



**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación del efecto de lodo activo como sustrato de vivero, en la germinación y crecimiento del madero negro [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend.], Universidad Nacional Agraria.

AUTOR:

Br. Katherine Massiel Báez Amador

ASESORES:

Ing. MSc Juan José Membreño Morales

Ing. Álvaro Noguera Talavera

MANAGUA, NICARAGUA

Junio, 2019



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación del efecto de lodo activo como sustrato de vivero, en la germinación y crecimiento del madero negro [*Gliricidia sepium*] (Jacq.) Stend.), Universidad Nacional Agraria.

AUTOR:

Br. Katherine Massiel Báez Amador

ASESORES:

Ing. Msc. Juan José Membreño Morales

Ing. Álvaro Noguera Talavera

Managua, Nicaragua
Junio del 2019



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Tribunal Examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, como requisito parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero Forestal

Presidente

Ing. M.C. Francisco Giovanni Reyes Flores

Secretario

Ing. MSc. Olman José Narvárez Espinoza

Vocal

Ing. Ixpayacat Bustillo Tinoco

Managua, junio 2019

INDICE DE CONTENIDO

SECCION	PAGINA
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1.- Objetivo general.....	3
2.2.- Objetivos específicos.....	3
III. MATERIALES Y METODOS.....	4
3.1. Descripción del sitio de estudio.....	4
3.2. Clima.....	4
3.3. Descripción de la especie (germinación y crecimiento).....	5
3.4. Diseño metodológico.....	5
3.4.1 Etapa I: Trabajo de gabinete.....	7
3.4.1.1 Unidades experimentales utilizada.....	7
3.4.1.2 Asignación de los tratamientos en cada bloque.....	7
3.4.1.3 Modelo Aditivo Lineal.....	7
3.4.1.4 Elaboración de etiqueta.....	8
3.4.2 Etapa II: Trabajos realizado en el vivero.....	9
3.4.2.1 Diseño de los bloques.....	9
3.4.2.2 Contenido bioquímico del biosolido.....	10
3.4.2.3 Preparación del sustrato.....	10
3.4.2.4 Llenado, acomodado y etiquetado de bolsas.....	11
3.4.2.5 Siembra.....	12
3.4.2.6 Riego.....	13

SECCION	PAGINA
3.4.3 Etapa III: Recolección de datos.....	13
3.4.3.1 Recolección de datos.....	13
3.4.3.2 Variables evaluadas.....	13
Germinación.....	14
Altura de las plántulas.....	14
Diámetro basal de las plántulas.....	15
3.4.4 Etapa IV: Digitalización y análisis de datos.....	15
3.4.4.1 Digitalización y análisis estadístico.....	15
3.4.4.2 Análisis de Varianza.....	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	16
4.1. Porcentaje de germinación del madero negro (<i>G. sepium</i>) por diferentes tipos de tratamientos.....	16
4.2. Incremento semanal del diámetro basal del madero negro (<i>G. sepium</i>).....	17
4.3. Incremento semanal en altura del madero negro (<i>G. sepium</i>).....	18
4.4. Crecimiento en diámetro en función de cada tratamiento (<i>G. sepium</i>).....	19
4.5. Crecimiento en altura en función de cada tratamiento (<i>G. sepium</i>).....	20
4.6. Análisis de varianza del diámetro basal del madero negro (<i>G. sepium</i>).....	21
4.7 Separación de medias Tukey.....	21
4.8. Análisis de Varianza de la altura de las plántulas del madero negro (<i>G.</i> <i>sepium</i>).....	22
4.9 Separación de medias Tukey.....	22
4.10 Análisis de varianza del incremento semanal del diámetro basal del madero negro (<i>G. sepium</i>).....	23
4.11 Separación de medias Tukey.....	23
4.12 Separación de medias Tukey (semanal).....	24

SECCION	PAGINA
4.13 Análisis de Varianza del incremento semanal de altura de las plántulas del madero negro (<i>G. sepium</i>).....	25
4.14 Separación de medias Tukey.....	25
4.15 Separación de medias Tukey (semanal).....	26
V. CONCLUSIONES	27
VI. RECOMENDACIONES	28
VII. LITERATURA CITADA	29
VIII. ANEXOS	32

DEDICATORIA

Gracias a DIOS por permitirme culminar esta etapa de mi vida, por darme fuerzas, sabiduría e iluminar mi mente en la realización de este documento.

A mis padres Juan Antonio Báez Álvarez y María Amador Fargas por ser pilares fundamentales en mi vida, que con mucho esfuerzo, voluntad y sacrificio hacer realidad parte de mis metas.

A mis hermanos Josell Antonio Báez Amador y Ángel Andres Rojas Vallecillo por estar conmigo siempre dándome ánimos para avanzar y brindarme su cariño.

A mi amiga Carolina Alemán Gutiérrez por su apoyo incondicional.

De una manera muy especial a mi maestro Juan José Membreño Morales por su apoyo, confianza y cariño en el transcurso de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. MSc. Juan José Membreño Morales por ser parte de mi formación profesional, por su confianza y brindarme la oportunidad de trabajar con él, en la elaboración de este estudio.

Al Ing. Álvaro Noguera Talavera por su tiempo, por compartir sus conocimientos y contribuir con los objetivos propuestos para la culminación de este estudio.

Al Ing. Luis Hernández, responsable del Laboratorio de Suelo y Agua, por su apoyo incondicional brindándonos el sustrato de lodo activo.

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1 Propiedades físicas y químicas de algunos biosólido y nivel permitido de cobre y zinc.	10
2 Análisis de varianza del diámetro basal del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	21
3 Separación de medias del diámetro basal del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	21
4 Análisis de varianza de la altura del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	22
5 Separación de medias de la altura del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	22
6 Análisis de varianza del incremento semanal del diámetro basal del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	23
7 Separación de medias del diámetro basal del madero negro (<i>G. sepium</i>) por tratamientos en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	23
8 Separación de medias del diámetro basal del madero negro (<i>G. sepium</i>) por mediciones en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	24
9 Análisis de varianza del incremento semanal de altura del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	25

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
10	Separación de medias de la altura del madero negro (<i>G. sepium</i>) por tratamiento en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	26
11	Separación de medias de la altura del madero negro (<i>G. sepium</i>) por medición en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	26

INDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINA
1 Ubicación del área de estudio, vivero del Departamento de Manejo de Bosque y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018. Adaptado de “Crecimiento de rebrotes de 14 cultivares clonales de jocote (<i>Spondias purpurea</i>) a nivel de vivero en la Universidad Nacional Agraria, Managua, 2017”, K. de los A. Silva Turcio y L. R. Varela Salgado, UNA, p.5. UNA.	4
2 Diseño metodológico de la investigación.	6
3 Etiquetas utilizadas para identificar los tres tipos de tratamiento en el diseño experimental, en el vivero del Departamento de Manejo de Bosques y Ecosistemas de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	8
4 Diseño experimental BCA de las parcelas en el vivero del Departamento de Manejo de Bosque y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	9
5 Preparación del sustrato para el llenado de bolsas en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistemas de la Universidad Nacional Agraria, 2018	11
6 Procesos de: a) llenado de bolsas, b) acomodado de bolsas y c) etiquetado de bolsas	12
7 Siembra de la semilla del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistemas de la Universidad Nacional Agraria, 2018	12
8 Riego de las plántulas de madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistemas de la Universidad Nacional Agraria, 2018	13
9 Germinación del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistemas de la Universidad Nacional Agraria, 2018	14
10 Medición de la altura del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistemas de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	14

INDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINA
11 Medición del diámetro basal del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistemas de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	15
12 Germinación del madero negro (<i>G. sepium</i>), en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018. Los datos se presentan en función de los valores medios.	16
13 Incremento promedio semanal del diámetro basal del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	17
14 Incremento semanal en altura del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistemas de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	18
15 Medición de diámetro basal por tratamiento del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistemas de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	19
16 Medición de altura por tratamiento del madero negro (<i>G. sepium</i>) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistemas de la Universidad Nacional Agraria, 2018.	20

INDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Formato para la recolección de datos de germinación del madero negro, 2018	32
2	Formato de recolección de datos de altura y diámetro basal del madero negro, 2018	33

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio con el objetivo de evaluar el efecto del sustrato lodo activo sobre el crecimiento del madero negro (*Gliricidia sepium*), utilizando diferentes combinaciones. Se estableció un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), siendo el factor aleatorizado la proporción de lodo activo. Se realizaron tres mediciones a las variables: porcentaje de germinación, altura y diámetro basal de las plántulas. Las observaciones del porcentaje de germinación se realizaron en un intervalo de cada cinco días durante tres semanas, mientras que la altura y diámetro basal se tomaron las mediciones con intervalos de cada siete días durante un periodo de tres semanas. Se utilizaron tres proporciones de lodo activo; a) 100% lodo activo, b) 50% lodo activo+50% suelo y c) 30% lodo activo+70% suelo. Con el presente estudio se concluye que: El tratamiento 50% lodo+ suelo es el que presentó mayor porcentaje de germinación (90%), bajo las condiciones ambientales controladas del vivero. El incremento en longitud, el tratamiento 100% lodo activo, es el que obtuvo mejor resultado en crecimiento con 2.72 cm de altura, debido al alto contenido de nitrógeno (3.08%) en su composición química. En el incremento del diámetro basal del madero negro (*G. sepium*), el tratamiento 30% lodo+ suelo es el que mostró mejor resultado con 2.48 mm de diámetro. La compactación del sustrato no permite el desarrollo normal del diámetro basal de las plántulas. Se recomienda dar continuidad a este estudio, pero con el sustrato lodo activo bien mullido para evitar fragmentos grandes. Continuar con el ensayo, pero con otra especie o especies que se puedan adaptar a las condiciones físicas y químicas del lodo activo.

ABSTRACT

A study was conducted with the objective of evaluating the effect of the active sludge substrate on the growth of the blackwood (*Gliricidia sepium*), using different combinations. A Randomized Complete Blocks (BCA) design was established, the proportion of active sludge being the randomized factor. Three measurements were made to the variables: germination percentage, height and basal diameter of the seedlings. Germination percentage observations were made at an interval of every five days for three weeks, while the height and basal diameter measurements were taken at intervals of every seven days over a period of three weeks. Three proportions of active sludge were used; a) 100% active sludge, b) 50% active sludge + 50% soil and c) 30% active sludge + 70% soil. This study concludes that: The 50% mud + soil treatment is the one with the highest germination percentage (90%), under the controlled environmental conditions of the nursery. The increase in length, the 100% active sludge treatment, is the one that obtained the best result in growth with a height of 2.72 cm, due to the high nitrogen content (3.08%) in its chemical composition. In increasing the basal diameter of the blackwood (*G. sepium*), the 30% mud + soil treatment showed the best result with a diameter of 2.48mm. The compaction of the substrate does not allow the normal development of the basal diameter of the seedlings. It is recommended to continue this study, but with the active mud substrate well fluffy to avoid large fragments. Continue with the test, but with another species or species that can be adapted to the physical and chemical conditions of the active sludge.

I. INTRODUCCIÓN

Una base fundamental en el desarrollo de las plantas en los viveros es el sustrato porque éste repercute en la morfología y fisiología del sistema radicular y parte aérea, y por tanto en el estado nutricional de la planta y su calidad (Abad et al. 1996; Olié et al. 1999 y Sandoval et al. 2000). La mezcla del sustrato debe favorecer la producción de sistemas radiculares fibrosos y bien desarrollados para tener una planta de calidad, y mejorar la supervivencia y crecimiento de las plantas en el campo (Struve. 1993). Para lograr las condiciones óptimas del sustrato las mezclas deberán tener las características físicas adecuadas de retención de agua y que faciliten el drenaje y la aireación (García et al.2001).

No es ninguna novedad que los lodos resultantes de la depuración de aguas residuales urbanas pueden ser aplicados en agricultura. Existe mucha bibliografía sobre su composición y sobre la manera de reutilizarlos adecuadamente; pero muchas veces las investigaciones se han realizado alejadas de la realidad del problema. Llegado el momento de la producción de lodos en gran cantidad, los responsables de las depuradoras o incluso los agricultores no toman las suficientes medidas para su aplicación y evitar los posibles riesgos. No tendría sentido que por una parte se depuren las aguas residuales y por otra no se utilicen correctamente los lodos (Soliva y Huerta, 2004).

El aprovechamiento agrícola de lodos, al igual que el de otros residuos orgánicos, debe realizarse en un marco global de gestión de materia orgánica y Fito nutrientes, teniendo muy presente la protección de recursos: suelo, agua y aire. El suelo es un ecosistema capaz de degradar residuos y reciclar elementos nutritivos a través de los vegetales, siempre que no se abuse de su poder depurador. Para evitar que la aplicación agrícola de lodos se convierta simplemente en un vertido encubierto que pueda generar: problemas en los cultivos y dispersión de nutrientes (en exceso) y de contaminantes en el entorno, es necesario fijar las condiciones de aplicación, realizando un trabajo coordinado e interdisciplinario (Soliva y Huerta, 2004).

El presente estudio se realizó para observar si el lodo activo pueda servir como sustrato y abono en las plántulas a nivel de vivero. Dicha investigación se justifica porque el lodo activo se utiliza bastante para abonar los cultivos anuales tales como maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), sorgo (*Sorghum bicolor*), en cultivos perennes como es el cacao (*Theobroma cacao*), café (*Coffea arabica*), plátano (*Musa L*) y pasto para el ganado.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del lodo activo sobre la germinación y crecimiento de *G. sepium* para tomar decisiones sobre su utilidad como sustrato a nivel de vivero.

2.2. Objetivos específicos

Determinar el porcentaje de germinación de la especie *G. sepium*, en función de diferentes proporciones de lodo activo en estudio.

