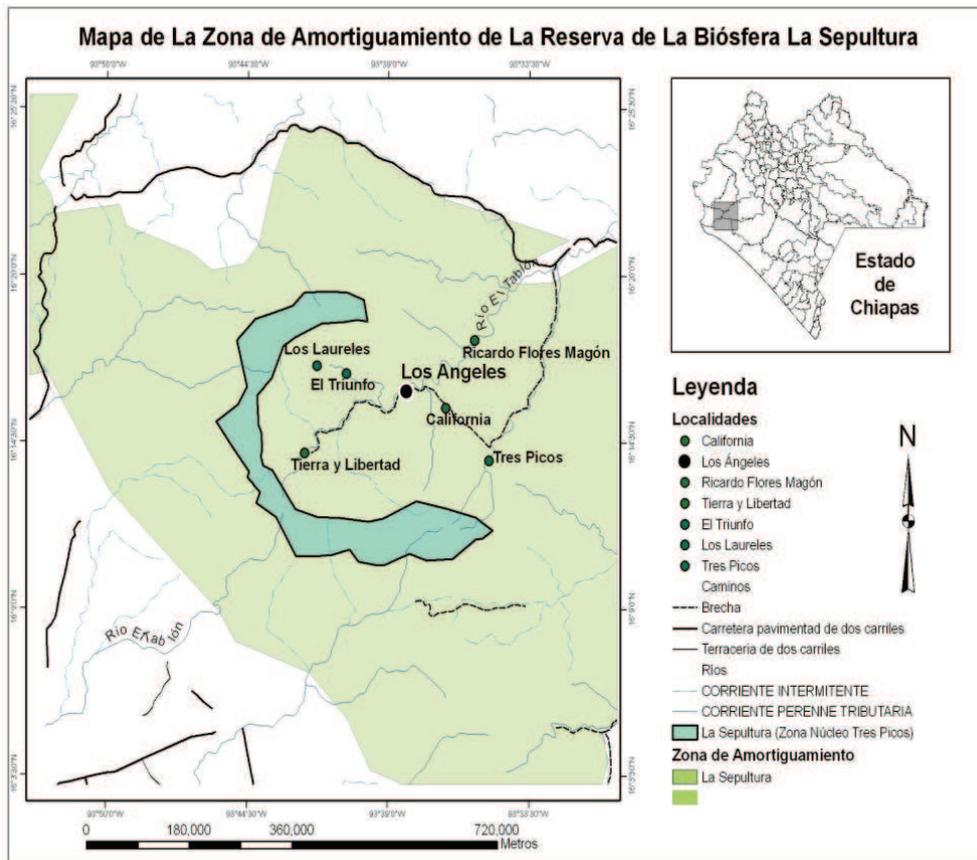


Figura 1. Localización del ejido “Los Ángeles” dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera La Sepultura. Mapa elaborado por LAIGE 2008.

## 5.2 Diseño de las parcelas experimentales

Se establecieron 10 tratamientos mediante un Diseño de Parcelas Divididas (Little y Hills, 1985) con 6 repeticiones. La variable experimental de la parcela mayor fue representada por 5 tipos de fertilización (sin fertilizante, fertilizante sintético, y tres

formas de fertilización orgánica). La variable experimental de la parcela menor fue el deshierbe (con y sin deshierbe). Cada repetición del experimento midió 20x9 m, y contuvo 10 unidades experimentales de 2 x 9 m.

En el cuadro 1 se esquematiza el arreglo de la parcela por tipo de fertilizante y práctica de deshierbe.

EL experimento se estableció en el declive suave (9 grados) de una terraza aluvial a 40 metros del río “El Tablon”. La superficie del experimento fue de 1080 m<sup>2</sup> (un rectángulo de 20x54 m). En esta superficie se sembraron 1440 semillas. Cada unidad experimental tuvo 8 cepas de siembra en las que se colocaron 3 semillas. Al cabo de dos meses se hizo un clareo para dejar únicamente la plántula más vigorosa de cada cepa. Se obtuvieron así 480 plántulas de *G. sepium*. La densidad final de la plantación fué de 4,440 plántulas por hectárea. Cabe mencionar que esta densidad es muy superior a la de una plantación adulta, pero es apropiada para el experimento. La plantación será clareada después del experimento conforme se requiera.

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>VC, C/D</b>	<b>VC+F C/D</b>	<b>VC, C/D</b>	<b>NPK, C/D</b>	<b>C, C/D</b>	<b>C, C/D</b>
<b>VC, S/D</b>	<b>VC+F, S/D</b>	<b>VC, S/D</b>	<b>NPK S,D</b>	<b>C, S/D</b>	<b>C, S/D</b>
<b>NPK, C/D</b>	<b>F, S/D</b>	<b>NPK, C/D</b>	<b>F, C/D</b>	<b>VC, C/D</b>	<b>VC+F, C/D</b>
<b>NPK, S/D</b>	<b>F, C/D</b>	<b>NPK, S/D</b>	<b>F, S/D</b>	<b>VC, S/D</b>	<b>VC+F, S/D</b>
<b>F, C/D</b>	<b>NPK, S/D</b>	<b>C, S/D</b>	<b>C, C/D</b>	<b>NPK, S/D</b>	<b>F, S/D</b>
<b>F, S/D</b>	<b>NPK, C/D</b>	<b>C, C/D</b>	<b>C, S/D</b>	<b>NPK, C/D</b>	<b>F, C/D</b>
<b>VC+F S/D</b>	<b>VC, C/D</b>	<b>VC+F, S/D</b>	<b>VC+F, S/D</b>	<b>F, S/D</b>	<b>VC C/D</b>
<b>VC+F C/D</b>	<b>VC, S/D</b>	<b>VC+F, C/D</b>	<b>VC+F, C/D</b>	<b>F, C/D</b>	<b>VC S/D</b>

<b>C, S/D</b>	<b>C, C/D</b>	<b>F, C/D</b>	<b>VC, C/D</b>	<b>VC+F, S/D</b>	<b>NPK, C/D</b>
<b>C, C/D</b>	<b>C, S/D</b>	<b>F, S/D</b>	<b>VC, S/D</b>	<b>VC+F, C/D</b>	<b>NPK, S/D</b>

Cuadro 1. Diseño de parcelas divididas. El factor principal es el fertilizante y el secundario es el deshierbe. Los números en la fila superior indican el número del bloque o repetición. Estos se acomodaron paralelos a la pendiente. La posición de los fertilizantes fue aleatoria dentro de cada repetición. Al interior de cada fertilizante, las unidades experimentales que se deshierbaron y que no se deshierbaron fue aleatoria. Donde C=Control, NPK=fertilizantes sintéticos, VC=Vermicomposta, F=Foliar, VC+F=Vermicomposta y Foliar combinados. C/D=Con deshierbe, S/D=Sin deshierbe.

### 5.3 Características del suelo de la parcela

De acuerdo a la norma oficial mexicana *NOM-021-RECNAT-2000*, el suelo de la parcela experimental presentó claros indicadores de degradación: alta compactación, niveles medios de nitrógeno, niveles medios de materia orgánica y alta acidez.

La muestra compuesta se analizó en los laboratorios institucionales de ECOSUR. Los resultados se sintetizan en el cuadro 2.

Prueba	P-Olsen	M.O	pH	N total	Arena	Arcilla	Limo	Nombre Textura	Densidad Aparente	Cond. Eléctrica	CIC
Parámetro	mg/Kg	%		%	%	%	%		gr/mL	mS	Cmol/Kg
cantidad	17.4	2.64	5.02	0.11	53.6	26.4	20	Franco Arcilla-Arenoso	1.49	0.52	16.1

Cuadro 2. Resultados de análisis de suelo.

### 5.4 Preparación de la parcela

Entre el 11 y el 13 de junio se cavaron 480 hoyos de 0.15 x 0.15 x 0.30 m. En algunos pocos casos los hoyos no pudieron ser de estas dimensiones por la presencia de grandes rocas en el suelo. El volumen de las excavaciones siempre resultó cercano a los 7 lt. La distancia entre los hoyos fue de 1.1 m en sentido perpendicular a la pendiente y de 1.8 m en sentido de la pendiente. El arreglo de los hoyos fue de “tres bolillo” (hexagonal).

La parcela se cercó para evitar que entrara ganado a pisar o ramonear las plántulas.

A cada cepa donde se sembraron tres semillas, se le hizo ruedo de 30-40 cm de diámetro sin hierbas.

Se hizo la primera limpia a los 24 días después de la siembra (DDS). Las unidades experimentales correspondientes al tratamiento con deshierbe se limpiaron por completo con azadón, coa y machete. Figura 2.



Figura 2. Vista lateral de la parcela experimental 6 días después de la siembra.

## 5.5 Preparación de los abonos orgánicos

### 5.5.1 Vermicomposta

Se acondicionó la cama de composta a cielo abierto ubicada en la casa ejidal; se techó con lámina para protegerla del sol y la lluvia. El cajón de la composta fue de: 8.5 m de largo, .92 m de ancho y .6 m de profundo. La composta en sí tuvo 0.25 m de profundidad.

