

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

Trabajo de Graduación

Evaluación del comportamiento de Falso roble (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.), Genízaro (*Phitecellobium saman* (Jacq.) Benth.) y Guanacaste negro (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) en ensayo de germinación y sembrados en dos tipos de sustrato orgánico

AUTORES

Br. Osmar G. Mendoza Sánchez.

Br. Sergio D. Suárez Montealegre.

ASESOR

Dr. Benigno González Rivas.

Managua, Nicaragua

Agosto 2013

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

Trabajo de Graduación

**Evaluación del comportamiento de Falso roble (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.),
Genízaro (*Phitecellobium saman* (Jacq.) Benth.) y Guanacaste negro (*Enterolobium
cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) en ensayo de germinación y sembrados en dos tipos de
sustrato orgánico**

AUTORES

Br. Osmar G. Mendoza Sánchez.

Br. Sergio D. Suárez Montealegre.

ASESOR

Dr. Benigno González Rivas.

Presentado a la consideración del Honorable Tribunal Examinador como requisito para
optar al Grado de Ingeniero Forestal

Managua, Nicaragua

Agosto 2013

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Ubicación del área de estudio	4
3.2. Proceso metodológico	5
3.3. Análisis de datos	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1. Resultados del ensayo de germinación	15
4.2. Efecto de los sustratos en las variables diámetro basal y altura total	31
4.3. Mortalidad y sobrevivencia de las plantas de <i>P. saman</i> y <i>E. cyclocarpum</i> en el vivero	34
V. CONCLUSIONES	36
VI. RECOMENDACIONES	37
VII. LITARATURA CITADA	38
VIII. ANEXOS	40

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios, por haberme dado la sabiduría, el discernimiento para analizar e interpretar los conocimientos que son necesarios para llevar a feliz término este trabajo con el cual logré finalizar mis estudios.

A mi madre, Guillermina Sánchez, por ser la persona que me ha apoyado en todos los momentos de mi vida, por estar ahí cuando la he necesitado, con quien he compartido alegrías y tristezas, siendo el pilar fuerte en mi vida.

A mi familia; por los consejos y la motivación que nunca me faltaron de parte de ellos. Los considero un regalo de Dios.

Osmar G. Mendoza Sánchez.

DEDICATORIA

Ofrezco el fruto de mis esfuerzos a:

Dios: Quien por Su inmenso amor y mi fe en Él, me ha dado la vida eterna, sabiduría y fe hacia el futuro y la voluntad de concluir con alegría mis estudios.

Mi Madre: Ana Mercedes Montealegre Mayorga, quien con su amor incondicional, sus grandes esfuerzos y sacrificios me ha transmitido valores cristianos, morales y humanos para ser una mejor persona.

Mis Hermanos: Ronald Montealegre y Richard Suárez Montealegre por todo el apoyo que me brindaron a lo largo de mi travesía universitaria.

Todos mis Compañeros de clase y Amigos: Por compartir conmigo cada día la sabiduría, tristezas y alegrías y el apoyo moral.

Mis Maestros y Personal Administrativo de la Universidad Nacional Agraria: Por disponerse a transmitirme el conocimiento y experiencia profesional que los invade y agilizar los procesos necesarios para culminar satisfactoriamente mis estudios.

Nicaragua entera: Por facilitarme sus recursos humanos, naturales y económicos con los cuales me he formado.

Con la conciencia de retribuirles todo su apoyo;

¡GRACIAS A TODOS USTEDES!

Sergio Daniel Suárez Montealegre.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especial y profundamente a **Dios**, por la vida oportuna y esforzada que nos ha permitido tener para transitar por la vía universitaria. ¡Querido Dios, este esfuerzo es una cosecha para ti!

Agradecemos al **Dr. Benigno González Rivas** por asesorarnos con paciencia e interés en la elaboración de nuestro Trabajo de Titulación.

Agradecemos al **Ing. Alberto Sediles**, secretario del Consejo Universitario por su apoyo el lo referente a la identificación de las plagas en el vivero.

Agradecemos a **Ing. Celia Villatoro** por su apoyo y aporte desde la Unidad de Gestión Ambiental de la Universidad Nacional Agraria en lo que respecta al compostaje que utilizáramos en el vivero.

Agradecemos a nuestros compañeros de clase que estuvieron más cerca en el proceso de este Trabajo de Titulación; **Br. Kenia Pascua González, Br. Erika Pérez Roque, Br. Douglas Méndez Gutiérrez, Br. Olman Narváez Urbina, Br. Josué Rodríguez Cruz, Br. Francisco Fuentes Téllez, Br. Franklin Ruíz Chávez, Br. Salvador Gutiérrez Ruíz y Br. Cristian Blanco** por su colaboración en el vivero y la recolección de datos de campo.

¡Eternamente Gracias a todos Ustedes!

Osmar Giovanni Mendoza Sánchez

Sergio Daniel Suárez Montealegre

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA	
1	Localización de árboles padres	5
2	Composición química de los sustratos utilizados en el vivero	10
3	Porcentaje de germinación en el primer ensayo para <i>E. cyclocarpum</i>	17
4	Porcentaje de germinación en el segundo ensayo para <i>E. cyclocarpum</i>	18
5	Porcentaje de germinación en el primer ensayo Lote 1 de <i>P. saman</i>	18
6	Porcentaje de germinación en el segundo ensayo Lote 1 de <i>P. saman</i>	19
7	Porcentaje de germinación en el primer ensayo Lote 2 de <i>P. saman</i>	20
8	Porcentaje de germinación en el segundo ensayo Lote 2 de <i>P. saman</i>	20
9	Valor de la Germinación métodos Czabator y Djavanshir & Pourbeik para primer ensayo de <i>E. cyclocarpum</i>	27
10	Valor de la Germinación métodos Czabator y Djavanshir & Pourbeik para segundo ensayo de <i>E. cyclocarpum</i>	27
11	Valor de la Germinación de <i>P. saman</i> en el primer ensayo Lote 1	28
12	Valor de la Germinación de <i>P. saman</i> en el segundo ensayo Lote 1	28
13	Valor de la Germinación de <i>P. saman</i> en el primer ensayo Lote 2	29
14	Valor de la Germinación de <i>P. saman</i> en el segundo ensayo Lote 2	29
15	Efecto de los sustratos sobre el incremento en altura total y diámetro basal para <i>P. saman</i>	31
16	Efecto de los sustratos sobre el incremento en altura total y diámetro basal para <i>E. cyclocarpum</i>	32
17	Porcentajes de mortalidad y sobrevivencia de <i>E. cyclocarpum</i> en vivero	33
18	Porcentajes de mortalidad y sobrevivencia de <i>P. saman</i> en vivero	33

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Mapa de ubicación del área de estudio	4
2	Herramientas utilizadas para la construcción de bancales	9
3	Bancales dispuestos en el vivero	10
4	Diseño de bloques para <i>E. cyclo carpum</i>	13
5	Diseño de bloques para <i>P. saman</i>	13
6	Apariencia de las semillas de <i>T. rosea</i>	15
7	Embriones inviables de <i>T. rosea</i>	15
8	Energía de germinación de <i>E. cyclo carpum</i> en el primer ensayo	21
9	Energía de germinación de <i>E. cyclo carpum</i> en el segundo ensayo	22
10	Energía de germinación de <i>P. saman</i> en el primer ensayo Lote 1	23
11	Energía de germinación de <i>P. saman</i> en el segundo ensayo Lote 1	23
12	Energía de germinación de <i>P. saman</i> en el primer ensayo Lote 2	24
13	Energía de germinación de <i>P. saman</i> en el segundo ensayo Lote 2	24
14	Valores promedios de altura total de <i>P. saman</i> y <i>E. cyclo carpum</i> en vivero	30
15	Valores promedios de diámetro basal de <i>P. saman</i> y <i>E. cyclo carpum</i> en vivero	30
16	Planta de <i>E. cyclo carpum</i> con daños evidentes	34
17	Plántula de <i>P. saman</i> afectada por daño asociado a hongos y bacterias fitopatógenas	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Formato de Ensayo de Germinación (Adaptado de FAO, 1991)	40
2	Formato para determinar el valor de la germinación	41
3	Formato para la toma de datos en vivero	41
4	Ficha dasométrica y silvicultural árbol padre de <i>P. saman</i>	42
5	Ficha dasométrica y silvicultural árbol padre de <i>E. cyclocarpum</i>	42
6	Ficha dasométrica y silvicultural árbol padre de <i>T. rosea</i>	42

RESUMEN

Las etapas de este trabajo de investigación se llevaron a cabo en las instalaciones del invernadero y vivero de la Universidad Nacional Agraria, ubicada a la altura del kilómetro 12 carretera norte en la ciudad de Managua. Se realizó un ensayo de germinación con semillas falso roble *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., genízaro *Phitecellobium saman* (Jacq.) Benth. y guanacaste negro *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., para cuantificar el porcentaje, energía y valor de la germinación aplicando tratamientos pre germinativos. Posteriormente, en vivero, se establecieron dichas especies en un diseño de bloques completos al azar con tres bloques por especie, tres tratamientos por bloque y noventa repeticiones por tratamiento, realizando un ANDEVA y aplicando una prueba de separación de medias. Las variables evaluadas en el ANDEVA fueron altura total y diámetro basal. Separadamente se evaluó la mortalidad y sobrevivencia de las plantas en el vivero. El tratamiento pre germinativo que dio mejores resultados fue el rompimiento de la testa en el extremo donde se encuentra el micrópilo, con porcentajes de germinación superiores al 90%. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, por lo cual no hubo efecto de los sustratos sobre los incrementos de las plantas de genízaro *Phitecellobium saman* (Jacq.) Benth. y se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y variables para guanacaste negro *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. con los mayores incrementos en compostaje con 29,32 cm y los menores en tierra común 18,82 cm. El compostaje fue el sustrato donde ocurrió la mayor sobrevivencia de guanacaste negro *Phitecellobium saman* (Jacq.) Benth. con 85% y genízaro *Phitecellobium saman* (Jacq.) Benth. con 66%. Los valores de mortalidad fueron menores al 26% en todos los sustratos.

Palabras clave: Germinación, tratamientos, abono orgánico, mortalidad, sobrevivencia.