Analizar el crecimiento en diámetro y altura de las plántulas de *G. sepium*.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del sitio de estudio

El presente estudio de investigación se realizó en el vivero del departamento de Manejo de Bosque y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria (UNA), ubicada en el kilómetro 12 ½ de la carretera norte, municipio de Managua, departamento de Managua. El vivero está ubicado entre las coordenadas 12°08'49.60" y 12°08'50" de latitud norte y 86°09'51.63" y 86°09'50" de longitud oeste. Se encuentra a 60 m.s.n.m. (Rivers, 2007). (Figura 1)

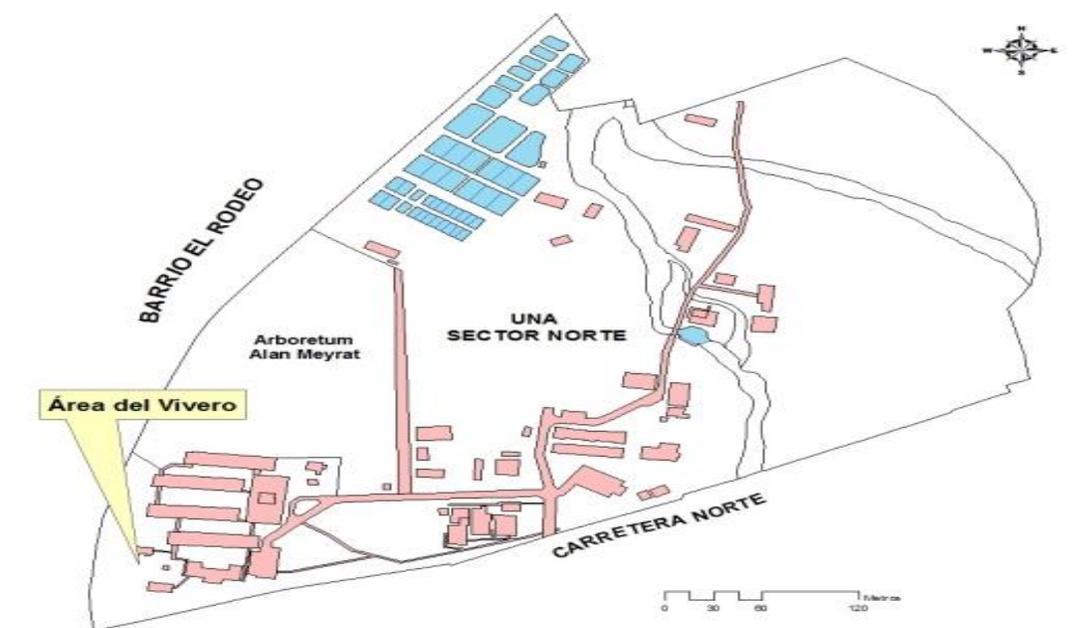


Figura 1. Ubicación del área de estudio, vivero del Departamento de Manejo de Bosque y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018. Adaptado de “Crecimiento de rebrotes de 14 cultivares clonales de jocote (*Spondias purpurea*) a nivel de vivero en la Universidad Nacional Agraria, Managua, 2017”, K. de los A. Silva Turcio y L. R. Varela Salgado, UNA, p.5. UNA.

3.2. Clima

El clima predominante es de sabana tropical según clasificación de Koppen. Este clima se caracteriza por presentar una marcada estación seca de seis a ocho meses de duración. Se ubica en la región ecológica I que en términos generales es la más seca y caliente del país. (Salas, 1993)

3.3. Descripción de la especie (germinación y crecimiento)

Las semillas se siembran en germinadores con arena desinfectada o directamente en las bolsas o en eras o bancales para la producción de pseudoestacas o plantas a raíz desnuda. Se han utilizado con buenos resultados dos tipos de sustratos para la siembra en germinadores: uno con 75% de arena y 25% de tierra y otro con 100% de tierra. Las semillas se siembran a 1cm de profundidad, separadas por 2cm una de otra. La germinación se inicia tres o cuatro días después de la siembra y puede extenderse hasta 10 o 12 días (Salazar *et al.* 2000).

Las primeras hojas aparecen cuando la plántula tiene entre 5 y 6 cm de altura. Se recomienda mantener el germinador bajo sombra, el sustrato debe mantenerse húmedo y a temperatura ambiente (entre 25 y 30 °C), si las condiciones son favorables, las plantas están listas para ser llevadas al campo después de dos o cinco meses, con una altura de 30 a 70 cm y diámetro basal de 1.0 cm a 2.0 cm (Salazar *et al.* 2000).

3.4. Diseño metodológico

Se muestra la metodología utilizada en la evaluación para determinar la germinación y crecimiento de *G. sepium* en los diferentes sustratos, ubicado en el vivero del Departamento de Manejo de Bosque y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria; siendo el periodo de evaluación de dos meses con el fin de obtener las variables a medir en el estudio.