El 3 de marzo se hizo una mezcla de materiales biodegradables obtenidos localmente. La base de la composta fue el estiércol de ganado, el cual se colectó en el corral de manejo del mismo productor que facilitó la parcela para el experimento. Se colectó pulpa de café en descomposición, tierra negra con hojarasca, aserrín de cedro, y desechos de alimentos caseros en las cantidades señaladas en el cuadro 3. Los componentes se revolvieron y humedecieron hasta obtener una mezcla húmeda y homogénea.

Durante 34 días se regó para mantener la humedad que requiere la descomposición de los materiales.

El 7 de abril se colocaron 3 Kg lombrices *Eisenia foetida* (roja de california) en la compostera. Periódicamente se monitoreo la humedad y la temperatura de la composta para asegurar su buen funcionamiento. Durante 9 semanas las lombrices estuvieron en la compostera, tiempo suficiente para que procesaran toda la materia orgánica.

La mayoría de las lombrices fue retirada de la compostera, mediante la colocación de costales porosos en la superficie de esta, sobre los cuales se colocó estiércol de

ganado. Las lombrices subieron durante tres días en busca de alimento y traspasaron la malla hasta que muy pocas quedaron en la compostera.

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad Kg</b>
Estiércol de ganado vacuno (seco)	500
Pulpa de café (Humedad)	120
Tierra con hojarasca de aguacate	100
Aserrín	40
Agua	400
Desechos de frutas y verduras	60

Cuadro 3. Componentes utilizados para preparar la vermicomposta.

La “tierra negra” se usó en cantidad moderada pues es escasa en las zonas cercanas al poblado. Por el contrario el estiércol de ganado es muy abundante y la pulpa de café es relativamente abundante después de la cosecha.

### 5.5.2. Preparación del abono foliar (súper magro)

Se colectaron los ingredientes necesarios para la preparación del abono foliar en el ejido “Los Angeles”. Cuadro 3.

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>
Ceniza de fogón casero	4 Kg
Estiércol fresco de res	20 Kg
Contenido del rumen	20 Kg
Levadura	250 g
Melaza	2 Kg
Leche bronca	2 Lt
Suero de leche	2 Lt
Agua	130 Lt

Cuadro 3. Ingredientes y cantidades de los componentes del fertilizante foliar.

Fuera del ejido se compraron la levadura y la melaza así como el tambo hermético de plástico de 200 Lt, el “niple” y la manguera.

Se hizo un hoyo de 1 cm de diámetro en la tapa del tambo para instalar el “niple” a presión y bien sellado, para evitar que el aire pueda entrar al tambo. En el extremo exterior del “niple” se colocó una manguera transparente, el otro extremo de la manguera se colocó dentro de una botella de agua. Posteriormente:

1. Se revolvió el estiércol, el contenido del rumen y la ceniza en 100 lt de agua.
2. Se disolvió la melaza en una cubeta con agua a 60 ° C. Se agregó la levadura y se revolvió hasta lograr una mezcla homogénea. Después se agregaron la leche y el suero. La mezcla se revolvió hasta que todos los ingredientes quedaron bien integrados.
3. La mezcla de la cubeta se vertió en el tambo, y se revolvió energéticamente durante 10 minutos.
4. Se agregó agua al tambo hasta que éste se llenó a un 90% de su capacidad; el resto se dejó con aire para permitir la formación de gases que se producen por la fermentación anaeróbica de los microorganismos del estiércol y del material del rumen.
5. Se tapó herméticamente al tambo, dejando únicamente una manguera de escape de los gases la cual no permite la entrada de oxígeno ya que su punta se sumergió en una botella con agua (sello de agua). El preparado se dejó reposar bajo la sombra durante un mes a partir del día 29 de abril: Se revisó y volvió a cerrar por otros 42 días hasta el 9 de julio.

### **5.5.3 Aplicación del abono foliar (súper magro)**

El abono foliar se aplicó mensualmente a partir del día 9 de julio. Se diluyó 1 lt de súper magro en 19 de agua (solución al 5%). Se aplicaron aproximadamente 78 ml por cada planta, en los tratamientos correspondientes. La segunda aplicación fue el 16 de agosto, se aplicó la misma cantidad, 78 ml. La concentración fue al 10 %, es decir 2 lt de biofertilizante foliar en 18 lt de agua. Las siguientes aplicaciones se realizaron mensualmente al 10 % de concentración. Debido al crecimiento de las plantas, en los meses de octubre, noviembre y diciembre la dosis de fertilización foliar aumentó, se dispersaron 30 litros de agua con abono foliar al 10 %, aproximadamente 117 ml por cada planta.

Las plantas cuyos tratamientos no incluyeron abono foliar (NPK, Vermicomposta) y el control, fueron asperjadas con la misma cantidad de agua (sin abono foliar) que las plantas cuyos tratamientos si incluían abono foliar, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre. Esto se hizo con el fin de que las plantas asperjadas con el abono foliar no adquirieran una ventaja por el simple hecho de ser hidratadas durante la época seca.

### **5.6 Siembra, clareo y evaluación de nódulos**

El 14 de junio se colocaron en agua 1440 semillas de *Gliricidia sepium* durante 48 horas para agilizar su germinación. La siembra de la parcela experimental se realizó entre el miércoles 16 y el viernes 18 de junio del 2010. Se colocaron 3 semillas por

cada hoyo para garantizar la presencia de plántulas en todos ellos. Los hoyos se rellenaron previamente con la misma tierra que fue extraída, con excepción de los tratamientos que incluyeron vermicomposta. En este caso se mezclaron 5 lt de tierra con 2 lt de vermicomposta y con este sustrato se rellenaron los hoyos. Las semillas se colocaron a 2 cm de profundidad al centro del hoyo en los vértices de un triángulo equilátero de 5 cm de lado. Figura 3. La humedad de la composta al momento de aplicarla fue 52 %, se aplicaron 960 gr de vermicomposta en cada sitio de siembra.



Figura 3. Germinación de las 3 semillas sembradas en cada sitio de siembra, 6 DDS.

Dos meses después se realizó un clareo, para dejar solo la plántula más vigorosa. Las plántulas fueron extraídas del suelo procurando no romper las raíces y se cuantificaron los nódulos de *Rizobium* spp. asociados a éstas.

## 5.7 Fertilización química

Nitrógeno: Para aportar nitrógeno se utilizó urea (46N-00P-00K). Se agregó gradualmente por tres meses 22.3 g de urea por plántula. Esta cantidad aporta 10.27

gr de nitrógeno, misma cantidad que contiene la dosis de vermicomposta que se aplicó a los tratamientos de fertilización orgánica. La primera aplicación de 1.7 gr se hizo a los 24 DDS (9 de julio); la segunda de 4.6 gr de urea se hizo a los 57 DDS (12 de agosto), la tercera y última aplicación de 16 gr se realizó el 15 de septiembre a los 90 DDS.

Fosforo: Se utilizó fosfato diamónico (18N-46P-00K). La aplicación de este abono se hizo en un solo momento. El 12 de agosto se aplicaron .0295 gr por cada planta. Esta dosis de fertilizante aporta .0136 gr de fosforo, equivalente al fosforo disponible en los 2 Lt de composta.

Potasio: Los datos sobre el contenido de potasio de la vermicomposta no estuvieron disponibles en la fecha de aplicación, por lo tanto las dosis de KCl que se aplicaron a las unidades experimentales con tratamiento de fertilización química, se estimaron con base en la bibliografía. De acuerdo con Cerrato (2007), el contenido de potasio en muchas vermicompostas es aproximadamente del 2%, Por lo tanto en 958 gr de composta se pueden esperar alrededor de 1.92 gr de potasio. Para igualar esta dosis con fertilizante químico se adicionaron 3.2 gr de KCl a cada planta el día 12 de agosto.

Figura 4. Aplicación de fertilizantes sintéticos.



Figura 4. Segunda aplicación de fertilizantes (57 DDS).  
 Los gránulos blancos son de urea, los anaranjados de cloruro de potasio y los café de fosfato diamónico.

En el siguiente cuadro se muestra la dosis por hectárea de cada fertilizante usado en el experimento. Cuadro 4.

Fertilizante	Cantidad por planta, (g)	Cantidad por hectárea, Kg
Urea	22.3	99.1
Fosfato diamónico	0.0295	.175
Cloruro de potasio	3.2	14.22
Vermicomposta peso en seco	958	4258
Foliar	585 ml	2595.4 Lt

Cuadro 4. Cantidad de fertilizante aplicado por planta y extrapolación a una hectárea.

## **VI. METODOS DE MUESTREO Y EVALUACIÓN**

### **6.1 Supervivencia**

Los datos de supervivencia se obtuvieron simultáneamente con las mediciones de diámetro y altura de plantas vivas. Se contabilizaron los individuos vivos presentes al momento de la evaluación.