ABSTRACT

The stages of this research were conducted in the greenhouse and nursery facilities of the National Agrarian University, located at kilometer 12 North Road in the city of Managua. We performed a seed germination assay oak false *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., genízaro *Phitecellobium saman* (Jacq.) Benth. and guanacaste negro *Enterolobium* (Jacq.) Griseb. to quantify the percentage, energy and germination value using pre germination treatments. Later, in the nursery, these species were established in a design of randomized complete block with three blocks per species, three treatments per block and ninety replicates per treatment, performing a test using ANOVA and mean separation. The variables evaluated in the ANOVA were total height and basal diameter. Separately assessed mortality and survival of plants in the nursery. The pre-germination treatment worked best was the breaking of the head at the end where the micropyle, with germination percentages above 90%. No significant differences were found between treatments, so there was no effect of substrates on plants increases genízaro *Phitecellobium saman* (Jacq.) Benth. and significant differences between treatments and variables for guanacaste negro *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. with the largest increases in composting with 29.32 cm and common ground under 18.82 cm. Composting was the substrate where the greatest survival occurred guanacaste negro *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. with 85% and genízaro *Phitecellobium saman* (Jacq.) Benth. with 66%. The mortality values were less than 26% in all substrates.

Keys words: Germination, treatments, organic substrate, mortality, survival.

I. INTRODUCCIÓN

Las especies vegetales y en particular aquellas de carácter forestal, tienen una forma de diseminación o dispersión de sus semillas muy propia producto de los acontecimientos evolutivos en el tiempo. Cada especie desarrolló un tipo de fruto y semilla que contienen la información genética necesaria para continuar subsistiendo en el planeta.

En Nicaragua, las diferentes instituciones ambientales gubernamentales y no gubernamentales tienen la misión de proteger, conservar, fomentar, manejar y aprovechar sosteniblemente los bosques con que se cuenta en el país. Ante esto último, se hace necesario garantizar la reposición de los recursos forestales con el propósito de compensar los bienes y servicios ambientales utilizados.

Puesto que son muchos los factores que afectan día a día los recursos naturales, en particular el recurso bosque, tales como la deforestación, avance de la frontera agrícola por la colonización de áreas naturales, los incendios forestales y diferentes actividades productivas, se hace necesario incrementar la producción forestal a través de viveros en los cuales se desarrollen plantas de calidad aptas para enfrentarse a las actuales condiciones ambientales.

El vivero representa el lugar donde se da la oportunidad para la reproducción de las plantas. Existen ciertas condiciones como riego, control de malezas, disposición de bancales y selección de los sustratos que pueden ser manejadas por el capital humano involucrado con el fin de conseguir plantas de calidad que se sobrepongan a las condiciones de terreno, tales condiciones también pueden experimentarse y evaluarse con el fin de determinar aquellas con más ventajas ecológicas, económicas y de rentabilidad.

La germinación se define como el surgimiento y desarrollo, a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables (Justice e ISTA citado por FAO, 1991).

El ser humano ha aprovechado y hasta cierto punto mejorado las condiciones para la germinación de semillas de ciertas especies de interés particular. Aplicando tratamientos a las semillas, probando con tipos de sustrato, variedad de instalaciones y aplicando procedimientos matemáticos se ha logrado inferir en los porcentajes de geminación de las semillas.

El presente trabajo trata de comprobar y demostrar la influencia de tratamientos de remojo y escarificación manual de semillas de *E. cyclocarpum*, *P. saman* y *T. rosea* en ensayo de germinación, así como los incrementos en diámetro basal y altura total de las plantas en vivero sembradas en diferentes sustratos, de tal manera que se genere información que enriquezca los conocimientos necesarios para su manejo en programas de reproducción.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento de falso roble *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., genízaro *Phitecellobium saman* (Jacq.) Benth. y guanacaste negro *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en ensayo de germinación y sembrados en dos tipos de sustrato orgánico.

2.2. Objetivos Específicos

1. Cuantificar el porcentaje, energía y valor de la germinación de las semillas de las especies consideradas.
2. Determinar la influencia de los sustratos en los incrementos en diámetro basal y altura total de las especies consideradas en un periodo de 4 meses en vivero.
3. Evaluar el grado de sobrevivencia y mortalidad de cada especie en la etapa de vivero.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio



Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

3.1.1. Localización

El estudio fue realizado en la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el km 12 carretera Norte, Managua. Esta zona se localiza en el litoral central del Pacífico, entre las coordenadas geográficas 12°08' latitud norte y 86°10' longitud oeste (INETER 2002, citado por Gómez & Rojas, 2004).

3.1.2. Clima

La zona presenta una época lluviosa bien definida durante los meses de mayo a noviembre, la precipitación media anual es de 1,132 mm, la temperatura media anual es de 27,09°C con una humedad relativa anual de 73,2% (INETER 2002, citado por Gómez & Rojas, 2004).

3.1.3. Instalaciones

Se utilizaron las instalaciones del invernadero de la Facultad de Agronomía para realizar los ensayos de germinación y se produjeron las plantas en el vivero de la Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente.

3.2. Proceso metodológico

3.2.1. Ensayo de germinación

3.2.1.1 Obtención de semillas

Las semillas fueron colectadas de árboles presentes en la ciudad de Managua. Se recolectaron los frutos caídos alrededor de cada árbol en marzo de 2012. Estos árboles fueron escogidos por presentar características deseables sobresalientes respecto a variables silviculturales (calidad de fuste, iluminación, presencia de lianas, vigorosidad y daños presentes) y variables dasométricas (diámetro, altura total, área basal y volumen), para lo cual se creó una ficha que presentara toda esta información (anexos 4,5 y 6). En el cuadro 1 se muestra la localización de los árboles escogidos como fuente semillera.

Especie	Localización
Falso roble	Instituto Manuel Olivares, entrada Hospital Lenin Fonseca, 2 cuadra este, 1 cuadra norte
Genízaro	Las Brisas, entrada Hospital Lenin Fonseca, 11 cuerdas al norte, 1 cuadra al este, 50 metros al norte
Guanacaste negro	Fuerza Naval, semáforos Ministerio de Gobernación, 1 cuadra al oeste

Cuadro 1. Localización de los árboles padres escogidos como fuente semillera

3.2.1.2. Mezclado de las semillas

Para mezclar las semillas se extendió cada lote sobre una mesa y se removió bien antes de dividirlo en cuatro partes iguales que fueron luego depositadas en cuatro recipientes de plástico.

La selección de las semillas a sembrar en el vivero fue producto de su azarización; una vez dispuestas en cada recipiente se procedió a sacar una semilla a la vez hasta completar una muestra de 400 semillas por especie.

3.2.1.3. Tratamientos pre germinativos

Se aplicó un tratamiento pre germinativo a las semillas de *P. saman*, siendo éste, sumersión en agua a punto de ebullición durante 2 minutos seguido de reposo en agua a temperatura ambiente por 12 horas previas a la siembra.

A las semillas de *E. cyclocarpum* se les aplicó dos tratamientos pre germinativos que consistieron en sumersión en agua a punto de ebullición durante 30 segundos seguido de reposo en agua fría durante 24 horas previas a la siembra y eliminación con tijera el extremo de la testa donde se encuentra el micrópilo.

3.2.1.4. Siembra de semillas

Para llevar a cabo el ensayo germinación, se seleccionó 400 semillas por especie divididas en 4 bloques de 100 cada uno, las cuales se sembraron en bandejas almacigueras de polietileno de 100 cavidades cada una. Se aplicó riego en las primeras horas de la mañana de cada día con atomizador manual.

3.2.1.5. Preparación del sustrato

El sustrato consistió en una mezcla de arena y tierra común en una proporción 1:1. Para obtener partículas de tamaño uniforme, estos elementos se removieron utilizando una zaranda de 0.8 mm sobre una carretilla, mezclándolos uniformemente.

3.2.1.6. Clasificación de lotes de semilla para *P. saman*

Debido a la baja germinación de las semillas recolectadas del árbol padre de *P. saman*, se adquirió semilla en una empresa para realizar otros ensayos de germinación y contar siempre con esta especie en el estudio de tal manera que se llamó lote 1 al recolectado del árbol padre y lote 2 a las compradas en la empresa Setropic, ubicada en San Marcos, Carazo.

Al lote 2 se le aplicó el tratamiento pre germinativo indicado en su ficha de uso, el cual consistió en sumersión en agua a punto de ebullición durante 2 minutos seguido de reposo en agua fría por 24 horas previas a la siembra y un segundo tratamiento de eliminación con tijera del extremo de la testa donde se encuentra el micrópilo.

3.2.1.7. Monitoreo

Se monitoreó la germinación en el invernadero durante veinte días. Para el recuento diario se utilizó una adaptación del formato de Germinación y Pureza propuesto en la Guía para la Manipulación de Semillas Forestales de la FAO (1991) (Anexo 1). El conteo se realizó en horas de la tarde cada día cuando se podía observar una buena germinación en cada cavidad y se eliminó cada plántula para evitar recuento al día siguiente.

3.2.1.8. Análisis y resultados esperados

Para el procesamiento de los datos y obtención de los resultados en el ensayo de germinación se utilizó la metodología propuesta por la FAO (1991), en la Guía para la Manipulación de Semillas Forestales.

En cuanto al porcentaje de germinación, el cual es una proporción de semillas que germinan en un periodo determinado, para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{\sum \text{SG}}{n} \times 100$$

Donde:

SG: Semillas germinadas por bloque

n: Número total de semillas en prueba

La energía de germinación consiste en una proporción de una muestra de semillas que germinan dentro de un periodo preseleccionado. Utiliza para su cálculo la germinación acumulada hasta dicho periodo (5to y 10mo día), dividiendo la germinación acumulada hasta dicho día entre el total de las semillas utilizadas para la prueba, obteniéndose así un porcentaje de germinación en un tiempo determinado.

$$\text{Energía de Germinación} = \frac{\text{GA}}{n} \times 100$$

GA: Germinación acumulada: es un conteo acumulado en el tiempo en que las semillas germinan.

n: Número total de semillas en prueba

El valor de la germinación es un valor numérico dado a la germinación que ocurre dentro de un periodo de energía. Se calculó a través del método de Czabator (1962) y el método de Djavanshir y Pourbeik (1976), según lo indica FAO 1991.

Según el método de Czabator:

$$VG = VeGD \text{ final} \times \text{Valor máximo de VeGD}$$

Dónde: VeGD= Velocidad de germinación diaria

Para aplicar el método de Djavanshir y Pourbeik:

$$VG = \sum VeGD / N \text{ final} \times \frac{\%GA \text{ final}}{10}$$

Dónde: VeGD= Velocidad de germinación diaria

N = Número de recuentos diarios, empezando a contar a partir de la fecha de la primera germinación

%GA = Porcentaje de germinación acumulado

El producto de la aplicación de ambos métodos es adimensional y es un valor absoluto, este valor, sea de un número entero o decimal es el valor numérico sin tener en cuenta si su signo es positivo o negativo. En una línea numérica es la distancia entre el número y el cero.