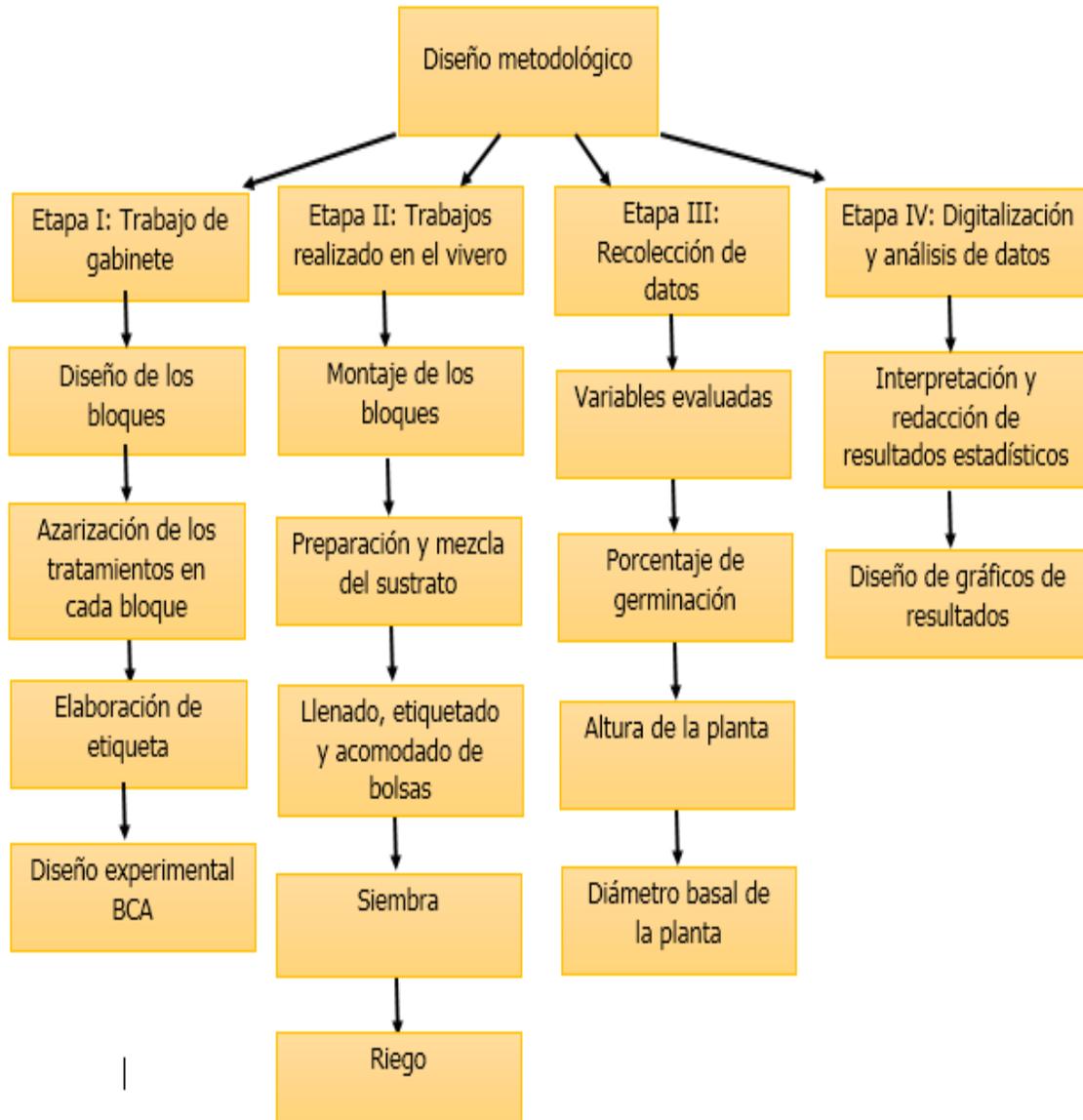


Figura 2. Diseño metodológico de la investigación.

3.4.1 Etapa I: Trabajo de gabinete

3.4.1.1 Unidades experimentales utilizadas

Para establecer los bloques se utilizaron seis bandejas de germinación con las siguientes dimensiones: 0.65 m de largo por 0.53 m de ancho, cada bandeja tiene un área de 0.344 m², comprendiendo un área total de 2.04 m².

3.4.1.2 Asignación de los tratamientos en cada bloque

El diseño utilizado fue de bloques completamente aleatorios (BCA), siendo el factor que se aleatorizó la proporción de lodo activo en cada tratamiento. La asignación de tratamientos por bloque se realizó de manera aleatoria.

Tratamiento 1 (100% lodo activo),

Tratamiento 2 (50%lodo activo + 50% suelo)

Tratamiento 3 (30% lodo activo + 70% suelo)

Finalizado el proceso de azarización, cada tratamiento se observa el mismo número de veces en cada bloque, 15 plantas por cada tratamiento, un total de 45 plantas por bloque obteniendo un total de 270 plantas distribuidas en los seis bloques.

3.4.1.3 Modelo Aditivo Lineal

En el ensayo se empleo un diseño experimental de bloques completamente al azar (BCA), en el cual consiste en seis bloques conformados por tres sustratos diferentes, situados al azar. En total se ocuparon 270 plantas donde se evaluó porcentaje de germinación, altura y diámetro de la planta, siendo el Modelo Aditivo Lineal presentado a continuación:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1,2,3,\dots,t$ Tratamiento

$j = 1,2,3,\dots,r$ repeticiones

y_{ij}: La j – ésima observación del i - ésimo tratamiento

u: Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento

t_i: Efecto del i - ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento

B_j: Efecto debido al j - ésimo bloque

La evaluación del estudio se realizó por un periodo de dos meses, en este periodo se hicieron las mediciones correspondientes. Se realizaron tres observaciones del porcentaje de germinación con intervalos de cada cinco días durante tres semanas, en el caso de la altura y diámetro basal se efectuaron tres mediciones con intervalos de cada siete días durante un periodo de tres semanas.

3.4.1.4 Elaboración de etiqueta

Se elaboraron etiquetas de colores con el objetivo de identificar los diferentes tratamientos en cada bloque:

Verde: tratamiento 1 (100% lodo activo)

Rojo: tratamiento 2 (50% lodo activo + 50% suelo)

Azul: tratamiento 3 (30% lodo activo + 70% suelo)

Cada etiqueta presentaba la siguiente información: número de bloque, número de fila, número de tratamiento y número de planta.

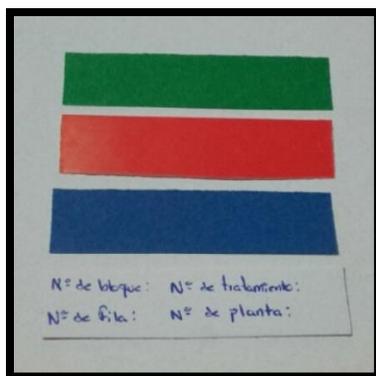


Figura 3. Etiquetas utilizadas para identificar los tres tipos de tratamiento en el diseño experimental, en el vivero del Departamento de Manejo de Bosques y Ecosistemas de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

3.4.2 Etapa II: Trabajos realizado en el vivero

3.4.2.1 Diseño de los bloques

Para la elaboración de los bloques se emplearon bandejas de germinación con las siguientes dimensiones: 0.65 m de largo por 0.53 m de ancho, obteniendo un área total de 2.04 m². Se utilizaron bolsas con dimensiones de 9 cm de ancho por 12 cm de largo, la distancia entre cada bolsa es de 0.7 cm para permitir un buen desarrollo de la planta.