### **6.2 Materia seca aérea**

Al final del experimento, 211 días después de la siembra (enero 2011), se realizó un muestreo sistemático. En cada unidad experimental (UE) se cortaron al ras del suelo la mitad de los individuos de cada unidad experimental (los ubicados en las posiciones 2, 4, 6 y 8) para obtener con ellos el peso promedio de la materia seca aérea (MSA) por UE. Adicionalmente, se extrajo la raíz de la planta 4 para estimar los promedios de materia seca total y de la razón MSA/MST por unidad experimental y tratamiento. En algunos casos la planta 4 y la de mayor talla fueron la misma.

Previo al secado, las hojas de las plantas se separaron del tallo y ramas principales. Tanto los tallos y ramas como las hojas se colocaron en hornos para ser deshidratados antes de pesarse. Se mantuvieron por 24 horas a 55°C y se pesaron en una balanza electrónica. Las plantas que se extrajeron completamente se dividieron en

tres partes: raíz, tallo con ramas, y hojas. Estas partes se sumaron para obtener la MS total (MST).

El interés de la investigación se centró en la productividad de materia seca de *G. sepium* en respuesta a los diferentes fertilizantes con y sin deshierbe por unidad experimental. Por lo tanto las medias de MSA que se presentan en los resultados son de la productividad de la unidad experimental y no de los individuos.

### **6.3 Altura y diámetro basal**

La altura de todas las plantas de cada unidad experimental fue medida cada mes en siete diferentes momentos, desde 24 DDS hasta 211 DDS. La altura de cada planta se tomó desde el suelo hasta el meristemo apical.

El diámetro basal de todas las plantas de cada unidad experimental fue medido por primera vez 91 DDS durante el mes de septiembre. Las mediciones se realizaron consecutivamente a los 121, 151, 181 y 211 DDS. La medición se hizo a 1 o 2 mm de distancia de la superficie del suelo. La medición se hizo con vernier y se aproximó hasta décima de milímetro.

### **6.4 Proteína cruda**

Las hojas de las plantas ubicadas en las posiciones 2, 4, 6 y 8, se separaron de los tallos. Las hojas se deshidrataron a una temperatura de 55° C durante 24 hrs. El

análisis de proteína cruda se realizó en los laboratorios institucionales de ECOSUR, sede San Cristóbal de las Casas. Se utilizó el método de digestión húmeda semi micro Kjeldhal, bajo la norma NMX-F-608-NORMEX-2002 Determinación de proteínas en alimentos. Se utilizó el factor de proteína 6.25.

## **6.5 Nodulación**

Las plantas eliminadas durante el clareo (57 DDS) se extrajeron con raíz y se les contó el número de nódulos de *Rizhobium* spp.

## **6.6 Materia seca de herbáceas**

Al final del experimento, (211 DDS) se cosechó la materia seca aérea de las arvenses que circundaban en un radio de 20 cm a las plantas de *G. sepium* que fueron colectadas para el análisis de MSA Y MST. En el caso de los pastos rastreros como el estrella (*Cynodon plectostachyus*), el corte se hizo en dos puntos. El primero justo al ras del suelo dentro del radio de 20 cm y el segundo antes de que la guía se enterrara de nuevo, aun fuera del radio de 20 cm.

La materia seca de plántulas y herbáceas se secó en hornos de aire forzado durante 24 horas a 55 °C.

## VII. ANALISIS ESTADISTICOS

Los análisis estadísticos se hicieron con un modelo lineal generalizado univariante. Este modelo toma una forma específica para resolver diseños experimentales de parcelas divididas (Pedroza y Dicovskyi, 2006).

El modelo aditivo lineal para un diseño de parcelas divididas es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \epsilon_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde

$i=1, 2, 3, 4, 5, 6$  = niveles del factor A (fertilizante)

$j=1,2$  = niveles de factor B (deshierbe)

$k=1, 2, 3, 4, 5, 6$  = repeticiones o bloques

$Y_{ijk}$  = La  $k$ -ésima observación del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\mu$  = Estima la media poblacional

$\rho_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo bloque

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor A (fertilizante)

$\epsilon_{ik}$  = Error del factor A,  $E(a)$

$\beta_j$  = Efecto debido al  $j$ -ésimo nivel del factor B (deshierbe)

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de interacción entre los factores A y B

$\epsilon_{ijk}$  = Efecto aleatorio de variación o error del modelo  $E(b)$

### 7.1 Supervivencia

Para el análisis de supervivencia se compararon con una prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD las medias del número de individuos vivos a los 121 y 211

DDS. La comparación se hizo a las 121 DDS (octubre) por ser el momento de transición de la temporada de lluvia y el inicio de la temporada seca. También se hizo a las 211 DDS (enero) por ser el momento medio de la temporada de seca y el último momento de evaluación.

## **7.2 Materia seca a aérea (MSA)**

El promedio de MSA producida por unidad de superficie (la unidad experimental) se estimó mediante la suma del peso de las hojas, ramas y tallos de los individuos colectados en las posiciones 2, 4, 6 y 8. Los promedios de MSA incluyeron el valor de cero de plantas 2, 4, 6, u 8 que hubieran muerto durante el experimento.

Después de hacer el análisis de varianza (ANDEVA) de parcelas divididas se compararon las medias de MSA entre unidades experimentales con deshierbe y sin deshierbe. Después se compararon las medias de MSA producida por tipo de fertilizante en parcelas con deshierbe. El procedimiento se hizo con una prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD.

En las parcelas sin deshierbe la comparación de medias se hizo con la prueba de Games Howell pues no se cumplió el supuesto de homocedasticidad. Se utilizó el software SPSS (Versión 15).

## **7.3 Materia seca total (MST)**

Se compararon las medias de MST en respuesta al fertilizante para plantas con deshierbe. La misma comparación se hizo para las plantas sin deshierbe.

7.3.1 Se estimó la razón entre materia seca aérea (MSA) y materia seca total (MST) para plántulas con y sin deshierbe. Se analizó el efecto de fertilizante sobre esta variable.

7.3.2 Se analizaron las posibles diferencias de MSA y MST entre arbolitos sometidos a (a) distintos tratamientos de fertilización y (b) distintos tratamientos de deshierbe.

#### **7.4 Diámetro basal y altura**

Se calculó el promedio de altura de los individuos de cada unidad experimental (UE) a los 24, 57, 90, 121, 151, 181, hasta 211 días después la siembra (DDS). Las medias se compararon usando un modelo lineal generalizado univariante para saber si hubo interacción entre el deshierbe y el tipo de fertilizante. Las plantas muertas en el momento del muestreo fueron consideradas en el cálculo de la altura promedio con un valor de cero para evitar subestimar las diferencias entre tratamientos. Una vez que se comprobó que no hubo interacción entre la práctica de deshierbe y el tipo de fertilizante, se compararon las medias de las altura con un ANDEVA mediante modelo lineal general univariante. El contraste de alturas se hizo por separado para las unidades experimentales que fueron y no fueron deshierbadas en respuesta al tipo de fertilizante.

Los contrastes de medias para muestras que no cumplieron el supuesto de homocedasticidad, se hicieron con la prueba de comparación múltiple de medias de Games-Howell.

### **7.5 Trayectoria del crecimiento en altura y diámetro en plantas vivas**

Se consideraron solo datos de altura y diámetro basal de los individuos que sobrevivieron hasta 211 DDS. Se hizo una transformación a Logaritmo para conseguir la homocedasticidad en las diferentes edades de muestreo. Las curvas de crecimiento se ajustaron a un modelo empírico (un polinomio de segundo grado).

### **7.6 Contenido de proteína cruda**

Para el tratamiento con deshierbe se hizo una muestra compuesta por tipo de fertilizante, agrupando las hojas (peciolos y foliolos) de las plantas colectadas a los 211 DDS en todas las repeticiones. Para el tratamiento sin deshierbe no se hizo este análisis debido a que las plantas tenían muy pocas hojas, insuficientes para juntar la cantidad de tejido necesario. Los porcentajes medios de proteína se contrastaron mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD.

### **7.7 Materia seca de herbáceas**

Se compararon los promedios de MSA de las arvenses en respuesta a la fertilización mediante una prueba de Tukey HSD. Así mismo se compararon las medias de alturas

de los pastos, principal componente de herbáceas en la mayoría de las unidades experimentales. El factor que se utilizó para las comparaciones fue el tipo de fertilizante aplicado a las plantas que se colectaron para MSA y MST.

## **VIII. RESULTADOS**

### **8.1 Supervivencia**

La supervivencia 24 DDS fue del 100 % en todas las unidades experimentales. Entre los meses de septiembre y octubre (a los 121 y 151 DDS) ocurrió la mayor mortalidad de plántulas, (un total de 52 individuos).

#### **8.1.1 Tratamientos de fertilización sin deshierbe 121 días después de la siembra**

Las plantas que se abonaron con NPK tuvieron un porcentaje de supervivencia muy bajo ( $\leq 48\%$ ), 121 días después de la siembra significativamente menor ( $p \leq 0.0003$ ) que el control (81.2%). El único tratamiento con 100% de supervivencia fue el de vermicomposta y foliar combinados. El porcentaje de supervivencia para los tratamientos de vermicomposta y foliar fue igual (91.6%).