En este caso, cuanto más se acerque al cero el valor o expresión numérica de la germinación es relativamente bajo y cuanto más se aleje de éste, tiende a ser alto y refleja la efectividad del tratamiento pre germinativo.

Para determinar el valor de la germinación se utilizó como modelo el formato presentado en la Guía para la Manipulación de Semillas Forestales (FAO, 1991). (Anexo 2).

3.2.2. Establecimiento de vivero para la recolección de datos de diámetro basal y altura total

3.2.2.1. Herramientas

Las herramientas para elaborar los bancales y el llenado de bolsas fueron solicitadas prestadas de la bodega del Departamento de Manejo de Bosques.

Se utilizó coba para remover grumos de tierra en el área donde se establecieron los bancales. Con palín se niveló el área y se eliminó vegetación existente. Con zaranda se removieron partículas extrañas del compostaje ya que este estaba como producto bruto aún no terminado y con regadera de 5 galones se aplicó riego a las bolsas (Figura 3).

3.2.2.2. Construcción de bancales

Para crear los bancales se hizo una limpieza de todas las malezas existentes, remoción y nivelación del terreno, medición y aplicación del diseño del bancal, según lo indican Gómez y Rojas (2004).

Se crearon 18 bancales de $0,25 \text{ m}^2$ en dirección este-oeste a ras del suelo en las instalaciones del Vivero a cargo del Departamento de Manejo de Bosques y Ecosistemas de la Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente. En cada bancal se dispusieron 30 bolsas de polietileno de 6 pulg (15.24 cm) \times 8 pulg (20.32 cm) con capacidad de 2 libras rellenas de los diferentes sustratos a utilizar (Figura 4).



Figura 2. Herramientas utilizadas para construcción de bancales



Figura 3. Bancales dispuestos en el vivero

3.2.2.3. Composición de los sustratos utilizados

Se obtuvo suelo arcilloso localizado en el barrio Los Martínez, al oeste de la ciudad de Managua.

El sustrato de compostaje fue solicitado como donación ante la Unidad de Gestión Ambiental de la Universidad Nacional Agraria ya que esta cuenta con una planta compostera. El sustrato de Lombricompost se compró en la Empresa Humus en Managua.

La composición química de los sustratos Lombricompost (Tot compost S, L. 2005) y compostaje (UNA, 2007), se muestran en el siguiente cuadro:

Abono orgánico	Nitógeno (%)	Fósforo (ppm)	Potasio (meq/100gr de suelo)
Lombricompost	2,03	1,09	1,06
Compostaje	1,5 - 2,5	2 – 2,5	1,5

Cuadro 2. Composición química de los sustratos utilizados en el vivero

3.2.2.4. Manejo general de las plantas en vivero

Se realizaron labores de manejo en vivero con el propósito de otorgar a las plantas mejores condiciones para un buen desarrollo, las cuales son:

- Siembra: Se sembró una semilla con tratamiento pre germinativo de cada especie por bolsa.
- Riego: se aplicó riego con agua al final de la tarde diariamente utilizando regadera de 5 galones.
- Control de hierbas: Se hizo control manual de hierbas cada quince días.
- Permanencia: las plantas de *E. cyclocarpum* permanecieron 4 meses en el vivero y las de *P. saman* un periodo de 3 meses para efecto de las mediciones de diámetro basal y altura total.
- Ubicación de los bancales: Se ubicaron en dirección este-oeste para que la luz del sol lleguen de forma permanente a las plantas.
- Preparación de los sustratos: Mezcla de la tierra y arena en proporción 1:1 para bancales testigos y proporción completa en el caso del compostaje y Lombricompost.

El vivero a cielo abierto fue creado la segunda semana de agosto del 2012. La siembra directa de las semillas en las bolsas ocurrió en la tercera semana de agosto para ambas especies.

3.2.2.5. Evaluación de los incrementos en diámetro basal y altura total

3.2.2.5.1. Variables evaluadas

Las variables medidas durante la estadía de las plantas en el vivero fueron altura total y diámetro basal medidos en centímetros. Dichas mediciones se realizaron mensualmente, realizándose 4 mediciones para *E. cyclocarpum* y 3 mediciones para *P. saman*.

Para la determinación de la sobrevivencia y mortalidad en el vivero, se realizó el siguiente procedimiento tomado de López, 2000:

1. Recuento de las plantas muertas y vivas por tratamiento y repetición al momento de cada medición.
2. Sumatoria total por tratamiento y repeticiones.
3. Estimación media de las plantas muertas por tratamiento, dividiendo ese total de plantas muertas entre el número de repeticiones.
4. Para determinar el porcentaje de mortalidad, se divide la media entre el número de plantas por tratamiento multiplicado por 100.

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{\bar{n} \text{ plantas muertas}}{n \text{ plantas}} \times 100$$

5. Del total de plantas por tratamiento menos el porcentaje de mortalidad, la diferencia corresponde al porcentaje de sobrevivencia por tratamiento.

$$\% \text{ sobrevivencia} = n - \% \text{ mortalidad}$$

6. La mortalidad y sobrevivencia global a nivel de vivero se determina mediante la sumatoria de los porcentajes de mortalidad o sobrevivencia de todos los tratamientos, dividiendo esta sumatoria entre el número de tratamientos.

$$\text{Global} = \frac{\Sigma \% \text{ mort y sob de tratamientos}}{\# \text{ tratamientos}}$$

3.2.2.5.2. Diseño de los bloques

Para efecto de la evaluación de los incrementos en diámetro basal y altura total de las plantas en el vivero se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con 3 bloques por especie, 3 tratamientos por bloque y 90 repeticiones por tratamiento (Figura 5 y Figura 6).

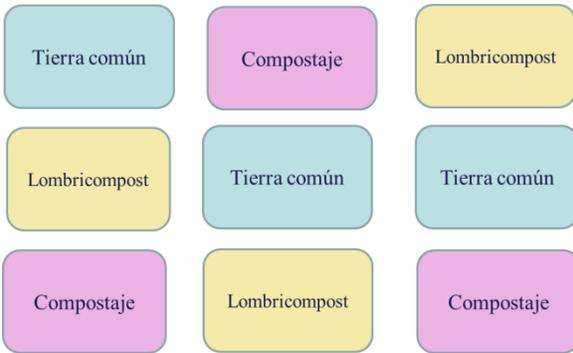


Figura 4. Diseño de Bloques para *E. cyclocarpum*

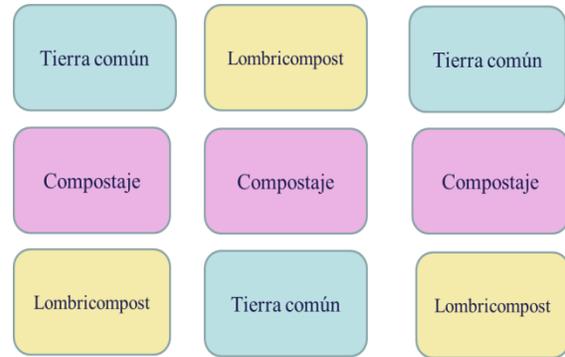


Figura 5. Diseño de bloques para *P. saman*

Cada bloque fue constituido de 3 bancales independientes con 30 bolsas útiles a las cuales se les tomaron los datos de diámetro basal y altura total.

3.2.2.5.3. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la utilización de tres tipos de sustrato, el suelo arcilloso al cual se le denominó tierra común, compostaje y Lombricompost. La distribución de dichos tratamientos en los bloques para cada especie fue producto del procedimiento de azarización (Figura 4 y figura 5).

Para la toma de datos en esta etapa se utilizará un formato específico (Anexo 3).

3.3. Análisis de datos

3.3.1. Para el Ensayo de Germinación

Se interpretaron los resultados obtenidos del ensayo de germinación de acuerdo a su concepto y comparándolos con estudios similares.

3.3.2. Para el Vivero

Se realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA) de los incrementos en diámetro basal y altura total y un Test de Tukey como prueba de separación de medias utilizando el software estadístico *InfoStat* versión 20091.

El Modelo Aditivo Lineal desarrollado fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}=Cada una de las mediciones de los tratamientos

i: 1,2,3... t: 3 tratamientos

j: 1,2,3... r: 90 repeticiones

μ= La media poblacional de los incrementos en los tratamientos

T_i = El efecto del i-ésimo tratamiento de sustrato sobre el incremento registrado

B = Efecto debido al j-ésimo bloque

E_{ij} = Error experimental del tratamiento "i" en el bloque "j"

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del ensayo de germinación

4.1.1. Porcentajes de germinación por especies

En base a los resultados obtenidos *T. rosea* no presentó germinación en ninguno de los ensayos realizados. En el primer ensayo la apariencia física externa de las semillas era muy buena (Figura 6) y no aparentaba tener problemas de viabilidad, sin embargo, para el segundo ensayo la apariencia cambió notándose un color más oscuro en el embrión (Figura 7).



Figura 6. Apariencia de las semillas de *T. rosea*



Figura 7. Embriones inviábiles de *T. rosea*

Esto coincide con lo expuesto por Cardozo, 1988 citado por Trujillo *et al.*, 1989 al considerar que la pérdida de viabilidad en las semillas de *T. rosea* se manifiesta por una coloración oscura característica de la oxidación de sus tejidos. Los síntomas evidentes son: el cambio de la coloración de la testa y el embrión, decrecimiento progresivo de la capacidad de germinación, incremento en el número de plántulas anormales, baja tolerancia a las condiciones de almacenamiento, presencia de mohos e incremento de la temperatura durante el almacenamiento.

Es probable que las semillas hayan perdido viabilidad por las condiciones de almacenamiento convencionales bajo las cuales se manejaron. Al almacenarse estas en una caja de cartón y estar expuestas al ambiente pudo haber ocurrido la oxidación de sus tejidos.

En Wikillerato 2008, se expone que en las células vegetales la oxidación de los ácidos grasos se lleva a cabo exclusivamente en los peroxisomas. Así, el papel biológico de la oxidación en estos orgánulos es principalmente el almacenamiento de lípidos con la función de producir precursores biosintéticos y no energía en forma de ATP. Los peroxisomas, llamados glioxisomas, en las semillas son responsables de convertir los ácidos grasos almacenados en glúcidos, aspecto que es crítico para obtener energía y materia prima para la germinación y desarrollo de la planta.