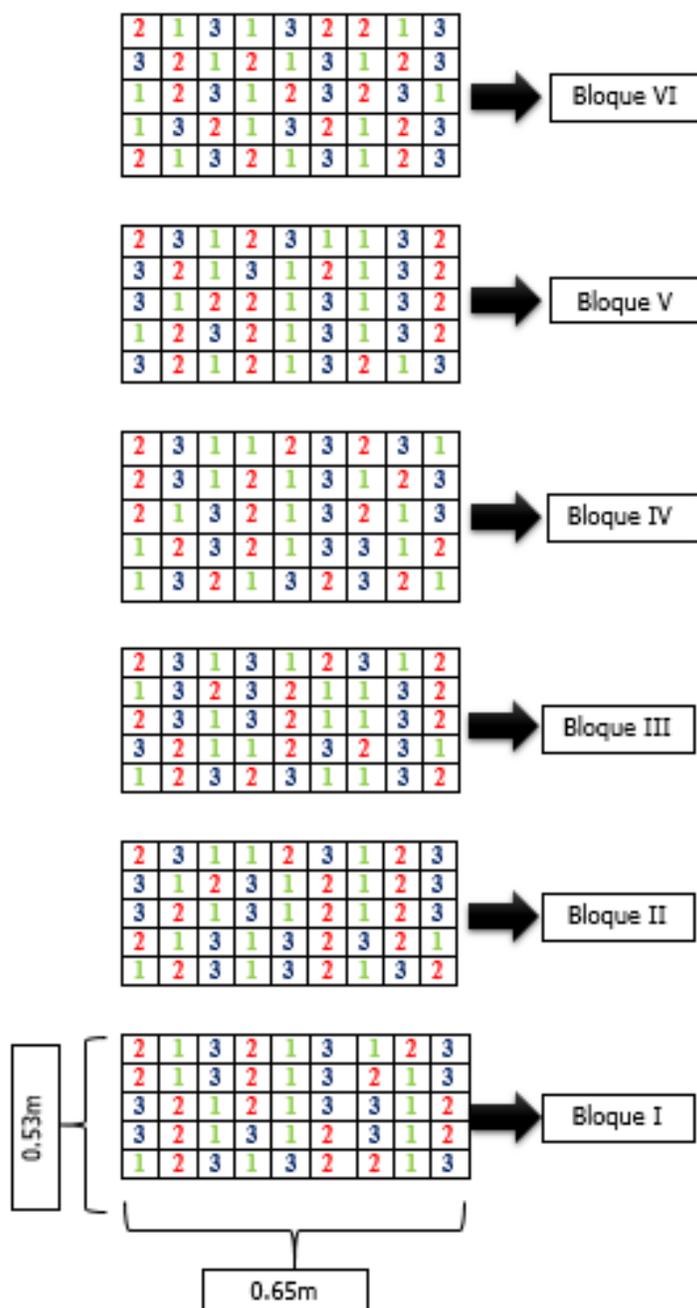


Figura 4. Diseño experimental BCA de las parcelas en el vivero del Departamento de Manejo de Bosque y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

3.4.2.2 Contenido bioquímico del biosólido

El análisis refleja alto contenido de Materia Orgánica (MO) en promedio 51%, lo cual es un indicador natural del biosólido, influyendo en el mejoramiento físico – químico del suelo, estructura y condición biológica para su recuperación. Los resultados de los análisis indican que los macro nutrientes alcanzan porcentajes de: Nitrógeno, N: 3.5%, Fosforo, P: 1% y Potasio, K: 0.35%. Estos resultados influyen directamente el uso y concentraciones del producto en diferentes cultivos.

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas de algunos biosólido y nivel permitido de cobre y zinc.

Elementos	Estándar permitido (A)	Estándar permitido (B)	LAQUISA	UNA	Costa Rica
pH			6.70%		7.25%
Humedad			8.76%	13.01%	
Materia orgánica			55%		47%
Nitrógeno			3.52%	3.08%	3.37%
Fósforo			0.76%	1.21%	
Potasio			0.75%	0.15%	0.16%
Calcio			0.51%	1%	0.31%
Magnesio			0.29%	0.18%	0.36%
Hierro			60 mg/kg	220 mg/kg	218 mg/kg
Cobre	1000 mg/kg	1750 mg/kg	121.5 mg/kg	210 mg/kg	212.7 mg/kg
Zinc	2000 mg/kg	4000 mg/kg	17.2 mg/kg	777.5 mg/kg	110 mg/kg
Manganeso			194.3 mg/kg	232.5 mg/kg	364.1 mg/kg

A: Lodos utilizables sin restricciones, b: Lodos utilizables con restricciones

3.4.2.3 Preparación del sustrato

Tratamiento 1: En el sustrato 100% lodo activo no se realizó ninguna preparación al componente, se utilizó un total de 0.684m³ para el llenado de 90 bolsas (0.0076 m³ por bolsa).

Se mezclaron los diferentes sustratos (lodo activado y suelo), su preparación consistió únicamente en el tamizado del suelo vegetal para limpiar de impurezas del suelo (piedras, hojas). Se realizaron dos tipos de combinación:

Tratamiento 2: Sustrato lodo activo 50% y suelo 50%: Se procedió a mezclar en proporciones iguales los diferentes componentes (lodo activo 0.342m³ y suelo 0.342m³), obteniendo un volumen total de la mezcla de 0.684m³.

Tratamiento 3: Sustrato lodo activo 30% y 70% suelo, los componentes se mezclaron en proporciones diferentes (lodo activado 0.2052m^3 y suelo 0.4778m^3), utilizando un volumen total de 0.684m^3 .



Figura 5. Preparación del sustrato para el llenado de bolsas en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

3.4.2.4 Llenado, acomodado y etiquetado de bolsas

El llenado se realizó manualmente, utilizando bolsas con dimensiones de 9 cm de diámetro por 12 cm de largo, con un espaciado de 0.7cm entre cada bolsa, en total se llenaron 270 bolsas, 90 bolsas para cada tratamiento. Se etiquetó cada tratamiento en las bolsas y se distribuyó en las bandejas según su orden al azar del diseño experimental.

a)



b)



c)



Figura 6: Procesos de: a) llenado de bolsas, b) acomodado de bolsas y c) etiquetado de bolsas

3.4.2.5 Siembra

Se les aplicó riego a las bolsas llenas de los diferentes sustratos, con el propósito de humedecer los diferentes tratamientos, procediéndose a sembrar las semillas. Se sembró una semilla por bolsa a una profundidad de 2.5 cm.



Figura 7. Siembra de la semilla del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018

3.4.2.6 Riego

El riego se realizó durante 2 meses continuo después de la siembra (marzo-abril), regando dos veces al día (en la mañana y en la tarde), manteniendo la humedad necesaria para facilitar el crecimiento de las plántulas.



Figura 8. Riego de las plántulas de madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018

3.4.3 Etapa III: Recolección de datos

3.4.3.1 Recolección de datos

La recolección de datos se llevó a cabo 10 días después de la siembra de las semillas. Ya que la germinación del *G. sepium* comienza a los 3-4 días y se completa a los 12-15 días (Cordero y Boshier 2003).

3.4.3.2 Variables evaluadas

Para evaluar el comportamiento del madero negro (*G. sepium*) en los tres tipos de sustrato, durante la fase de vivero, se midieron las siguientes variables:

Germinación

El conteo se realizó directamente por tratamiento en cada uno de los bloques y se llevó a cabo cinco días después de la siembra, la toma de datos se realizó tres veces en un transcurso de cinco días cada medición.



Figura 9. Germinación del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018

Altura de las plántulas

La altura de las plántulas se tomó con regla graduada en centímetros, desde el nivel del sustrato hasta la yema terminal (Salazar, 1989). Se realizaron tres mediciones en un intervalo de siete días cada medición en el periodo evaluado de dos meses.



Figura 10. Medición de la altura del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

Diámetro basal de las plántulas

Para realizar la medición del diámetro basal de las plántulas, se utilizó el vernier, realizando la medida en la base del tallo de cada plántula; el instrumento está calibrado en milímetros. Se realizaron tres mediciones en un intervalo de siete días, durante el periodo de evaluación de dos meses.



Figura 11. Medición del diámetro basal del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

3.4.4 Etapa IV: Digitalización y análisis de datos

3.4.4.1 Digitalización y análisis estadístico

El procesamiento de los datos obtenidos en campo de las variables evaluadas para los diferentes tipos de tratamientos, fue realizado a partir de la elaboración de una base de datos en el programa Excel, ejecutando los cálculos y estimaciones mediante estadística descriptiva.