#### **8.1.2 Tratamientos con deshierbe**

No se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. La sobrevivencia fue alta ( $\geq 89\%$ ) incluso en las plantas del tratamiento control que no fueron fertilizadas. Las plantas que fueron fertilizadas con NPK sintético también presentaron una alta tasa de sobrevivencia ( $\leq 93\%$ ), lo que descarta la posibilidad de haber quemado las plántulas con la aplicación de NPK en las unidades experimentales que no fueron deshierbadas. El único tratamiento con 100 % de sobrevivencia fue el de fertilizante foliar. Figura 4.

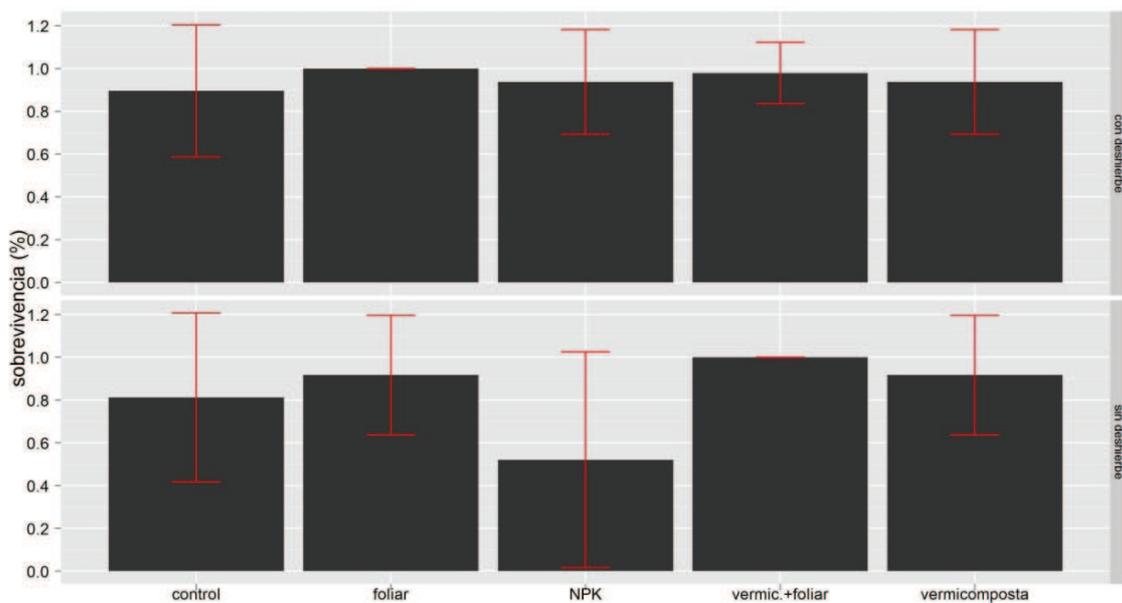


Figura 4. Barras de porcentaje de sobrevivencia +/- un error estándar a los 121 DDS. Arriba: deshierbadas. Abajo: no deshierbadas. Solo hubo interacción entre fertilización y deshierbe en los tratamientos con fertilizante sintético.

En las parcelas deshierbadas, la sobrevivencia no disminuyó entre octubre y enero (121 y 211 DDS), periodo de sequía, pero sí en las no deshierbadas. Las plantas

biofertilizadas con vermicomposta y foliar de forma combinada tuvieron una alta sobrevivencia (97%), mayor que en las del control (68%;  $p=.004$ ). A su vez, estas últimas sobrevivieron más que en las parcelas con fertilizante sintético (36%;  $p\leq.0002$ ). No hubo diferencias significativas entre las plantas fertilizadas con vermicomposta, foliar y el control. La presencia de arvenses no mejoró la sobrevivencia en época seca (121 y 211 DDS). Figura 5.

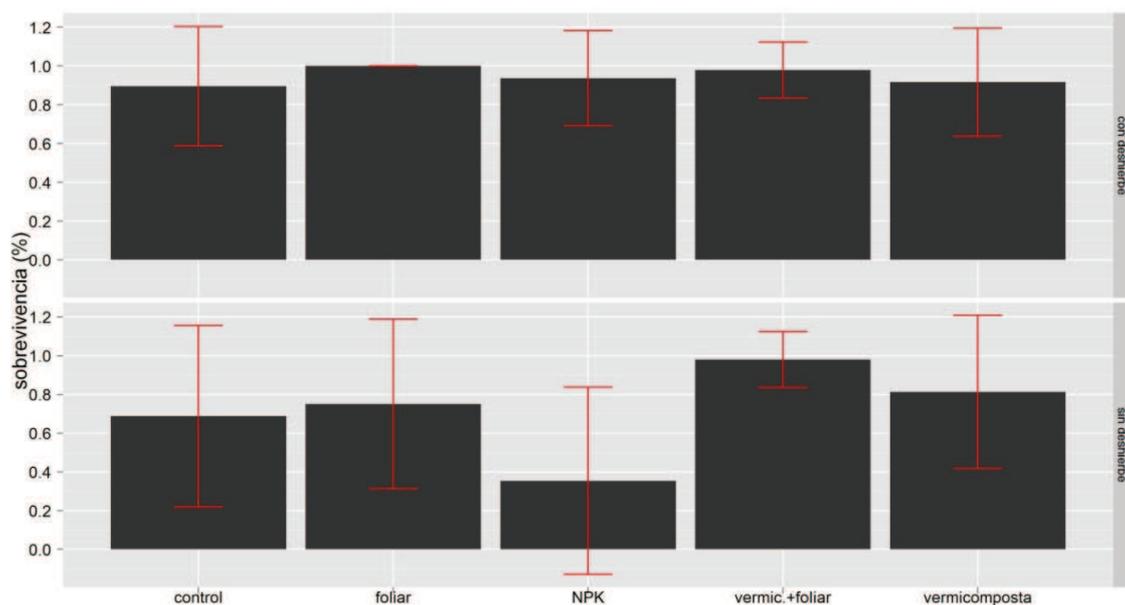


Figura 5. Barras de porcentaje de sobrevivencia  $\pm$  un error estándar a los 211 DDS. Las barras de arriba representan las UE que fueron deshierbadas, las de debajo de UE que no fueron deshierbadas.

## 8.2 Materia seca aérea (MSA)

El factor que más influyó en la acumulación de MSA a los 211 días fue la aplicación de deshierbe ( $p << 0.0001$ ). La interacción entre deshierbe y fertilizante no fue significativa.

La menor diferencia relativa entre los porcentajes de MSA de plantas con y sin deshierbe abonadas con el mismo fertilizante se encontró en las UE abonadas con vermicomposta y foliar combinados (45.27%). Para los otros fertilizantes y el control, la diferencia fue mayor a 70%.

### 8.2.1 Tratamientos de fertilización con deshierbe

Solo la aplicación de vermicomposta incrementó marginalmente la producción de MSA respecto del control (P=0.058).

### 8.2.2 Tratamientos de fertilización sin deshierbe

La MSA de las plantas fertilizadas con vermicomposta o VC+AF fue mayor que la MSA registrada en el tratamiento control (P=.046; p= 0.036) y que la MSA plantas con fertilizante sintético (P=0.006; p= 0.013). Estos resultados se sintetizan en el cuadro 5.

<b><u>SUBCONJUNTOS POR MSA PROMEDIO, gr.</u></b>		
<b><u>FERTILIZANTE</u></b>	<b><u>1</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b>NPK</b>	<b>6.14±2.72</b>	
<b>Control</b>	<b>12.33±5.51</b>	
<b>Foliar</b>	<b>15.65±6.6</b>	<b>15.65±6.6</b>
<b>Vermicomposta</b>		<b>25.85±3.61</b>
<b>VC+Foliar</b>		<b>38.44±6.73</b>

Cuadro 5. Separación de los tipos de fertilización en función de su efecto en la acumulación de la MSA (promedio ± error estándar) en parcelas sin deshierbe.

### 8.3 Materia seca total (MST)

En parcelas sin deshierbe, aplicar VC+AF incrementó la MST 2.5 veces respecto del control (P=0.05) en plantas promedio.

En parcelas deshierbadas, aplicar vermicomposta produjo 2.2 veces más MST que aplicar fertilizante sintético (p=0.04) y 2.3 veces más que aplicar fertilizante foliar (p=0.05). No se encontraron efectos diferenciados de alocaación de MSA entre arbolitos sometidos a distintos tratamientos de deshierbe y fertilización. Cuadro 6.

<u>SUBCONJUNTOS POR MST PROMEDIO, gr.</u>		
<u>FERTILIZANTE</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
Foliar	94.35±40.61	
NPK	98.81±66.01	
Control	137.63±69.61	137.63±69.61
VC+Foliar	168.07±37.85	168.07±37.85
Vermicomposta		224.94±43.63

Cuadro 6. Separación de los tipos de fertilización en función de su efecto en la acumulación de la MSA (promedio ± error estándar) en parcelas sin deshierbe.