Por su parte Montes 1988, citado por Trujillo *et al.*, 1989 añade que si se tiene en cuenta que la luz y el oxígeno son responsables en buena parte de la oxidación biológica, un adecuado manejo de la oscuridad y el uso de compuestos antioxidantes pueden mejorar la conservación de la viabilidad en las semillas de aquellas especies ricas en grasas.

E. cyclocarpum en el primer ensayo presentó una germinación de 13.3% aplicándose tratamiento pre germinativo de sumersión en agua a punto de ebullición por 30 segundos seguido de reposo en agua a temperatura ambiente por 24 horas, dicha germinación comenzó a partir del segundo día de conteo y se prolongó hasta el treceavo día de conteo (Cuadro 3.)

Día		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
Réplicas	A	0	2	3	3	0	1	0	0	0	0	1	0	10
	B	2	1	4	4	0	0	1	1	1	0	1	1	16
	C	0	2	1	0	0	2	0	2	1	0	1	0	9
	D	3	3	4	3	1	1	0	1	1	1	0	0	18
Total		5	8	12	10	1	4	1	4	3	1	3	1	53
%		1	2	3	3	0,25	1	0,3	1	1	0,25	0,75	0,25	13,3

Cuadro 3. Porcentaje de germinación en el primer ensayo para *E. cyclocarpum*

Hernández de Bernal, *et al.*, 2010, plantean que para *E. cyclocarpum* la inmersión en agua caliente fue menos eficiente para estimular la emergencia de las semillas. Sin embargo, alcanzaron promedios superiores o cercanos al 50% (54.5 y 63.5 respectivamente) con 1 y 3 minutos.

En este estudio el tratamiento de sumersión en agua apunto de ebullición presentó un porcentaje de germinación bajo en los ensayos hechos para esta especie (13.3%), sin embargo, para mejorar la emergencia de las semillas es recomendable probar con incrementos en el tiempo de sumersión.

En este sentido, Albrecht 1993, citado por Navarro, *et al.*, 2009, reportó que la inmersión en agua a 90°C por un minuto produjo buenos resultados en la capacidad germinativa de *Acacia mearnsii* y *Acacia melanoxylon*; mientras que 30 segundos de remojo de las semillas de *Acacia mangium* en agua a altas temperaturas mantuvo la dormancia por cubierta dura (Bowen & Eusebio, 1981, citado por Navarro, *et al.*, 2009).

En el segundo ensayo el porcentaje alcanzó un 98% al aplicar tratamiento pre germinativo de rompimiento del extremo de la testa de la semilla donde se encuentra el micrópilo, comenzando la germinación a partir del cuarto día de conteo terminando al treceavo día de conteo (Cuadro 4).

Día		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	total
Réplicas	A	9	18	45	13	7	3	1	1	2	0	99
	B	8	39	31	2	4	2	3	2	2	2	95
	C	10	29	33	3	9	4	3	2	2	1	96
	D	9	25	41	12	5	3	1	1	2	1	100
Total		36	111	150	30	25	12	8	6	8	4	488
%		9	27,75	38	8	6,25	3	2	1,5	2	1	98

Cuadro 4. Porcentaje de germinación en el segundo ensayo para *E. cyclocarpum*

Según Robbins 1982 citado por FAO 1991, el método físico de cortar, perforar o abrir un pequeño orificio en la cubierta de cada semilla antes de sembrarla ha dado buenos resultados con los géneros *Acacia*, *Prosopis* y *Enterolobium* y otras leguminosas en Honduras.

Para esta especie la germinación en condiciones normales es muy tardada debido a su testadura. Con escarificación se logra la germinación en un lapso de 14 a 20 días, con un tiempo promedio de 17 días (IRENA, 1993).

En el caso de las semillas de *P. saman*, del lote 1, al aplicar tratamiento pre germinativo de sumersión en agua a punto de ebullición por 2 minutos seguido de reposo en agua a temperatura ambiente 12 horas, se produjo un porcentaje de germinación de 88 % (Cuadro 5). La germinación se inició al segundo día y se prolongó hasta el día 17 de conteo.

Día		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Total
Réplicas	A	2	3	1	4	0	5	18	12	15	13	6	2	0	1	1	1	84
	B	1	1	2	4	3	5	16	15	10	20	8	2	1	0	1	0	89
	C	2	1	2	0	3	5	22	15	23	9	6	1	2	1	0	1	93
	D	1	0	1	3	2	3	16	9	30	8	7	3	1	1	0	1	86
Total		6	5	6	11	8	18	72	51	78	50	27	8	4	3	2	3	352
%		2	1,25	1,5	3	2	4,5	18	12,8	20	12,5	6,75	2	1	1	1	1	88

Cuadro 5. Porcentaje de germinación en el primer ensayo Lote 1 de *P. saman*

Las semillas de este mismo lote, sin aplicación de tratamiento pre germinativo produjo un porcentaje de germinación de 78.8 % en 20 días de observación y encontrándose una diferencia porcentual de 10.25 entre ambos tratamientos por lo cual se determinó emplear el primer tratamiento en el vivero (Cuadro 6). La germinación se inició al quinto día y se prolongó hasta el día diecinueve de conteo.

Día		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total
Réplicas	A	1	0	0	0	1	8	10	22	18	3	1	0	0	0	4	68
	B	0	0	0	1	1	4	9	16	20	13	3	8	5	1	5	86
	C	0	1	0	0	1	7	25	20	22	2	2	1	3	1	1	86
	D	0	0	1	0	1	11	14	19	20	0	3	1	2	1	2	75
Total		1	1	1	1	4	30	58	77	80	18	9	10	10	3	12	315
%		0	0,25	0,3	0	1	7,5	15	19,3	20	4,5	2,25	2,5	2,5	1	3	78,8

Cuadro 6. Porcentaje de germinación en el segundo ensayo Lote 1 de *P. saman*

Toral y González 1998, utilizaron un tratamiento pre germinativo similar al sumergir las semillas de *P. saman* en agua a 80°C durante 2 minutos lo cual produjo incrementos significativos en la germinación de 54 % y las semillas sin tratar fue de 28.56 % en 21 días de observación con una diferencia porcentual de 42.5 entre ambos tratamientos.

Resultados similares encontraron Gómez *et al.*, 2004 al someter las semillas de *P. saman* a diferentes tratamientos tales como inmersión en agua a punto de ebullición durante 15 minutos y la inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas encontrando 67% y 69.5% respectivamente en un periodo de cosecha de 30 días.

El uso de tratamientos fisiológicos para mejorar la germinación incrementan, aceleran y sincronizan la germinación de las semillas y a su vez permiten el intercambio de agua y gases a través de las cubiertas duras y cutinizadas como la de las semillas de *P. saman* (Sánchez *et al.*, 2005 citado por Gómez *et al.*, 2004).

De igual manera para el lote 2 de semillas de *P. saman* reflejó un porcentaje de germinación de 84 % al aplicar tratamiento pre germinativo de sumersión agua a punto de ebullición por 2 minutos seguido de reposo en agua a temperatura ambiente durante 24 horas previas a la siembra (Cuadro 7).

Día		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Réplicas	A	0	0	0	5	8	10	11	7	6	8	15
	B	0	0	0	7	10	7	8	6	8	9	11
	C	0	0	0	10	7	5	3	5	3	9	16
	D	0	0	0	6	9	6	7	5	4	6	17
Total		0	0	0	28	34	28	29	23	21	32	59
%		0	0	0	7	8.5	7	7.3	5.75	5	8	14.8

Cuadro 7. Porcentaje de germinación en el primer ensayo Lote 2 de *P. saman*

A las semillas de este mismo lote, aplicando tratamiento pre germinativo de eliminación con tijera del extremo de la testa donde se encuentra el micrópilo se logró un porcentaje de germinación de 92.7% (Cuadro 8), en 20 días de monitoreo.

La germinación se inició al primer día y se extendió hasta el séptimo día de conteo. Se encontró una diferencia porcentual de 8.74 entre tratamientos, lo cual refleja la efectividad del segundo tratamiento sobre el primero por lo cual se determinó emplear en el vivero.

Día		1	2	3	4	5	6	7	8
Réplicas	A	23	38	11	9	8	8	0	0
	B	22	15	19	5	10	16	8	0
	C	26	31	12	10	6	6	0	0
	D	28	31	11	7	5	3	3	0
Total		99	115	53	31	29	33	11	0
%		25	28.75	13	8	7.25	8.25	2.8	0

Cuadro 8. Porcentaje de germinación en el segundo ensayo Lote 2 de *P. saman*

4.1.2. Energía de germinación por especies

Para las tres especies en estudio se determinó la energía de germinación al quinto y décimo día del periodo de germinación.

En el Glosario de Términos sobre Germinación de Semillas (Bonner, 1984), este término se refiere a la proporción de germinación que ha ocurrido hasta el momento de germinación pico, el periodo de máxima tasa de germinación o algún punto preseleccionado, generalmente 7 días de análisis.

Consiste en el porcentaje de semillas de una muestra determinada que germinan dentro de un período determinado (que se denomina el período de energía), por ejemplo en 7 o 14 días, en óptimas o determinadas condiciones y el porcentaje de semillas de una muestra determinada que germinan hasta llegar al momento de germinación máxima, que generalmente significa el número máximo de germinaciones en 24 horas. En ambas definiciones la duración del período de energía es considerablemente inferior a la del período completo del ensayo (Ford - Robertson citado por FAO 1991).

La energía germinativa es una medida de la velocidad de la germinación, y por ello se supone que también lo es del vigor de la semilla y del germen que produce. El interés por la energía germinativa se basa en la teoría de que probablemente sólo las semillas que germinan con rapidez y vigor en las condiciones favorables del laboratorio serán capaces de producir plántulas vigorosas en las condiciones que existen sobre el terreno, donde una germinación débil o retrasada suele tener consecuencias fatales (Aldhous 1972, citado por FAO, 1991).

Para *T. rosea* no se pudo determinar la energía de germinación al ser cero su germinación.

La energía de germinación para *E. cyclocarpum* fue de 8.75% y 12% al quinto y décimo día respectivamente (Figura 8), en el primer ensayo, considerando como tratamiento pre germinativo sumersión en agua a punto de ebullición por 30 segundos seguido de reposo en agua a temperatura ambiente por 24 horas previas a la siembra.