3.4.4.2 Análisis de Varianza

El análisis de la varianza parte de los conceptos de regresión lineal. Un análisis de la varianza permite determinar si los tratamientos muestran diferencias significativas o por el contrario puede suponerse que sus medias poblacionales no difieren.

Se realizó el análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el programa Infostat Statical versión 2016e.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Porcentaje de germinación del madero negro (*G. sepium*) para los diferentes tipos de tratamientos

La germinación es un proceso que consiste en la absorción de agua, la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento del embrión de una semilla (Bidwell, 1990). En condiciones de campo no se considera que la germinación ha finalizado hasta que se produce la emergencia y desarrollo de una plántula normal (Villamil y García, 1998).

La germinación del *G. sepium* es alta y uniforme, generalmente mayor del 90 %. La emergencia de las plántulas ocurrió al séptimo día posterior a la siembra. Se obtuvo un porcentaje de germinación del 90% para el tratamiento 50% lodo + suelo, 72% para 100% lodo activo y 57% para 30% lodo + suelo. Esto puede relacionarse a las características de la semilla, la luminosidad adecuada, humedad necesaria para su germinación y condiciones físicas de los sustratos.

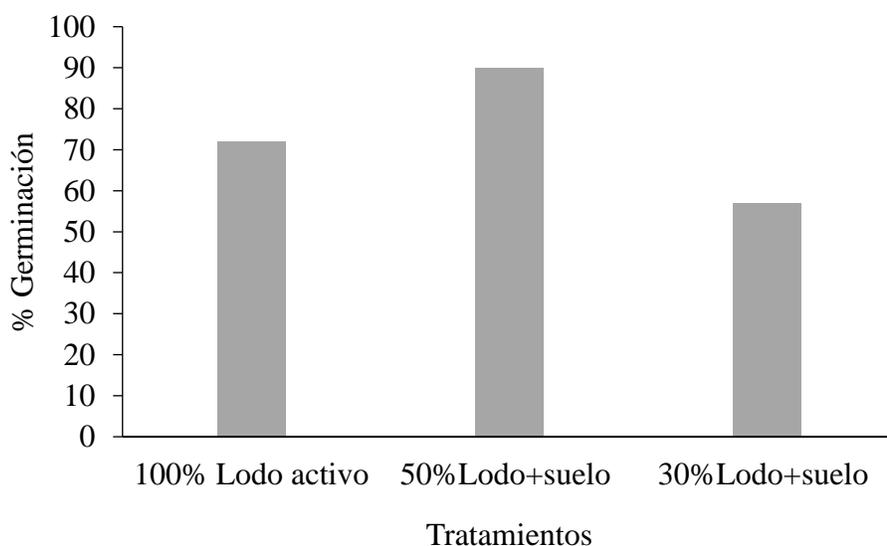


Figura 12. Germinación del madero negro (*G. sepium*), en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018. Los datos se presentan en función de los valores medios.

4.2. Incremento semanal del diámetro basal del madero negro (*G. sepium*)

El incremento del diámetro se obtuvo de la medición final del diámetro menos la primera medición del diámetro.

En la figura 13 se puede observar que en la primera semana de evaluación se obtuvo un incremento del diámetro basal de 0.38 mm, en el transcurso del periodo de evaluación, a partir de la segunda hasta la tercera semana se observó notablemente un descenso en el incremento del diámetro de las plántulas siendo los valores de 0.35 mm y 0.2 mm.

Se asume que el efecto de la disminución del diámetro de las plántulas puede estar relacionado con las condiciones físicas del sustrato. Según López (2017), la compactación cambia las propiedades físicas del sustrato. Los macros poros en el interior del sustrato son los responsables de proporcionar espacios vacíos, una rápida infiltración del agua y un buen drenaje. Cuando el sustrato se compacta, los macros poros se colapsan y la estructura física se modifica provocando una deficiente infiltración de agua, las raíces están a una menor profundidad y son cortas, el drenaje es deficiente y causa anegaciones. Además, PASOLAC (2000) indica que una de las desventajas del madero negro es que no tolera muy bien suelos mal drenados.

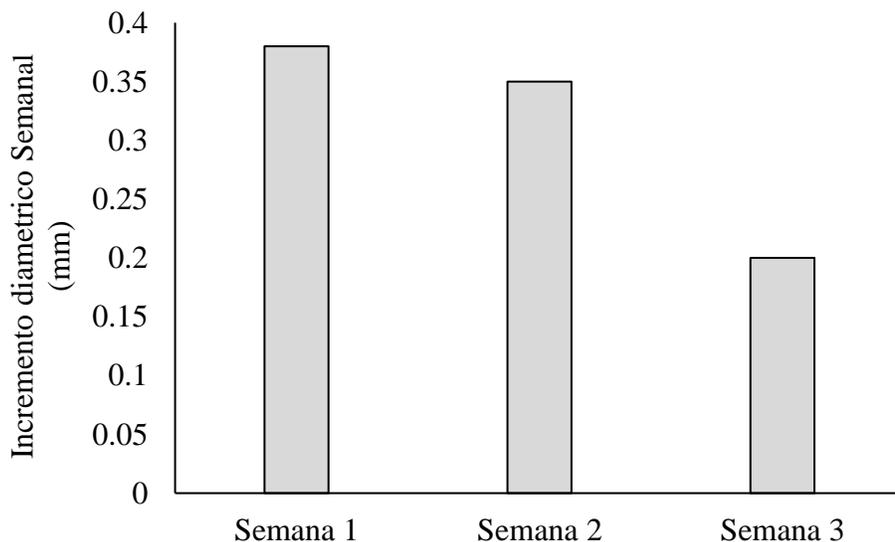


Figura 13. Incremento promedio semanal del diámetro basal del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

4.3. Incremento semanal en altura del madero negro (*G. sepium*)

La figura 14 nos indica que los tratamientos en estudio, presentan tendencias de incremento en la longitud durante el lapso de tres semanas que duro el periodo de evaluación. El tratamiento 1 (lodo 100%) en la primera semana muestra un valor inicial de 2.68 cm posteriormente en la tercera semana mostró un valor de 2.85 cm, incrementando 0.17 cm de altura en las plántulas. El tratamiento 3 (lodo 30%) en la primera semana presento un valor de 1.71 cm y en la tercera semana un valor de 2.3 cm incrementando en ese periodo 0.59 cm de altura en las plántulas, no obstante, el tratamiento 2 (lodo 50%) de la primera a la segunda semana mostro un incremento en la altura de 0.13 cm; en dicho tratamiento en la tercera semana las plántulas sufrieron una mortalidad del 100%.

La variable que puede estar relacionado con el incremento en altura, es la cantidad de nitrógeno presente en el sustrato. De acuerdo con el análisis químico que se realizó al sustrato (lodo activo) presenta 3.08% de nitrógeno. Según Quiroz *et al.* (2009) el rango óptimo de nitrógeno es de 1.40 a 2.50%. Cuando se presenta un exceso de nitrógeno, las plantas tienden a presentar crecimiento en altura y se presentara un sistema radicular pobre, por lo que las plantas serán más débiles y esto a su vez hará que las plantas sean más susceptibles a los ataques de plagas y enfermedades.