### 8.4 Altura

El deshierbe incrementó en 38% la altura de las plantas. El único fertilizante que incrementó la altura respecto del control fue la vermicomposta. Dicho efecto persistió hasta los 91 DDS. La trayectoria de cambios en las alturas medias se observa en la

figura 6 (con deshierbe) y 7 (sin deshierbe). No se encontraron diferencias significativas en altura a los 211 DDS en respuesta al tipo de fertilizante en plantas con deshierbe ni en plantas sin deshierbe.

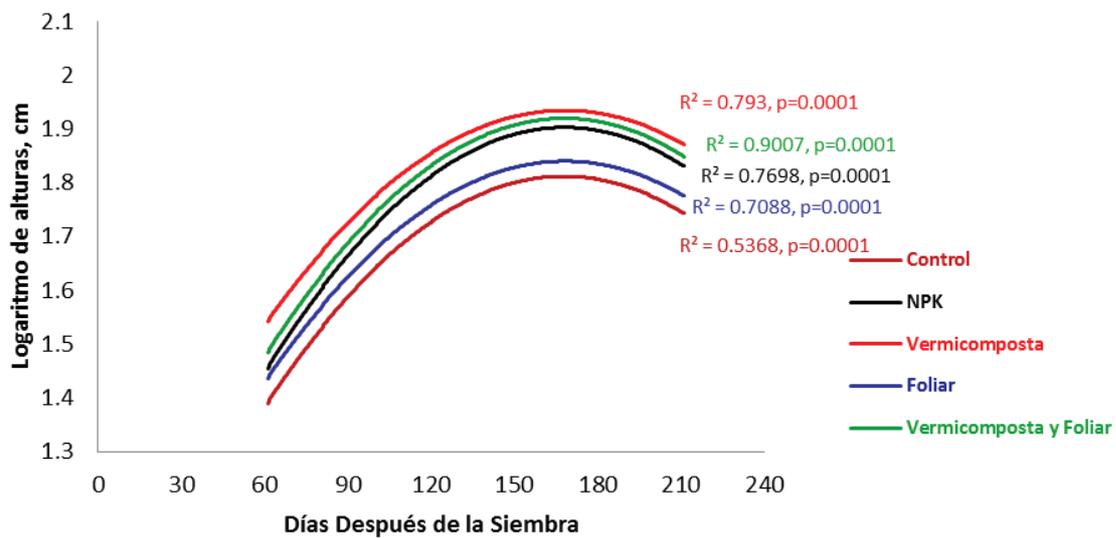


Figura 6. Las curvas de crecimiento ajustado a un modelo empírico (un polinomio de segundo grado), muestran la trayectoria de crecimiento de alturas de plántulas con deshierbe desde los 57 hasta 211 DDS.

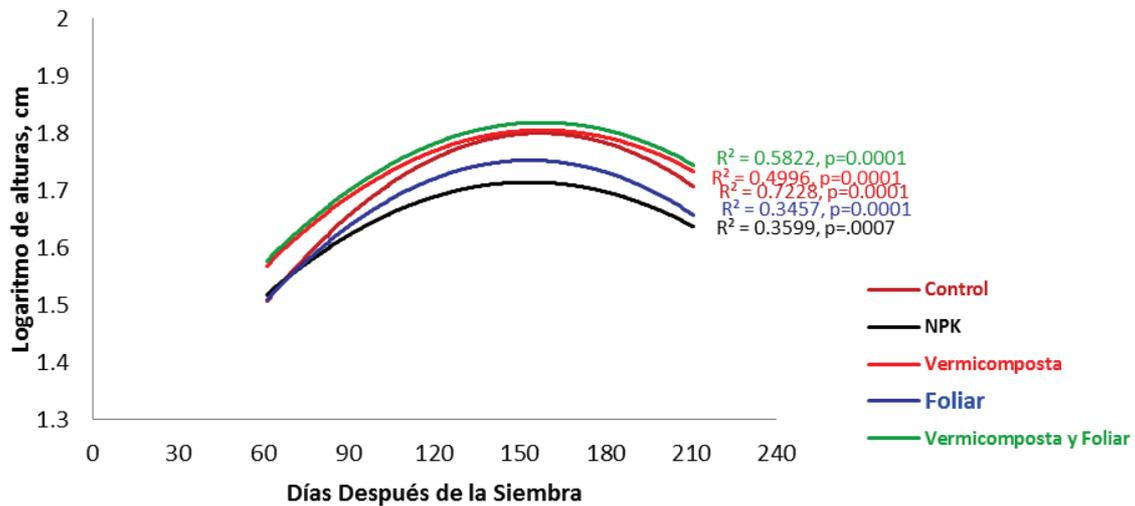


Figura 7. Las curvas de crecimiento ajustada a un modelo empírico (un polinomio de segundo grado) desde 60 hasta 211 DDS de plántulas sin deshierbe. Las diferencias entre tipo de fertilización son similares al inicio y final del experimento. A partir de noviembre (151 DDS) se registró decrecimiento en las alturas.

## 8.5 Diámetro

El deshierbe incrementó en 101 % el diámetro basal de las plantas. No hubo interacción entre el deshierbe y el tipo de fertilización.

El tratamiento de vermicomposta con foliar combinado (VC+AF) produjo diámetros basales mayores que el fertilizante sintético y el control, tanto a los 91 ( $p=0.008$ ;  $p=0.06$ ) como a las 211 DDS ( $p=0.05$ ;  $p=0.06$ ) en tratamientos que no fueron deshierbados.

En tratamientos que se deshierbaron el fertilizante combinado produjo diámetros basales mayores que el control ( $p=0.05$ ) a los 91 DDS. Al final del experimento a los

221 DDS no hubo diferencias significativas. Las curvas de crecimiento se muestran en la figura 8 y 9.

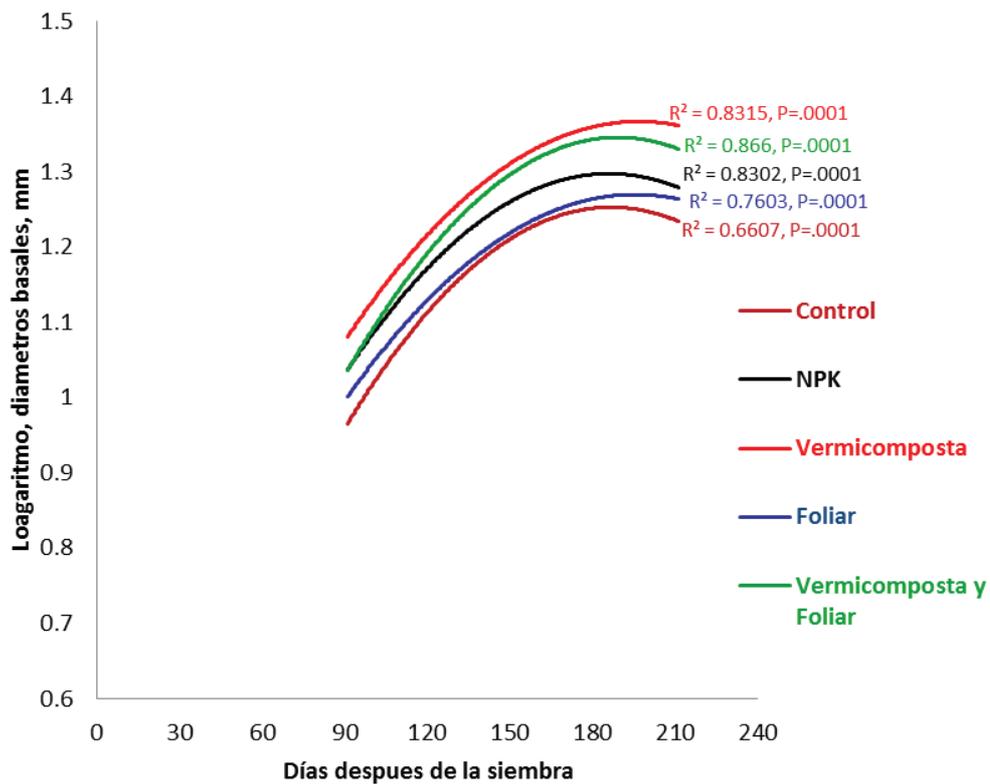


Figura 8. Trayectoria de crecimiento de diámetros basales en UE con deshierbe. Las curvas de crecimiento de diámetro se ajustaron a un modelo empírico (un polinomio de segundo grado).