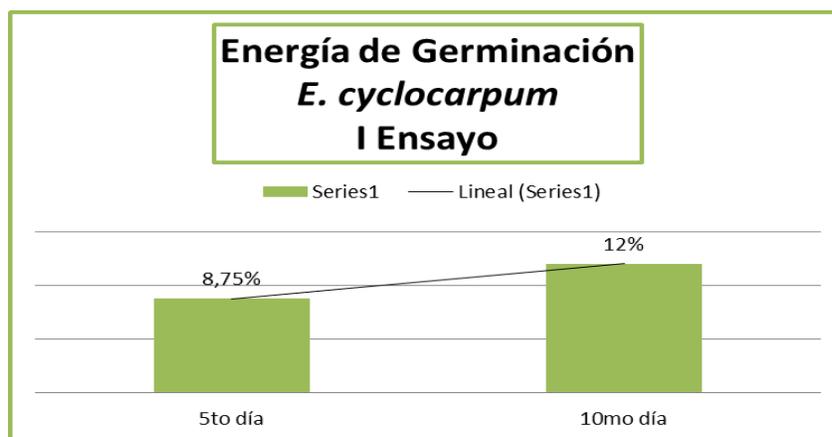


Figura 8. Energía de germinación de *E. cyclocarpum* en el primer ensayo

Según Borrajo 2006, la energía germinativa es un parámetro muy útil que nos da una idea de la cantidad de semilla que rápidamente emergerá en el campo, minimizando las pérdidas de semilla por depredadores. Ante esto, 8,75% de energía germinativa representaría 35 semillas germinadas en un medio determinado y 12% representaría 48 semillas germinadas.

En el segundo ensayo, la energía germinativa para *E. cyclocarpum* fue de 36.75% al quinto día y de 93% al décimo día (Figura 9), datos que presuponen una emergencia en campo alrededor de 147 y 372 semillas en cada periodo de energía tomando en cuenta como tratamiento pre germinativo de la semilla el de rompimiento del extremo de la testa de la semilla donde se encuentra el micrópilo.

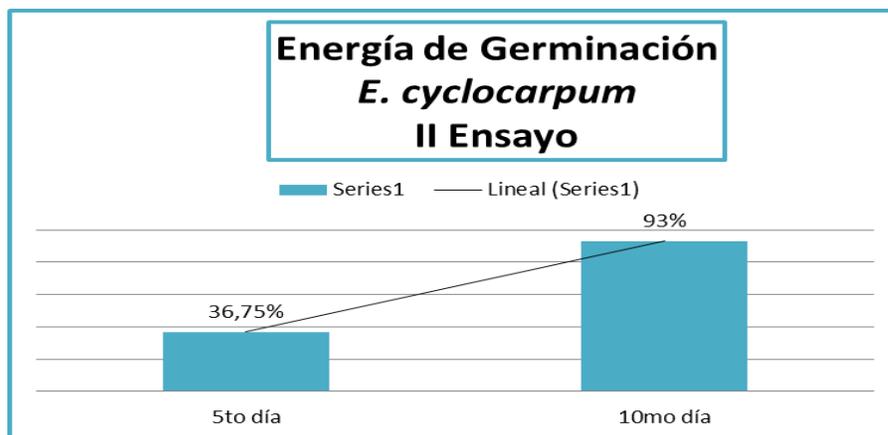


Figura 9. Energía de germinación de *E. cyclocarpum* en el segundo ensayo

Para *P. saman* la energía de germinación para el Lote 1 en el primer ensayo, al quinto y décimo día fue de 7% y 64% respectivamente (Figura 10), aplicando como tratamiento pre germinativo la sumersión en agua a punto de ebullición por 2 minutos seguido de reposo en agua a temperatura ambiente por 12 horas previas a la siembra.

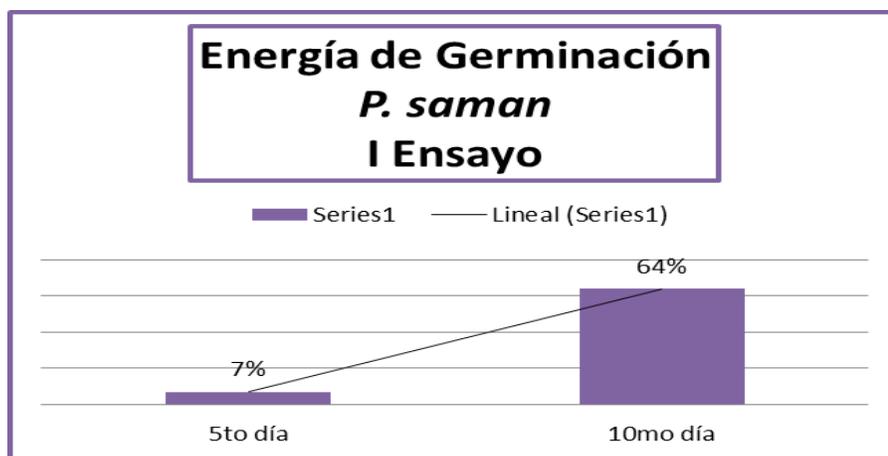


Figura 10. Energía de germinación de *P. saman* en el primer ensayo Lote 1

Según este resultado, con 7% de energía de germinación se esperaría una emergencia de 28 semillas en un medio determinado y con 64% se esperarían 256 semillas germinadas en un medio determinado del lote 1 aplicando el tratamiento pre germinativo anteriormente mencionado.

En el segundo ensayo de germinación de las semillas del Lote 1 de *P. saman* se obtuvieron valores de energía de germinación de 0% al quinto día y 10% al décimo día sin aplicación de tratamiento pre germinativo (Figura 11). Ante esto, se esperaría una emergencia de 1 y 38 semillas en campo, respectivamente.

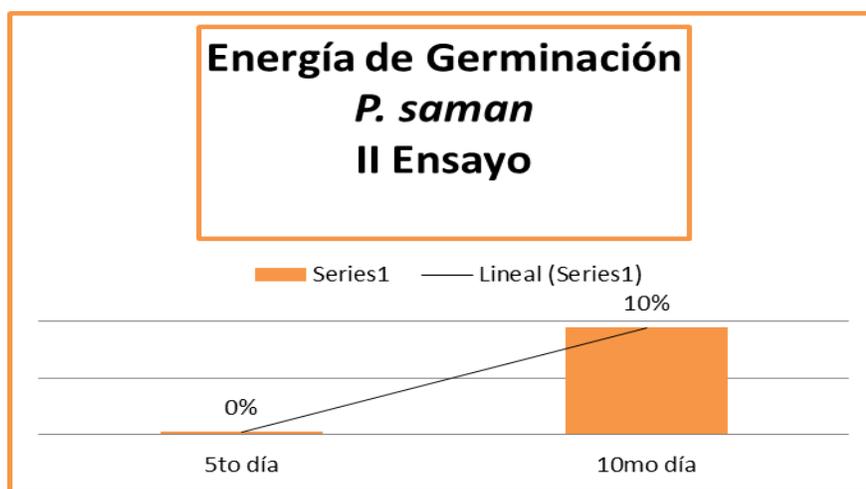


Figura 11. Energía de germinación de *P. saman* en el segundo ensayo Lote 1

P. saman tiene una germinación epígea y se inicia a los cinco días después de la siembra cuando emerge la radícula y empieza la apertura de los cotiledones, termina a los 17 días después de la siembra cuando aparecen las primeras hojas verdaderas (IRENA 1993).

En el ensayo con las semillas del lote 2 se obtuvo una energía de germinación de 16% y 49% al quinto y décimo día de observación, respectivamente (Figura 12). Estos valores representarían 64 y 192 semillas germinadas en un determinado medio aplicando como tratamiento pregerminativo sumersión en agua a punto de ebullición por 2 minutos y posterior sumersión agua a temperatura ambiente por 24 horas.

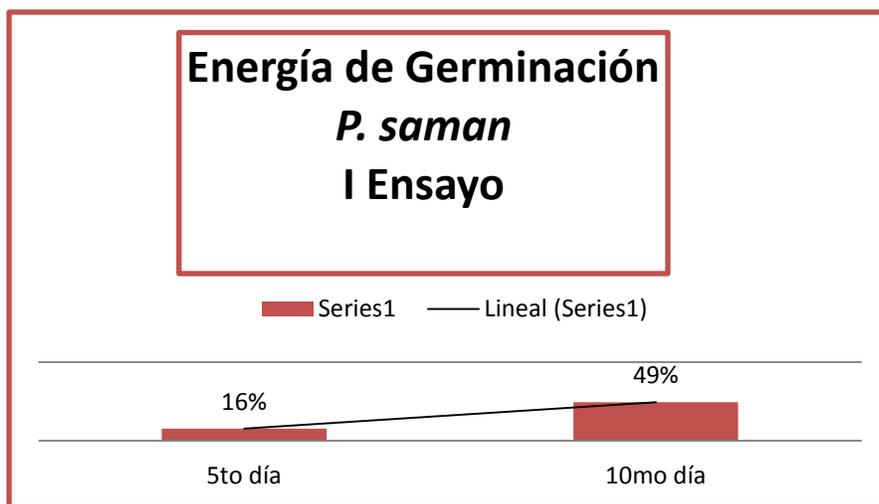


Figura 12. Energía de germinación de *P. saman* en el primer ensayo Lote 2

En este mismo ensayo, al aplicar tratamiento de rompimiento de la testa de la semilla en el extremo donde se encuentra el micrópilo se obtuvo energía de germinación equivalente a 82% y 0% al quinto y décimo día, respectivamente (Figura 13).

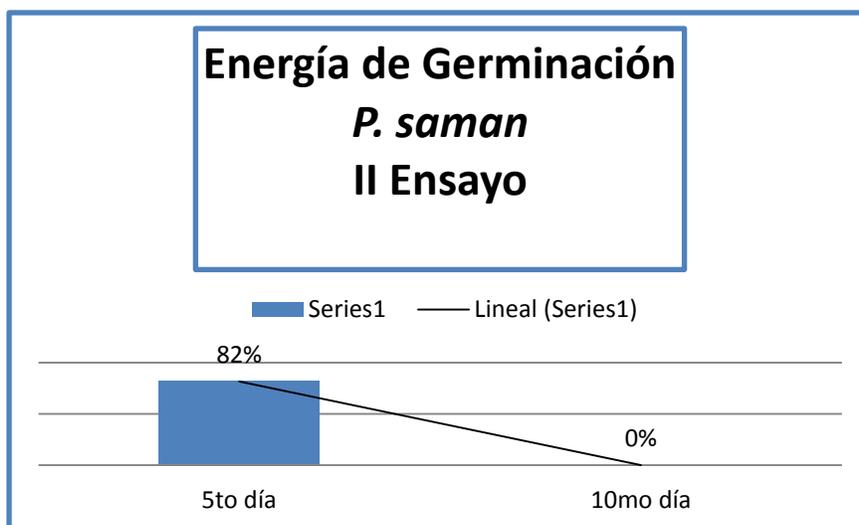


Figura 13. Energía de germinación de *P. saman* en el segundo ensayo Lote 2

Este único porcentaje representaría 328 semillas germinadas en un medio determinado y respalda la efectividad del tratamiento ya que no fue posible determinar la energía al décimo día debido a la emergencia total de las semillas antes de este periodo de tiempo.