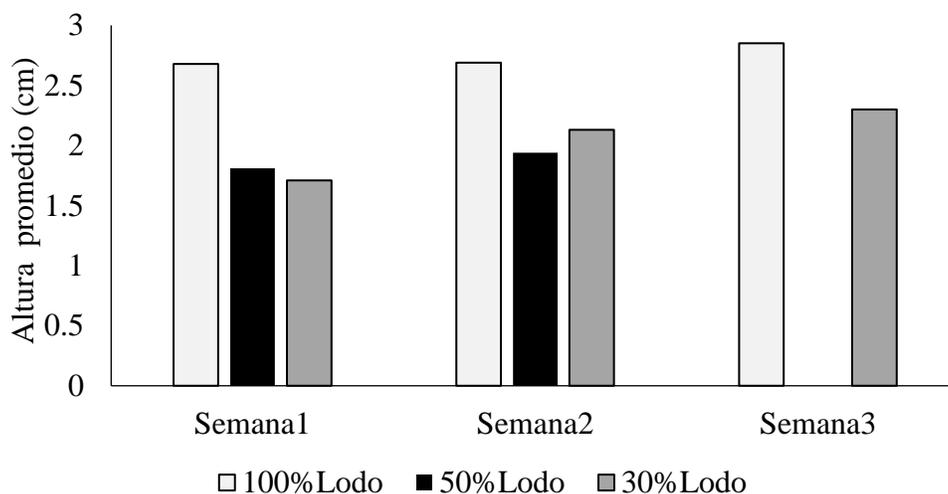


Figura 14. Incremento semanal en altura del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

4.4. Crecimiento en diámetro en función de cada tratamiento

Los resultados de la figura 15 muestran que la especie madero negro (*G. sepium*), presento diferentes tendencias de incremento en diámetro. La grafica muestra que el tratamiento 50% lodo + suelo obtuvo el menor valor siendo este de 2.38 mm, seguidamente el tratamiento 100% lodo activo presento un valor de 2.46 mm (mostrando una diferencia de 0.09 mm); siendo el tratamiento 30% lodo + suelo que mostro mejor resultado con 2.48 mm (mostrando una diferencia de 0.02 mm).

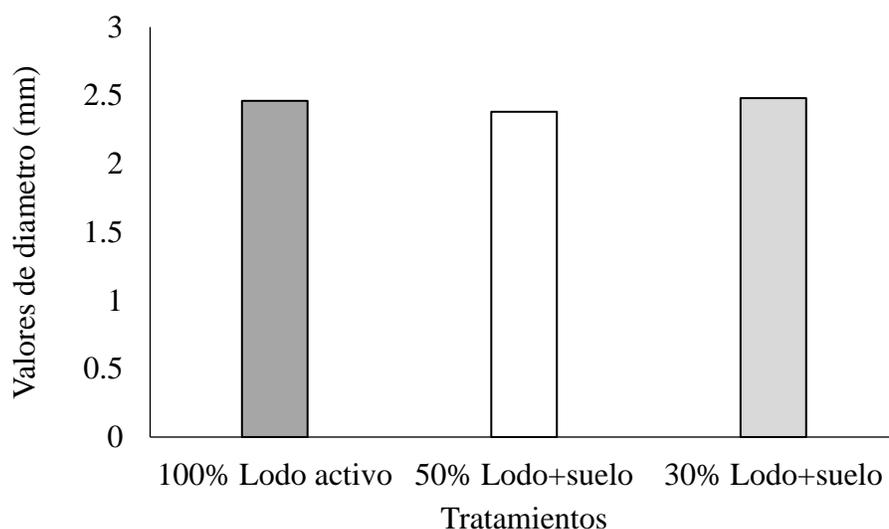


Figura 15. Medición de diámetro basal por tratamiento del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

4.5. Crecimiento en altura en función de cada tratamiento

En general, los tratamientos mostraron diferentes tendencias en cuanto el crecimiento en altura. Los resultados obtenidos muestran que durante las tres semanas que duro el periodo de evaluación, el tratamiento 100% lodo activo obtuvo el mejor desempeño de incremento en longitud con un valor del 2.72 cm, seguidamente el tratamiento 50% lodo+ 50% suelo con un incremento del 1.97 cm, en cambio el tratamiento 30% lodo+ 70 % suelo es el que mostro menor resultado con 1.89 cm.

Según Peralta (2007) cuando evaluó el efecto del lodo residual incorporado como sustrato en *Pinus radiata* a nivel de vivero presento excelentes resultados en cuanto a la altura de las plántulas, explica que la dosis óptima para la mejor producción de plántulas es la combinación 40% de lodo residual+60% de tierra arable, con el cual obtuvo plantas vivas con desarrollo radicular, 18.42 cm. de altura de plantas y 4.76 cm. de desarrollo foliar.

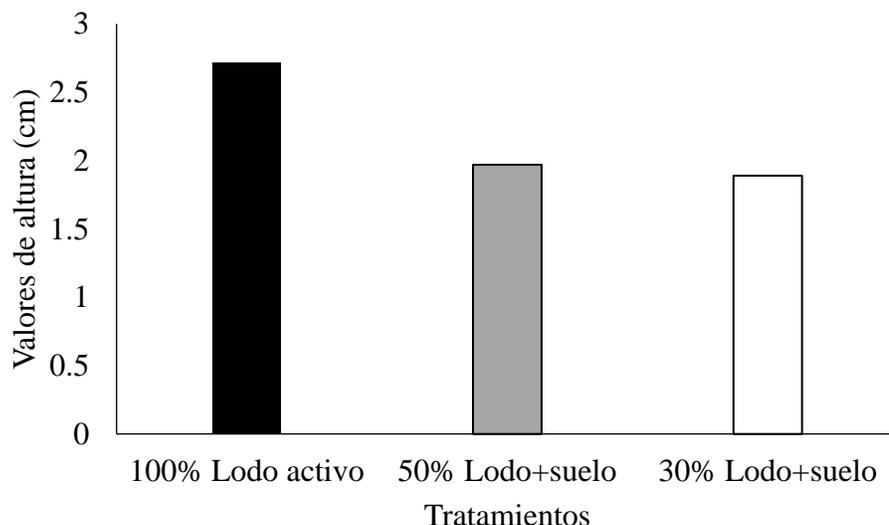


Figura 16. Medición de altura por tratamiento del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

4.6. Análisis de varianza del diámetro basal del madero negro (*G. sepium*)

El ANDEVA al 95% se observa, que en los tratamientos no hay diferencias significativa estadística, aceptando la hipótesis nula, la cual indica que los tratamientos no influyen en el crecimiento del diámetro basal del madero negro. El bloque no tuvo ninguna influencia en el diámetro basal ya que estadísticamente da un resultado de no significativo.