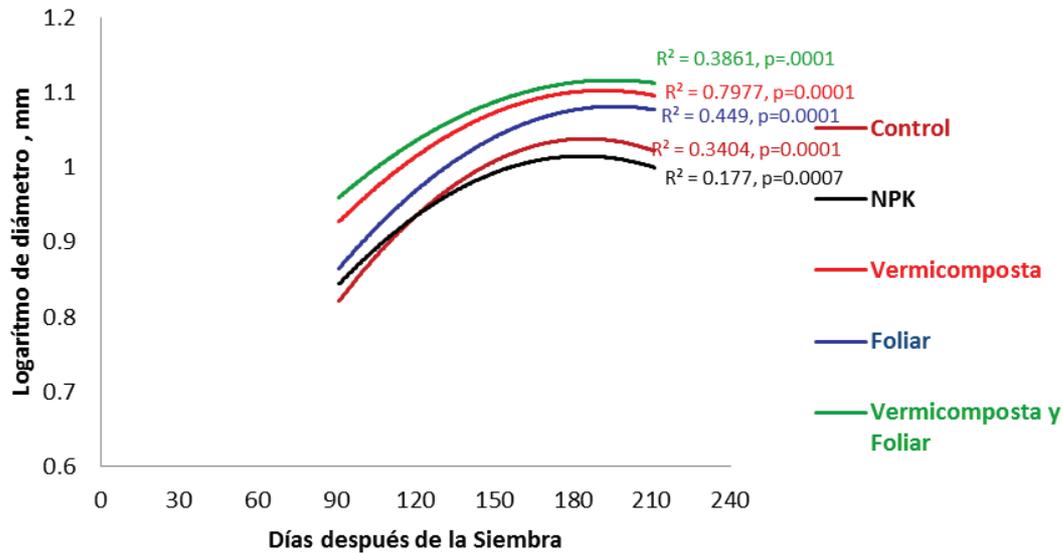


Figura 9. Trayectoria de crecimiento de diámetros basales en UE sin deshierbe. La trayectoria de las plantas fertilizadas con NPK se cruza presenta un decrecimiento prematuro en comparación de las demás trayectorias. Las curvas de crecimiento de diámetro se ajustaron a un modelo empírico (un polinomio de segundo grado).

## 8.6 Contenidos de proteína cruda

El porcentaje de proteína cruda varió entre 18 y 22% y no difirió entre tratamientos.

## 8.7 Nodulación

Las plántulas de 57 días que crecieron en el sustrato con vermicomposta presentaron más del doble de nódulos de *Rhizobium* nativo que el control y que las plantas con fertilización sintética o foliar ( $p=0.001$ ;  $p<0.001$ ). Los rangos de los promedios de

nódulos en plantas sin vermicomposta fueron de 0.9-1.35, en plantas con vermicomposta fueron de 4.89-5.03. En la Figura 10 se aprecian los nódulos en una planta fertilizada con vermicoposta.



Figura 10. Nódulos asociados a las raíces de *G. sepium* fertilizada con vermicomposta

## 8.8 Herbáceas

No se encontraron diferencias significativas en la altura ni en la MSA de los pastos en respuesta al tipo de fertilizante, aunque hubo una ligera tendencia a mayor altura de los pastos en parcelas que fueron fertilizadas con NPK. Las unidades experimentales del control también presentaron valores altos en MSA y altura. Figura 11. *G. sepium* rodeada de pasto estrella. La materia seca estimada de arvenses por metro cuadrado y la altura se presenta en el cuadro 7.

Fertilizante	Altura promedio cm	Error estándar	MSA, gr por m2	Error estándar
Control	72.25	6.09	817.4	29.64
NPK	75.73	8.13	756.2	3.65
Vermicomposta	64.29	5.1	591.4	8.78
Foliar	62.26	6.14	537.8	8.52
Vermicomposta y Foliar	68.2	5.6	561.9	5.5

Cuadro 7. Promedios y errores estándar de altura y MSA de arvenses por tipo de fertilizante a los 211 DDS.



Figura 11. Plántula de *G. sepium* rodeada de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) a los 80 DDS.

## **IX. DISCUSIÓN**

Algunos autores proponen que la siembra directa por semilla es una técnica promisorio para el establecimiento de ciertas especies arbóreas en pastizales a un menor costo (Hooper *et al.*, 2005). Sin embargo uno de los problemas observados al promover la adopción de plantaciones de árboles forrajeros en los potreros de la zona de estudio ha sido la falta de deshierbe por parte de los productores, pues, actúa en detrimento de la plantación (Trujillo 2009). Algunos trabajos realizados con *G. sepium* señalan que las herbáceas que conforman el pastizal compiten fuertemente por agua, nutrientes, y luz con las plántulas de árboles durante su establecimiento (Cook *et al.*, 1987).

Los resultados encontrados confirman uno de los planteamientos iniciales de esta investigación. Las plantas herbáceas del potrero impiden un buen establecimiento y crecimiento de las plantas de *G. sepium*.

### **9.1 Sobrevivencia**

La sobrevivencia de las plántulas fue mayor en parcelas deshierbadas, independientemente del tipo de fertilizante que se les aplicó. Incluso después de octubre en época de sequía, las plantas que se deshierbaron presentaron menor mortalidad que las que no se deshierbaron. Otras investigaciones han reportado que la competencia con pasturas es el principal factor que impide la supervivencia de plántulas forestales (Holl *et al.*, 2000). Otros autores (Gonzales Montagut 1996; Sun and Dickinson 1996; Posada *et al.* 2000) también sugieren que los pastos forrajeros

cultivados, (en nuestro caso, la especie *Cynodon plectostachyus*), tienen también este efecto negativo. La baja sobrevivencia a los 121 DDS en algunos tratamientos que no fueron deshierbados, posiblemente se debió a la competencia por luz entre las herbáceas y las plantas de *G. sepium*, más que por nutrientes o agua del suelo. De hecho la mayor mortalidad ocurrió durante el fin de lluvias, por lo que se descarta que el agua haya sido el recurso limitante en la sobrevivencia antes el mes de octubre. De acuerdo con Davis y colaboradores (1998) la mayor limitante durante la estación húmeda es la competencia por luz con las herbáceas.

Después del mes de octubre, al comenzar la época seca, el agua pudo haber sido el recurso por el que compitieron más *G. sepium* y las plantas herbáceas.

De acuerdo con varios autores (Grime 1979; Denslow 1980; Bjorkman 1981; Augspurger 1984; Robinson and Rorison 1988; Rincón y Grime, 1989) las plantas que crecen con baja disponibilidad de luz y alta disponibilidad de nutrientes muestran una baja tasa de crecimiento, fotosíntesis, absorción de nutrientes, y baja producción de biomasa. Esto pudo haber ocurrido con las plantas que se fertilizaron con NPK durante la época de lluvias. Al no tener suficiente disponibilidad de luz durante la época húmeda, la absorción de nutrientes y el crecimiento de raíces fue insuficiente, lo que posiblemente afectó la capacidad de penetrar a zonas más profundas y con mayor retención de humedad en la época de secas.

## 9.2 Materia seca aérea

En las parcelas deshierbadas, el único fertilizante que produjo más MSA que el control fue la vermicomposta. Esta mejora la germinación de las semillas, aumenta el crecimiento de las plántulas e incrementa la productividad de las plantas. Las vermicompostas tienen alta porosidad, aireación, drenaje, retención de humedad, disponibilidad de minerales y actividad microbiana (Edwards y Burrows, 1988; Edwards, 1998; Atiyeh *et al.*, 2000). Esto pudo haber brindado un mejor desarrollo radicular desde que la planta germinó y esto se reflejó en la MSA al final del experimento. El efecto es más notorio en suelos con malas características, como el del predio donde se realizó el experimento (por ejemplo, alta compactación, pH ácido, baja conductividad eléctrica).

Llama la atención que en parcelas deshierbadas, el tratamiento VC+AF no produjo más MSA que el control.

En parcelas sin deshierbe, los únicos fertilizantes que produjeron más MSA que el control fueron vermicomposta y vermicomposta con foliar combinado. Este efecto positivo puede ser atribuido directamente al mejoramiento de la estructura del suelo y de disponibilidad de nutrientes aportado por la vermicomposta (Atiyeh, 2002) y que las plántulas aprovecharon desde la germinación. A diferencia de los fertilizantes sintéticos, la vermicomposta se puede aplicar antes que la semilla germine, sin correr el riesgo de “quemar” a la plántula.

La fertilización con NPK no produjo un aumento significativo en la MSA sobre el control en parcelas con deshierbe. Otros estudios han reportado el efecto nulo de la

fertilización química al establecer plántulas de árboles en pastizales degradados (Román et al. 2007., Bendfelt *et al* 2001). Estos resultados sugieren abandonar el uso de fertilizantes sintéticos en proyectos de restauración y de establecimiento de parcelas silvopastoriles.

Con base en los resultados obtenidos de materia seca aérea se confirma la hipótesis alternativa uno, ya que al menos un fertilizante permitió un mayor crecimiento de las plantas con deshierbe. No se confirma la segunda hipótesis alternativa ya que el VC + AF no fue el fertilizante que permitió a las plantas un crecimiento mayor que el control.

La hipótesis de las posibles interacciones entre las herbáceas y las plántulas se confirma. La fertilización con vermicomposta y abono foliar le brindo al árbol ciertas ventajas competitivas. La menor diferencia relativa de MSA entre plantas con deshierbe y sin deshierbe, fue en las plantas fertilizadas con vermicomposta y abono foliar combinado.