Considerando la selección de árboles padres como fuente semillera, el lote 1 proviene de un árbol padre con una ficha dasométrica y silvicultural determinada de forma directa (Anexo4). Según Folliott *et al.*, 1983, los mejores productores de semillas, por ejemplo, los árboles que producen abundantes cosechas con la proporción más baja de semilla estéril, son los árboles dominantes y co-dominantes, por lo común de media edad.

Otra consideración, cuando se seleccionan árboles para la recolección de semillas, es la corriente observación de que individuos aislados no producen a menudo una progenie deseable, posiblemente por culpa de las dificultades para la interpolinización derivándose semillas de mismos padres. Estos árboles deberían por lo tanto ser evitados (Folliott *et al.*, 1983).

4.1.3. Valor de la germinación por especies

El concepto de valor de germinación, tiene por finalidad combinar en una sola cifra una expresión de la germinación total al término del período de ensayo y una expresión de la energía o velocidad de germinación (Czabator 1962 citado por FAO 1991).

Este concepto ha sido propuesto para calcularse mediante formulas por Czabator (1962) y Djavanshir y Pourbeik (1976).

Según el método de Czabator:

$$VG = VeGD \text{ final} \times \text{Valor máximo de VeGD}$$

Donde:

VeGD= Velocidad de germinación diaria

Para aplicar el método de Djavanshir y Pourbeik:

$$VG = \sum VeGD / N \text{ final} \times \frac{\%GA \text{ final}}{10}$$

Donde:

VeGD= Velocidad de germinación diaria

N = Número de recuentos diarios, empezando a contar a partir de la fecha de la primera germinación

%GA = Porcentaje de germinación acumulado

El valor de la germinación es un parámetro que está ligado a la velocidad de germinación que es influenciada por los tratamientos pre germinativos aplicados a las semillas. En los ensayos realizados el valor de la germinación es adimensional.

García y Lasa 1991 citan a Anon 1976 al decir que el valor de la germinación también puede ser una medida del porcentaje de germinación que podría ser estimado por un primer conteo en un ensayo de germinación (velocidad de germinación) y es uno de los primeros conceptos de vigorosidad de semilla, usado como una medida complementaria del valor de campo de la semilla.

En base a los resultados obtenidos a lo largo de este ensayo, se puede afirmar que cuanto mayor sea la energía de germinación de un lote determinado de semillas (aspecto que está directamente relacionado al efecto de determinado tratamiento pre germinativo aplicado), mayor es el valor de la germinación.

Para *T. rosea* no se pudo determinar el valor de la germinación al ser cero su germinación.

En el caso de *E. cyclocarpum* en el ensayo de germinación con tratamiento pre germinativo a la semilla de sumersión en agua a punto de ebullición por 30 segundos seguido de reposo en agua a temperatura ambiente durante 24 horas previas a la siembra, produjo un valor de germinación según el método de Czabator de 1,76 y según el método de Djavanshir & Pourbeik de 1,63 (Cuadro 9).

Al aplicar ambos métodos, el valor de la germinación resulta en un valor muy bajo al prolongarse la germinación en el periodo del ensayo y encontrarse valores bajos de velocidad de germinación.

Días desde la siembra	% germinación diario	% germinación acumulado	VeGD	ΣVeGD Acumulada	Número de recuentos (N)	ΣVeGD/N	Valor germinación (Czabator, 1962): VG = VeGD final × Valor máximo de VeGD
2	1,25	1,25	0,63	0,63	1	0,63	
3	2	3,25	1,08	1,71	2	0,85	VG = 1,01 × 1,75 = 1,76
4	3	6,25	1,56	3,27	3	1,09	
5	2,5	8,75	1,75	5,02	4	1,25	
6	0,25	9	1,5	6,52	5	1,3	
7	1	10	1,42	7,94	6	1,32	
8	0,25	10,25	1,28	9,22	7	1,31	Valor germinación (Djavanshir & Pourbeik, 1962): VG = ΣVeGD/N final × <u>%GA final</u>
9	1	11,25	1,25	10,47	8	1,3	
10	0,75	12	1,2	11,67	9	1,29	10
11	0,25	12,25	1,11	12,78	10	1,27	VG = 1,23 × 1,325 = 1,63
12	0,75	13	1,08	13,86	11	1,26	
13	0,25	13,25	1,01	14,87	12	1,23	

Cuadro 9. Valor de la Germinación métodos Czabator y Djavanshir & Pourbeik para el primer ensayo de *E. cyclocarpum*

En el segundo ensayo *E. cyclocarpum* refleja un valor de germinación de 92,77 según método de Czabator y de 85,89 según el método de Djavanshir & Pourbeik aplicando como tratamiento pregerminativo eliminación con tijera del extremo de la testa de la semilla donde se encuentra el micrópilo (Cuadro 10).

Días desde la siembra	% germinación diario	% germinación acumulado	VeGD	ΣVeGD Acumulada	Número de recuentos (N)	ΣVeGD/N	Valor germinación (Czabator, 1962) VG = VeGD final × Valor máximo de VeGD
4	9	9	2,25	2,25	1	2,25	
5	27,75	36,75	7,35	9,6	2	4,8	VG = 7,5 × 12,37 = 92,77
6	37,5	74,25	12,37	21,97	3	7,32	
7	7,5	81,75	11,67	33,64	4	8,41	
8	6,25	88	11	44,64	5	8,92	
9	3	91	10,11	54,75	6	9,12	
10	2	93	9,3	64,05	7	9,15	Valor germ. (Djavanshir & Pourbeik, 1962): VG = ΣVeGD/N final × <u>%GA final</u>
11	1,5	94,5	8,59	72,64	8	9,08	
12	2	96,5	8,04	80,68	9	8,96	10
13	1	97,5	7,5	88,18	10	8,81	VG = 8,81 × 9,75 = 85,89

Cuadro 10. Valor de la Germinación métodos Czabator y Djavanshir & Pourbeik para el segundo ensayo de *E. cyclocarpum*

El valor de la germinación encontrado para las semillas del Lote 1 de *P. saman* en el primer ensayo de germinación es de 35,82 por el método de Czabator y de 36,08 por el método de Djavanshir & Pourbeik aplicando como tratamiento pre germinativo la sumersión en agua a punto de ebullición por 2 minutos seguido reposo en agua a temperatura ambiente por 12 horas previas a la siembra (Cuadro 11).

En el segundo ensayo de germinación de el lote antes mencionado si aplicación de tratamiento pre germinativo, el valor de la germinación ocurre con 16,05 usando el método de Czabator y 17,04 con el método de Djavanshir & Pourbeik (Cuadro 12).

Días desde la siembra	% germinación diario	% germinación acumulado	VeGD	Σ VeGD Acumulada	Número de recuentos (N)	Σ VeGD/N	Valor germinación (Czabator, 1962)
2	1,5	1,5	0,75	0,75	1	1,75	VG = VeGD final \times Valor máximo de VeG
3	1,25	2,75	0,91	1,66	2	0,83	VG = 5,17 \times 6,93 = 35,82
4	1,5	4,25	1,06	2,72	3	0,9	
5	2,75	7	1,4	4,12	4	1,03	
6	2	9	1,5	5,62	5	1,12	
7	4,5	13,5	1,92	7,54	6	1,25	
8	18	31,5	3,93	11,47	7	1,63	
9	12,75	44,25	4,91	16,38	8	2,04	
10	19,5	63,75	6,37	22,75	9	2,52	
11	12,5	76,25	6,93	29,68	10	3,65	
12	6,75	83	6,91	36,59	11	3,59	
13	2	85	6,53	43,12	12	4,1	
14	1	86	6,14	49,26	13	3,78	Valor germinación (Djavanshir & Pourbeik,
15	0,75	86,75	5,78	55,04	14	3,93	VG = Σ VeGD/N final \times $\frac{\%GA \text{ final}}{10}$
16	0,5	87,25	5,45	60,49	15	4,03	
17	0,75	88	5,17	65,66	16	4,1	VG = 4,1 \times 88/10 = 36,08

Cuadro 11. Valor de la Germinación métodos Czabator y Djavanshir & Pourbeik de *P. saman* en el primer ensayo Lote 1

Días desde la siembra	% germinación diario	% germinación acumulado	VeGD	Σ VeGD Acumulada	Número de recuentos (N)	Σ VeGD/N	Valor germinación (Czabator, 1962)
5	0,25	0,25	0,05	0,05	1	0,05	VG = VeGD final \times Valor máximo de VeG
6	0,25	0,5	0,08	0,13	2	0,06	VG = 3,69 \times 4,35 = 16,05
7	0,25	0,75	0,1	0,23	3	0,07	
8	0,25	1	0,12	0,35	4	0,08	
9	1	2	0,22	0,57	5	0,11	
10	7,5	9,5	0,27	0,84	6	0,14	
11	14,5	24	1,56	2,4	7	0,34	
12	19,25	43,25	3,04	5,44	8	0,68	
13	20	63,25	4,34	9,78	9	1,08	
14	4,5	64,75	4,35	14,13	10	1,41	
15	2,25	67	4,21	18,34	11	1,66	
16	2,5	69,5	4,1	22,44	12	1,87	Valor germinación (Djavanshir & Pourbeik,
17	2,5	72	3,91	26,35	13	2,02	VG = Σ VeGD/N final \times $\frac{\%GA \text{ final}}{10}$
18	0,75	72,75	3,73	30,08	14	2,14	
19	3	75,75	3,69	33,77	15	2,25	VG = 2,25 \times 75,75/10 = 17,04

Cuadro 12. Valor de la Germinación métodos Czabator y Djavanshir & Pourbeik de *P. saman* en el segundo ensayo lote 1

Para *P. saman* en el primer ensayo de germinación aplicado al Lote 2, se determinó el valor de la germinación en 41,6 bajo el método de Czabator y de 38 bajo el método de Djavanshir & Pourbeik sumerjiendo las semillas en agua a punto de ebullición por 2 minutos seguido de reposo en agua a temperatura ambiente por 24 horas previas a la siembra (Cuadro 13).