### **9.3 Trayectoria de alturas**

En parcelas con deshierbe, las curvas de crecimiento de altura decrecen a partir de 180 DDS, mientras que en las parcelas sin deshierbe las curvas comienzan a decrecer a partir de los 160 DDS. El periodo de sequía comenzó aproximadamente a los 120 DDS. Hooper *et al.* (2005) mencionan que la tasa de crecimiento relativo de plántulas forestales dentro de un pastizal abandonado dominado por *Sacharum spontaneum*, se redujo a la tercera parte en temporada de sequía en comparación con la tasa registrada durante el periodo de lluvias.

En este caso la presencia de herbáceas no facilitó el crecimiento en altura de *G. sepium* evitando la evaporación de la humedad del suelo. Por el contrario los tratamientos con herbáceas dejaron de crecer antes que las plantas que fueron deshierbadas.

#### **9.4 Trayectoria de diámetros**

Los diámetros continuaron creciendo después de que la altura empezó a decrecer. Esto sugiere que las plántulas pudieron seguir acumulando biomasa sin aumentar su altura. Las plantas con deshierbe alcanzaron mayores diámetros que las plantas sin deshierbe. Cobbina (1994) encontró que controlar la incidencia de herbáceas aumenta el diámetro del tallo en *G. sepium*.

Las plantas fertilizadas con NPK tenían diámetros ligeramente mayores que las plantas control a los 91 DDS. Aproximadamente a los 120 DDS ocurre un cruce en las trayectorias de las plantas control y de las plantas fertilizadas con NPK. Lo que muestra un efecto negativo por haber aplicado fertilizantes sintéticos. La alta solubilidad y disponibilidad de las sales pudo haber sido aprovechada por las herbáceas más competitivas, antes que por las plántulas de *G. sepium*, o al mismo tiempo pero procesadas con mayor velocidad. En este caso, la interacción entre herbáceas y *G. sepium* se comporta de acuerdo al modelo de competencia C-S-R de Grime, que establece que la intensidad competitiva aumenta con el incremento en la abundancia de recursos, productividad y biomasa de organismos vecinos (Grime y Hodgson, 1987).

De ello concluimos que no es recomendable aplicar fertilizantes sintéticos si no hay garantía de una buena práctica de deshierbes.

### **9.5 Contenidos de proteína cruda**

Estos resultados sugieren que el Nitrógeno no fue un recurso limitante para las plantas con deshierbe, incluso con una concentración medio-baja (0.11%) de nitrógeno total en el suelo de la parcela sin fertilizar.

El porcentaje promedio de proteína cruda de *G. sepium* fue de 18%. Este valor es menor al reportado por Araquere *et al.* (2006) en podas de rebrotes de árboles adultos (26%). Los porcentajes de proteína cruda varían en el tiempo, Es posible que en periodos de lluvias cuando la tasa fotosintética es más alta, los porcentajes de proteína cruda puedan ser mayores a los encontrados en nuestro muestreo durante la secas.

### **9.6 Nodulación**

Haber encontrado más nódulos en las plantas abonadas con vermicomposta que en los otros sustratos es congruente con lo reportado sobre la estimulación de la actividad microbiana por la vermicomposta (Atiyhe *et al* 2000). De acuerdo con Tan y Tantiwiranond (1983), las sustancias húmicas estimulan el crecimiento de leguminosas pues mejoran la fijación de nitrógeno en el suelo. Estos autores encontraron que el peso seco de los nódulos fue mayor en un medio con ácidos húmicos y fúlvicos que en el control.

## X. CONCLUSIONES

1. La siembra directa de semillas de *G. sepium* en potreros degradados es una alternativa viable para el establecimiento de sistemas silvopastoriles, siempre y cuando se hagan limpias en la época de mayor crecimiento de las herbáceas.

El deshierbe fué la práctica de mayor importancia para la sobrevivencia y crecimiento de *G. sepium* en este experimento.

2. La vermicomposta mejoró el crecimiento y establecimiento de *G. sepium* en pastizales degradados. Cuando no se realizó el deshierbe mejoró la sobrevivencia, pero no impidió que las herbáceas dominara competitivamente a la plántula del árbol.

3. La vermicomposta estimula la asociación simbiótica entre *G. sepium* y *Rhizobium* en estadios tempranos del establecimiento.

4. La aplicación de fertilizantes sintéticos fue contraproducente para la sobrevivencia y el crecimiento de *G. sepium*, cuando no se hizo deshierbe y sin efecto cuando si se hizo.

5. Es importante realizar más investigaciones sobre los mecanismos de interacción entre herbáceas y árboles forrajeros en zonas degradadas para así garantizar el éxito de proyectos de ganadería ecológica y restauración en la zona de estudio y en otras regiones ecológica y socialmente similares.

## XI. LITERATURA CITADA

- Araquere C., Quijada T., D'aubeterre R., Paez L., Sánchez A., y Espinoza F. 2006. Bromatología del mataradón (*Gliricidia sepium*) a diferentes edades de corte en Urachiche, estado Yaracuy, Venezuela. *Zootecnia Tropical*.24 (4): 393-399.
- Altieri, M.A., The impact, uses and ecological role of weeds in agroecosystems, in *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches*, Altieri, M.A. and Liebman, M., Eds., CRC Press, Boca Raton, FL, 1988, pp. 1–7. Vol 24. No 4. Pp p.393-399.
- Andrew Vega K. D. 2002. Evaluación de abonos orgánicos y biofertilizantes líquidos para el desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) bajo el sistema de cultivo protegido en Panamá. Tesis de Maestría. CATIE. Costa Rica.
- Atiyeh R. M, Lee S., Edwards C. A., Arancon N.Q., Metzger J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*. 84: 7–14.
- Atiyeh R. M., Arancon N., Edwards C. A., Metzger J.D., 2000., Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology*. Vol 75. Pp 175.180.
- Augspurger CK (1984) Light requirements of neotropical tree seedlings: a comparative study of growth and survival. *Journal of Ecology*. 72:777-795.

Begon, M., Harper, J. L., y Townsend, C.R., 1986. Ecology, Individuals, Populations and Communities, Blackwell, Oxford, England.

Bendfeldt, E.; C. Feldhake y J.A. Burger. 2001. Establishing trees in an Appalachian silvopasture: response to shelters, grass control, mulch, and fertilization. *Agroforestry Systems* 53: 291-295.

Berkowitz, R.A., Competition for resources in weed-crop mixtures, Pp. 89–12. En *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches*, Altieri, M.A. y Liebman, M., Eds., CRC Press, Boca Raton, FL, 1988.

Bjorkman O. 1981. Responses to different quantum flux densities. In: Lange OL, Nobel PS, Osmond CB, Ziegler H (eds) *Physiological plant ecology I. Encyclopedia of plant physiology vol 12A*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 57-107.

Casper B. B., y Jackson R. B., 1997. Plant Competition Underground. *Annual Review of Ecological Systems*. 28: 545-570.

Clemens, F. E., Weaver, J. E. and Hanson, H. C., 1926. *Plant competition: an analysis of the development of vegetation*. Carnegie Institute, Washington, D.C., USA.

Cerrato M.E., H.A. Leblanc, C. Kamek. 2007. Potencial de Mineralización de Nitrógeno de Bokashi, compost y lombricompost producidos en la universidad EARTH. *Tierra Tropical*. 3 (2) 183-197.

Cobbina J. 1994. Growth and herbage productivity of Gliricidia in *Panicum maximum* pasture as influenced by seedbed preparation, planting and weed control techniques. *Agroforestry Systems*. 28: 193-201.

Cruz-Morales J., Trujillo-Vázquez, R.J., García-Barrios L.E., Ruiz-Rodríguez J.M., y Jiménez-Trujillo J.A. 2011. Manual Buenas Prácticas para la Ganadería Sustentable para la Reserva de la Biosfera La Sepultura (REBISE). Universidad Autónoma Chapingo, El Colegio de la Frontera Sur y La Comisión de Áreas Naturales Protegidas. Pp 95.

CONANP, 2006. Plan de Desarrollo Comunitario del Ejido Los Ángeles. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Davis M. A., Wrage K. J., Reich P., 1998. Competition between trees seedlings and herbaceous vegetation: support for theory of resource supply and demand. *Journal of Ecology*. 86: 652-661.

Denslow JS, Schultz JC, Vitousek PM (1990) Growth responses of tropical shrubs to tree fall gap environments. *Ecology* 71:165-179.

Edwards, C.A., Burrows, I., 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. In: Edwards, C.A., Neuhauser, E. (Eds.), *Earthworms in Waste and Environmental Management*. SPB Academic Press, The Hague, The Netherlands. 21-32 pp.

Franzel S. and Scherr S. (eds.) 2002. *Trees on the Farm: Assessin the Adoption Potential of Agroforestry Practices in Africa*. CABI Publishing, 208 pp.