En el segundo ensayo con semillas del lote 2, el valor de la germinación se vió reflejado en 356,83 bajo el método de Czabator y en 182,65 bajo el método de Djavanshir & Pourbeik al aplicar tratamiento de eliminación con tijera del extremo la testa donde se encuentra el micrópilo (Cuadro 14).

Días desde la siembra	% germinación diario	% germinación acumulado	VeGD	Σ VeGD Acumulada	Número de recuentos (N)	Σ VeGD/N	Valor germinación (Czabator, 1962)
4	7	7	1,75	1,75	1	1,75	
5	8,5	15,5	3,1	4,85	2	2,43	VG = 6,45 × 6,45 = 41,6
6	7	22,5	3,75	8,6	3	2,86	
7	7,3	29,8	4,25	12,85	4	3,21	
8	5,75	35,55	4,44	17,29	5	3,45	
9	5	40,55	4,5	21,79	6	5,44	
10	8	48,55	4,85	26,64	7	3,8	Valor germinación (Djavanshir & Pourbeik, 1962):
11	14,8	63,35	5,75	32,39	8	4,04	VG = ΣVeGD/N final $\frac{\%GA \text{ final}}{10}$
12	9,25	72,6	6,05	38,89	9	4,32	
13	11,3	84	6,45	45,34	10	4,53	VG = 4,53 × 84/10 = 38

Cuadro 13. Valor de la Germinación métodos Czabator y Djavanshir & Pourbeik de *P. saman* en el primer ensayo Lote 2

Días desde la siembra	% germinación diario	% germinación acumulado	VeGD	Σ VeGD Acumulada	Número de recuentos (N)	Σ VeGD/N
1	25	25	25	25	1	25
2	28,75	53,75	26,87	51,87	2	25,93
3	13	66,75	22,25	74,12	3	24,7
4	8	74,75	18,68	92,8	4	23,2
5	7,25	82	16,04	109,2	5	21,84
6	8,25	90,25	15,04	124,24	6	20,7
7	2,8	93	13,28	137,52	7	19,64
Valor germinación (Czabator, 1962):			Valor germinación (Djavanshir & Pourbeik, 1962):			
VG = VeGD final × Valor máximo de VeGD			VG = ΣVeGD/N final $\frac{\%GA \text{ final}}{10}$			
VG = 13,28 × 26,87 = 356,83			VG = 19,64 × 93/10 = 182,65			

Cuadro 14. Valor de la Germinación métodos Czabator y Djavanshir & Pourbeik de *P. saman* en el segundo ensayo Lote 2

4.2. Efecto de los sustratos en las variables diámetro basal y altura total

4.2.1. Resultados estadísticos de las variables

En las Figuras 14 y 15 se presenta el promedio del conjunto de valores de altura total y diámetro basal determinados por sustrato y especie considerando todas las mediciones efectuadas durante la estadía de las plantas en el vivero.

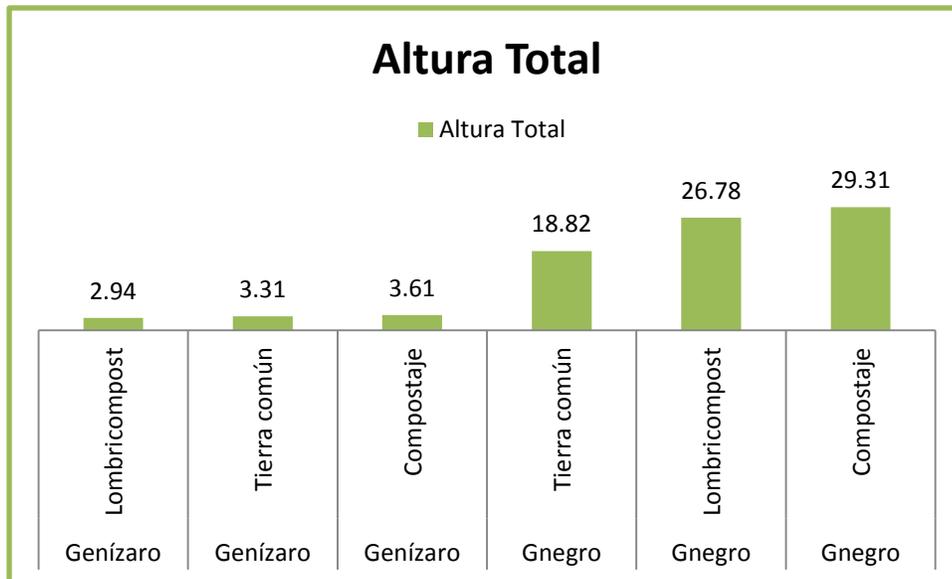


Figura 14. Valores promedios de altura total de *P. saman* y *E. cyclocarpum* en vivero

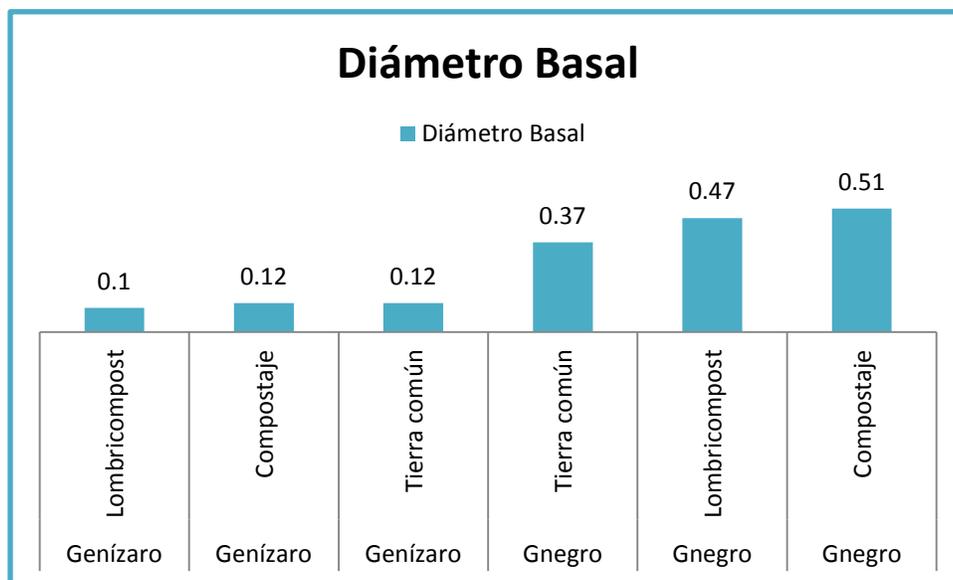


Figura 15. Valores promedios de diámetro basal de *P. saman* y *E. cyclocarpum* en vivero

Los valores promedios de las variables para ambas especies son superiores en el sustrato compostaje. Los menores valores promedios están en el sustrato Lombricompost para *P. saman* y tierra común para *E. cyclocarpum*.

En las plantas, las prioridades de crecimiento y supervivencia están relacionadas a la formación de raíces nuevas que complementan la función fotosintética al capturar para la planta los nutrientes y humedad que se encuentran en el suelo y que son indispensables para sintetizar (entre otros compuestos) las unidades o compuestos de crecimiento (Negreros, *et al.*, 2010).

4.2.2. Análisis de Varianza (ANDEVA) para las variables diámetro basal y altura total por sustrato por especie en el vivero

El ANDEVA para las variables altura total y diámetro basal de *P. saman* se muestran en el cuadro 15, donde no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, por lo cual no hubo efecto de los sustratos sobre los incrementos de las plantas, lo que quiere decir que independientemente de los sustratos utilizados, los incrementos no fueron significativos.

Variable	Lombricompost	Tierra común	Compostaje
Altura total	2,94 A	3,31 A	3,61 A
Diámetro basal	0,10 A	0,12 A	0,12 A

Cuadro 15. Efecto de los sustratos sobre el incremento en altura total y diámetro basal para *P. saman*

Villar 2003, describe que la altura y el diámetro son caracteres morfológicos de naturaleza cuantitativa que habitualmente son empleados en el control de calidad de los lotes de plantas y asimismo dichos parámetros se ajustan a rangos de alturas y diámetros mínimos en función de la edad de las plantas dentro de los cuales deben estar comprendidos los lotes para ser considerados de calidad cabal.

Para la especie *E. cyclocarpum*, según el ANDEVA existen diferencias significativas entre los sustratos para las variables altura total y diámetro basal, encontrándose los mayores incrementos en Compostaje con 29,32 cm y los menores en tierra común 18,82 cm (Cuadro 16).

Variable	Lombricompost	Tierra común	Compostaje
Altura total	18,82 A	26,78 B	29,32 B
Diámetro basal	0,37 A	0,47 B	0,51 B

Cuadro 16. Efecto de los sustratos sobre el incremento en altura total y diámetro basal para *E. cyclocarpum*

Según el ANDEVA, existen diferencias significativas en la variable diámetro basal entre tratamientos para *E. cyclocarpum* durante la estadía de las plantas en el vivero, en donde los mayores incrementos se presentaron en el compostaje (0,51 cm) como sustrato orgánico.

Negreros *et al.* 2010, utilizaron una mezcla de biomasa verde con estiércol (bovino) al que denominaron suelo más composta. Al determinar el efecto del sustrato en la calidad de plantas de cedro, caoba y pochote mediante un análisis destructivo de las plántulas, encontraron una interacción significativa sustrato-especie ($P=0,0013$) y una diferencia entre los sustratos de ($P<0,001$).

Las plántulas que crecieron en suelo fueron más cortas que las que crecieron en suelo más composta y la diferencia en altura entre los dos sustratos fue afectada por la especie (Negreros *et al.* 2010).

UNA 2007 señala que los experimentos efectuados con compost en distintas especies de plantas demostraron aumento en las cosechas en comparación con los fertilizados con químicos.

4.3. Mortalidad y sobrevivencia de las plantas de *P. saman* y *E. cyclocarpum* en el vivero

El sustrato donde se presentó la mayor sobrevivencia de las plantas de *E. cyclocarpum* fue el compostaje con 85% y se presentó mayor mortalidad en la tierra común con 12% (Cuadro 17).

Guanacaste negro				
Tratamiento	Muertas	% Mortalidad	Vivas	% Sobrevivencia
Lombricompost	19	7	71	83
Compostaje	14	5	76	85
Tierra común	35	12	55	78
	Global vivero	8	Global vivero	67,33

Cuadro 17. Porcentajes de mortalidad y sobrevivencia de *E. cyclocarpum* en vivero

Para el *P. saman* la mayor sobrevivencia de plantas ocurrió en los sustratos compostaje y tierra común con 66%, respectivamente. Los valores de mortalidad fueron superiores al 20% en todos los sustratos (Cuadro 18).

Genízaro				
Tratamiento	Muertas	% Mortalidad	Vivas	% Sobrevivencia
Lombricompost	71	26	19	64
Compostaje	65	24	25	66
Tierra común	65	24	25	66
	Global vivero	24,66	Global vivero	65,33

Cuadro 18. Porcentajes de mortalidad y sobrevivencia de *P. saman* en vivero

En ambos viveros la sobrevivencia global fue superior al 65%, sin embargo, el valor porcentual de la mortalidad global es mayor para *P. saman* con 24,66% en comparación a *E. cyclocarpum* con 8%.

4.3.1. Causas de mortalidad de las plantas en vivero

Las plantas de *E. cyclocarpum* presentaron daños evidentes de marchitamiento durante su desarrollo en el cual se notó decaimiento en la vigorosidad de las mismas hasta ocurrirles la muerte.



Figura 16. Planta de *E. cyclocarpum* con daños evidentes

En las plantas de *P. saman* se observó daños en las plántulas asociados a podredumbre en el tallo, normalmente a 2 centímetros por debajo de los cotiledones y en los cotiledones. En el examen fitopatológico se encontró la bacteria *Pseudomonas sp* en muestras de suelo y hongos de *Rizoctonia sp* y *Fusarium sp* en las muestras de tejido vegetal evaluadas.

Estos organismos patológicos provocaron la muerte de las plántulas en el vivero de *P. saman* a los 2 o 3 días de crecimiento.



Figura 17. Plántula de Genízaro afectada por daño asociado de hongos y bacterias fitopatógenas

En particular, *Pseudomonas sp* son bacilos especialmente capaces de degradar muchos compuestos distintos, asimismo son degenerativas, puesto que en ellas se encuentran los genes que se utilizan para degradar los diferentes compuestos (Ciencia y Biología, 2012).

Rizoctonia sp es un tipo de hongo cuyo daño principal es la podredumbre de tallos y raíces, manchas cloróticas, retraso de crecimiento y muerte de partes de la planta. Se encuentra principalmente en el suelo, del cual sobrevive utilizando su materia orgánica (Herderson, 2010).

En *P. saman* pudo haber ocurrido una infección primaria de *Rizoctonia sp*, la cual, según Herderson 2010, se produce directamente en el suelo compacto, húmedo, principalmente debido al espacio limitado del suelo.

De manera general, el comportamiento de *Fusarium sp* es la colonización de los conductos xilemáticos de las plantas, bloqueando y tapando los vasos, lo que determina la aparición de síntomas de marchitamiento de la hoja, amarilleo, y eventualmente necrosis y muerte total de la planta (Wikipedia, 2013).

V. CONCLUSIONES

El tratamiento pre germinativo que dio mejores resultados fue el rompimiento de la testa de la semilla en el extremo donde se encuentra el micrópilo.

Los mayores incrementos en las variables altura total y diámetro basal de las plantas en vivero se produjeron en el sustrato Compostaje para *E. cyclocarpum*.

En el ensayo de germinación; el porcentaje, energía y valor de la germinación no fue posible obtenerlos con las semillas de *T. rosea* debido a la pérdida de viabilidad de sus embriones.

El Compostaje fue el sustrato donde ocurrió la mayor sobrevivencia de plantas de *E. cyclocarpum* y *P. saman*. Los valores de mortalidad fueron menores al 26% para *P. saman* y menores del 15% para *E. cyclocarpum*.

VI. RECOMENDACIONES

Para producción de plantas en vivero se recomienda utilizar compostaje como enmienda orgánica o sustrato.

Al utilizar semillas de especies con alto contenido de grasas (género *Tabebuia*) se recomienda un almacenamiento bajo oscuridad y con poca aireación.

Es recomendable realizar un análisis fitopatológico del sustrato y de las semillas a utilizar previo al establecimiento del vivero con el fin de aplicar medidas físicas y químicas para asegurar su salubridad y disminuir la mortalidad.

VII. LITERATURA CITADA

Bonner, F.T. 1984. Glosario de términos sobre germinación de semillas para personal que trabaja en semillas forestales. Grupo de Trabajo de IUFRO S2.01.06 "Problemas de las Semillas". Humlebaek, Dinamarca. 10 p.

Borrajo, C. 2006. Importancia de la calidad de semillas. Reconquista, Argentina. 8p.

Ciencia y Biología. 2013. Familia Pseudomonadaceae. (en línea). Consultado en 06 sept 2013. Disponible en <http://www.cienciaybiologia.com/microbiologia/familia-pseudomonas.php>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. (en línea). Consultado en 04 mar 2012. Disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/006/AD232S/AD232S00.HTM>

Folliott, P; Thames, J. 1983. Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas de *Prosopis* en América Latina. Universidad de Arizona, Tucson, Arizona, Estados Unidos de América. (en línea). Consultado 05 mar 2012. Disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/006/Q2180S/Q2180S12.htm>

García, A; Lasa, J. 1991. Ensayos de vigor de nascencia: revisión bibliográfica. Zaragoza, España. 62p.

Gómez, E; Rojas, F. 2004. Comportamiento de la germinación, incremento y sobrevivencia de tres especies forestales, con tres tipos de sustratos a nivel de vivero y laboratorio en la Universidad Nacional Agraria, 2004. Tesis Ing. Forestal. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 51 p.

Henderson, D. 2010. *Rhizoctonia solani*. Problemas en trasplantes y plantas. (en línea). Consultado en 06 sept 2013. Disponible en http://ceimperial.ucanr.edu/newsletters/Noviembre,_201033674.pdf

Hernández de Bernal, N; Tizado, C; Him de Freitas, Y; Díaz, J, Torrealba, E; Rodríguez, Z. 2010. Evaluación de tratamientos pregerminativos para estimular la emergencia de cuatro especies forrajeras arbóreas. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). (28)1:536-546.

López, D. 2000. Estudio de tratamientos pre germinativos, crecimiento y rendimiento de *Ochroma lagopus* Sw a nivel de vivero y plantación. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua, 53 p.

Navarro, M; Febles, G; Torres, V; Noda, A. 2009. Efecto de la escarificación húmeda y seca en la capacidad germinativa de las semillas de *Albizia lebbek* (L.) Benth. Pastos y Forrajes 33(2):21-31.

Negreros, P; Apodaca, M; Mize, C. 2010. Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y bosques* 16(2):7-18.

IRENA (Instituto de Recursos Naturales, NI). 1993. Nota Técnica No. 9. *Samanea saman* (Jacq.) Merr. Managua, Nicaragua. 2 p.

IRENA (Instituto de Recursos Naturales, NI). 1993. Nota Técnica No. 25. *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Managua, Nicaragua. 2 p.

Toral, O; González, Y. 1998. Efecto del agua caliente en la germinación de diez especies arbóreas. *Pastos y Forrajes* 22(2):55-58.

Trujillo, E; Laverde, H; Clavijo, J. 1989. Efecto de algunos antioxidantes para conservar la viabilidad en semillas de *Tabebuia rosea*. *Agronomía Colombiana* 6(1):10-14.

Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Departamento de Gestión Ambiental. 2007. Abono Orgánico: Producido en la UNA: "Compost": un material de la naturaleza para la naturaleza. s.p.

Villar, P. 2003. Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo", Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente. Guadalajara, España. 22 p.

Wikillerato. 2008. Oxidación de ácidos grasos. (en línea). Consultado en 09 ene 2013. Disponible en http://www.wikillerato.org/Oxidaci%C3%B3n_de_%C3%A1cidos_grasos.html

Wikipedia. 2013. *Fusarium oxysporum*. (en línea). Consultado en 06 sept 2013. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Fusarium_oxysporum

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Formato de Ensayo de Germinación (Adaptado de FAO, 1991)

N° de Ensayo: _____ Especie: _____ Nombre anotador: _____

Ensayo de Germinación

Fecha																					TOTAL	
Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Réplicas	A																					
	B																					
	C																					
	D																					
Total																						
Promedio																						
%																						

Tratamiento Previo de la Semilla	Ensayo de Germinación
Método: _____	Método/Sustrato: _____
Tiempo: _____	Tiempo: _____
T° en °c: _____	T° en °c: _____
	Cantidad de semillas: _____

Observaciones:

Anexo 4. Ficha dasométrica y silvicultural árbol padre de *P. saman*

Ficha Técnica de variables dasométricas y silviculturales de árbol padre									
Variables Dasométricas								Ubicación geográfica	
No. Árb	Nc	Ncf	Diametro (cm)	Altura (m)	AB (m2)	Vol total (m3)		Coordenadas UTM	
1	Genízaro	<i>Pitecellobium Saman</i>	61,5	18	0,3	3,78		x	574769
Variables Silviculturales								y	1344069
No. Árb	Nc	Ncf	CF	Ilum	Lianas	Vigorosidad	Daños		
1	Genízaro	<i>Pitecellobium Saman</i>	1	2	1	1	2		

Anexo 5. Ficha dasométrica y silvicultural árbol padre de *E. cyclocarpum*

Ficha Técnica de variables dasométricas y silviculturales de árbol padre									
Variables Dasométricas								Ubicación geográfica	
No. Árb	Nc	Ncf	Diametro (cm)	Altura (m)	AB (m2)	Vol total (m3)		Coordenadas UTM	
1	G. negro	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>						x	
Variables Silviculturales								y	
No. Árb	Nc	Ncf	CF	Ilum	Lianas	Vigorosidad	Daños		
1	G. negro	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	1	1	1	1	2		

Anexo 6. Ficha dasométrica y silvicultural árbol padre de *T. rosea*

Variables Dasométricas								Ubicación geográfica	
No. Árb	Nc	Ncf	Diametro (cm)	Altura (m)	AB (m2)	Vol total (m3)		Coordenadas UTM	
1	Falso roble	<i>Tabebuia rosea</i>	50	20	0,2	2,8		x	575100
Variables Silviculturales								y	1343533
No. Árb	Nc	Ncf	CF	Ilum	Lianas	Vigorosidad	Daños		
1	Falso roble	<i>Tabebuia rosea</i>	1	1	1	2	2		