Galletti S. y Lejonc G., 2003. *Stratégies de productions paysannes et agroforesterie. Construction d'une proposition d'alternatives techniques conciliant la*

conservation des ressources naturelles et le développement rural. Universidad Autónoma de Chapingo. Tesis de licenciatura.

García-Barrios L. E, 2003. Plant–plant interactions in tropical agriculture. Pp 12-50 En: J.H. Vandermeer, Editor, *Tropical agroecosystems*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

García-Barrios L., Ong C. K., 2004. Ecological interactions, management lessons and design tools in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 61: 221-236.

García-Barrios L. 2007. ¿Cómo cambian las interacciones ecológicas entre cultivos al modificarse la productividad ambiental en el trópico? En: *Avances en agroecología y ambiente* Vol. 1. López Olguín J. F., A. Aragón G. y A. M. Tapia R. BUAP, Puebla, México. 1-26.

García-Barrios L., Nahed T.J., Trujillo-Vázquez R., López M.J. 2006. 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”. Propuesta de Proyecto para financiamiento por parte del Fondo Mixto Chiapas y Conacyt.

Grime, J. P. 1979. *Plant strategies and Vegetation Processes*. Wiley. Neva York.

Holl, K. D.; Loik, M. E.; Lin, E. H. y Samuels, I. A. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology*. 8( 4): 339-349.

- Harper J.L. 1990. Population Biology of Plants. Academic Press, London, UK. 892
- Hooper E., Legendre P., y Condit. R., 2005. Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama. *Journal of Applied Ecology*. 42: 1165-1174.
- Huante P., Rincon E., Stuart Chapin F., 1997. Foraging for Nutrients, responses to changes in light and competition in tropical deciduous tree seedlings. *Oecologia*. 117: 209-216.
- Instituto Nacional de Ecología. 1999. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera La Sepultura. Unidad de Participación Social, Enlace y Comunicación, INE. México
- Jackson LE, Bawa K, Brussaard L, Pascual U, Ruitter P. 2007. Biodiversity in agricultural landscapes: Saving natural capital without losing interest. *Agriculture, Ecosystems, and Environment* 121:193–195.
- Jen-Hshuan Chen. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. Land Development Department, Bangkok 10900 Thailand.
- João Batista Silva Araújo J. B. , José de Carvalho G. , Rubens José Guimarães R. J. , Ramalho de Moraes A., Rodrigo Luz da Cunha R., 2008 . Composto Orgânico e Biofertilizantes Supermagro Na Formação De Cafeiros. *Coffee Science, Lavras*.3( 2): 115-123,

- Kang BT, Wilson GF and Lawson TL (1984) Alley cropping: A stable alternative to shifting cultivation. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 157-164.
- Kropff, M. and Lotz, L., 1992 Optimization of weed management systems: the role of ecological models of interplant competition, *Weed Technol.*, 6:462–470.
- Kropotkin, P., 1902. Mutual Aid: A factor of Evolution. Porter Sargent, Boston M.A
- Liebman, M., and Stavers, C.P., C.P. 2000. Crop diversification for weed management, in Liebman, M., Mohler, C. L., and Stavers, C.P., 2000: ecological Management of Agriculture Weeds. Cambridge University Press. NY, USA.
- Little, M. T. y Hills F. J. 1985. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas. Sexta reimpression. México, DF. Pp. 87- 89.
- Morales C. 2008. Evaluación Experimental de Prácticas de Manejo para el Establecimiento de Plantaciones Silvopastoriles de *Gliricidia sepium* en la Reserva de la Sepultura. Protocolo de tesis. ECOSUR. Pp 4, 7, 9.
- 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 Rio El Tablón, Villaflores, Chiapas. Informe COANAP. Pp. 11-12, 26-30
- Nair PKR (1993). An Introduction to Agroforestry. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Pattanayak S. K., Mercer D. E., Sills E., and Yang J. C., 2003., Taking stock of agroforestry adoption studies. *Agroforestry Systems*.57: 173-186.

- Pedroza H., Dicoovski L., 2006. Sistema de Análisis estadístico con SPSS. Instituto Nicaragüense de tecnología agropecuaria. Pp 83-84.
- Peltzer, D.A., Wilson, S.D. & Gerry, A.K. 1998. Competition intensity along a productivity gradient in a low-diversity grassland. *American Naturalist*, 151, 465-476.
- Programa Sectorial y Agropecuario. 2001-2006. Secretaria de Planeación COPLADE. Subcomité Sectorial Agropecuario y Forestal. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Posada J.; T. Mitchell y J. Cavelier. 2000. Cattle and weedy shrubs as restoration tools of tropical montane rainforest. *Restoration Ecology* 8(4): 370-379.
- Rajaniemi T. K., 2002. Why does fertilization reduce plant species diversity? Testing three competition-based hypothesis. *Journal of ecology*. 90: 316-324
- Restrepo 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares: experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. San José. Costa Rica. p 157
- Rincón E., Grime J.P. 1989. Plasticity and light interception by six bryophytes of contrasted ecology. *Journal of Ecology*. 77: 439-446.
- Robinson D, Rorison I.H. 1988. Plasticity in grass species in relation to nitrogen supply. *Functional Ecology*. 2:249-257.
- Román-Dañobeytia F., Levy Tacher S., Perales Rivera H., Ramirez Marcial N., Douterlungne D., López Mendoza S., 2007. Establecimiento de seis especies

arbóreas nativas en un pastizal degradado en la selva Lacandona, Chiapas, México. *Ecología Aplicada*.6: Pp 1-8. Perú.

Sanfiozeno-Barnhard, C., García-Barrios L., Meléndez-Ackerman E., and Trujillo-Vásquez R. 2009. Woody Cover and Local Farmers' Perceptions of Active Pasturelands in La Sepultura Biosphere Reserve Buffer Zone, Mexico. *Mountain Research and Development*. Vol. 29 (4): 320–327.

Sanfiozeno-Barnhard, C., L. Gracia-Barrios, N. Ramírez-Marcial, R. Trujillo-Vásquez 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.

Siemann E., y Rogers W.E., 2003. Changes in light and nitrogen availability under pioneer trees may indirectly facilitate tree invasions of grasslands. *Journal of Ecology*. 91: 923-931.

Sun D., y Dickinson G. R., 1996. The competition effect of *Brachiaria decumbens* on the early growth of direct-seeded trees of *Alphitonia petriei* in tropical north Australia. *Biotropica*. 28 (2): 272-276.

Sunding D., y Zibelman D., 1999. The agricultural Innovation Process: Research and Technology Adoption in a Changing Agricultural Sector. *Handbook of Agricultural Economics*.. Elsevier. 1: 207-261.

Tan, K.H., Tantiwiranond, D., 1983. Effect of humic acids on nodulation and dry matter production of soybean, peanut, and clover. *Soil Science Society of America Journal* 47: 1121–1124.

- 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 de: Máster en Agroecología. Universidad Internacional de Andalucía.
- 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 Pp 50.
- Zimmerman, J.K.; J.B. Pascarella y T.M. Aide. 2000. Barriers to forest regeneration in an abandoned Pasture in Puerto Rico. *Restoration Ecology*. (8)4: 350-360.

## APENDICES

Apéndice 1. Resultados de ANDEVA sobre Materia Seca Aérea a los 211 DDS.

---

Fuente	G.L	F	Pf
Modelo	34	4.024	<.0001
Bloque	5	1.491	<.0001
Fertilizante	4	3.881	.014
Bloque*Fertilizante	20	.917	.573
Deshierbe	1	88.33	<.0001
Fertilizante*Deshierbe	4	1.794	.162
Error	25		

---

VC= Vermicomposta, AF = Abono foliar VC+AF = Vermicomposta y foliar combinados.

Apéndice 2. Materia seca aérea a los 211 DSS por fertilizante con y sin deshierbe y diferencia relativa expresada en porcentaje.

Fertilizante	Materia seca aérea con deshierbe, gr	Materia seca aérea sin deshierbe, gr	Diferencia relativa en %
Control	49.47	12.33	75.07
NPK	78.61	6.41	92.18
VC	91.43	25.84	71.73
AF	72.29	15.65	78.35
VC+AF	80.69	44.16	45.27

VC= Vermicomposta, AF = Abono foliar VC+AF = Vermicomposta y foliar combinados.

Apéndice 3. Análisis de contenidos de vermicomposta

Prueba	P ext.	M.O	pH	N total	Densidad Aparente	Cond. eléctrica	C.IC.	Ácidos Húmicos	Ácidos Fúlvicos	Humus Total
unidad	mg/K g	%	%	%	gr/mL	dS/m	Cmol/Kg	%	%	%
cantidad	13.6	20.3	7.3	1.07	.62	3.15	44.9	1.94	.13	2.06

Apéndice 4. Análisis de elementos contenidos en el fertilizante foliar.

Elemento	Potasio	Magnesio	Calcio	Cobre	Hierro	Zinc	Manganeso
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Cantidad	1697.666	477.333	2691.833	0.8867	27,34	3.316	25.72