Cuadro 2. Análisis de varianza del diámetro basal del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

Fuente de variación	Suma de cuadrado	Grado de libertad	F calculado	F tabulado
Modelo	3.91	7	0.70	0.6758
Tratamiento	0.08	2	0.05	0.9510
Bloque	3.67	5	0.91	0.4741
Error	105.12	131		
Total	109.03	138		

4.7. Separación de Medias Tukey

En el análisis de separación de media Tukey se observó que el conjunto de tratamientos comparados no puede separarse en categorías estadísticas diferentes, y que las medias estadísticamente son similares entre sí en cada uno de los tratamientos (en cada uno de los tratamientos se identifica con una A).

Cuadro 3. Separación de medias del diámetro basal del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

Tratamientos	Medias	N	Error experimental	Categoría estadística
50% lodo + suelo	2.40	42	0.15	A
100% lodo activo	2.42	72	0.12	A
30% lodo + suelo	2.47	25	0.18	A

4.8. Análisis de Varianza de la altura de las plántulas del madero negro (*G. sepium*)

El Análisis de Varianza al 95% muestra que en los tratamientos hay una alta significancia estadística aceptando la hipótesis alternativa, la cual indica que los tratamientos influyen en el crecimiento en altura de las plántulas del madero negro. El bloque contribuye en la precisión de los datos, ayuda a disminuir el error de campo, el bloqueo tuvo significancia.

Cuadro 4. Análisis de varianza de la altura del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

Fuente de variación	Suma de cuadrado	Grado de libertad	F calculado	F tabulado
Modelo	36.88	7	10.76	<0.0001
Tratamiento	10.64	2	10.86	<0.0001
Bloque	15.64	5	6.39	<0.0001
Error	64.14	131		
Total	101.02	138		

4.9. Separación de Medias Tukey

Según el análisis de Tukey se observa que en los tratamientos comparados hubo una separación de categorías estadísticamente diferentes. Siendo el tratamiento 100% lodo activo el que presentó diferencia en la media estadística (se agrupa en una sola categoría representada con la letra B), mientras que los tratamientos 30% lodo + suelo y 50% lodo + suelo ya que las medias estadísticamente son similares (agrupándose en una sola categoría representada con la letra A).

Cuadro 5. Separación de medias de la altura del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

Tratamientos	Medias	N	Error experimental	Categoría estadística
30% lodo + suelo	1.86	25	0.14	A
50% lodo + suelo	1.95	42	0.11	A
100% lodo activo	2.50	72	0.10	B

4.10. Análisis de varianza del incremento semanal del diámetro basal del madero negro (*G. sepium*)

El ANDEVA al 95% se observa, que en los tratamientos no hay diferencias significativa estadística, aceptando la hipótesis nula, la cual nos indica que ninguno de los tratamientos tuvo influencia en el incremento del diámetro basal del madero negro.

Cuadro 6. Análisis de varianza del incremento semanal del diámetro basal del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

Fuente de variación	Suma de cuadrado	Grado de libertad	F calculado	F tabulado
Modelo	20.01	4	7.53	<0.0001
Tratamiento	0.24	2	0.18	0.8359
Medición	19.77	2	14.88	<0.0001
Error	89.02	134		
Total	109.03	138		

4.11. Separación de Medias Tukey

En el análisis de separación de media Tukey se observó que el conjunto de tratamientos comparados no puede separarse en categorías estadísticas diferentes. Ya que las medias estadísticamente son similares entre sí en cada uno de los tratamientos (en cada uno de los tratamientos se identifica con una A).

Cuadro 7. Separación de medias del diámetro basal del madero negro (*G. sepium*) por tratamientos en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

Tratamientos	Medias	N	Error experimental	Categoría estadística
50% lodo + suelo	2.06	42	0.14	A
100% lodo activo	2.26	72	0.10	A
30% lodo + suelo	2.50	25	0.16	A

4.12. Separación de Medias Tukey (semanal)

En el análisis de separación de medias Tukey, se observó que las mediciones del diámetro basal semanalmente comparadas, hubo una separación de categorías estadísticamente diferentes. Siendo la tercera semana la que presento diferencia en la media estadística (se agrupa en una sola categoría representada por la letra B), mientras que la primera y segunda semana muestra que las medias estadísticamente son similares (agrupándose en una sola categoría representada con la letra A). En la primera semana de medición del diámetro basal se tiene una media de 2.63 mm mientras que la tercera semana de medición se tiene una media de 1.35 mm. Se puede observar que hubo una disminución en el incremento del diámetro basal de 1.28 mm. Esto es debido a la mayor concentración de nitrógeno en el lodo activo y la compactación del sustrato.

Cuadro 8. Separación de medias del diámetro basal del madero negro (*G. sepium*) por mediciones en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

Tratamientos	Medias	N	Error experimental	Categoría estadística
Primer semana	2.63	57	0.11	A
Segunda semana	2.46	67	0.10	A
Tercer semana	1.35	15	0.22	B

4.13. Análisis de Varianza del incremento semanal de altura de las plántulas del madero negro (*G. sepium*)

El Análisis de Varianza al 95% muestra que en los tratamientos hay una alta significancia estadística aceptando la hipótesis alternativa, la cual indica que uno de los tratamientos influye en el incremento de la longitud de las plántulas del madero negro.

Cuadro 9. Análisis de varianza del incremento semanal de altura del madero negro (*G. sepium*) en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

Fuente de variación	Suma de cuadrado	Grado de libertad	F calculado	F tabulado
Modelo	22.58	4	9.65	<0.0001
Tratamiento	21.24	2	18.14	<0.0001
Medición	1.35	2	1.15	0.3192
Error	78.44	134		
Total	101.02	138		

4.14. Separación de Medias Tukey

Según el análisis de Tukey se observa que en los tratamientos comparados hubo una separación de categorías estadísticamente diferentes. Siendo el tratamiento 100% lodo activo el que presentó diferencia en la media estadística (se agrupa en una sola categoría representada con la letra B), mientras que los tratamientos 30% lodo + suelo y 50% lodo + suelo ya que las medias estadísticamente son similares (agrupándose en una sola categoría representada con la letra A).

El tratamiento que más influyó en el incremento de crecimiento vertical de la plántula según la prueba de Tukey es el 100% lodo.

Cuadro 10. Separación de medias de la altura del madero negro (*G. sepium*) por tratamientos en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

Tratamientos	Medias	N	Error experimental	Categoría estadística
30% lodo + suelo	1.88	25	0.15	A
50% lodo + suelo	2.01	42	0.13	A
100% lodo activo	2.75	72	0.10	B

4.15. Separación de Medias Tukey (semanal)

En el análisis de separación de medias Tukey, se observó que las mediciones de longitud semanalmente comparadas no pueden separarse en categorías estadísticas diferentes, ya que las medias estadísticamente son similares entre sí en cada semana (agrupadas en una sola categoría representada con la letra A).

Los tres tratamientos se comportaron iguales en el crecimiento semanal de las plántulas.

Cuadro 11. Separación de medias de la altura del madero negro (*G. sepium*) por medición en el vivero del Dpto. Manejo de Bosques y Ecosistema de la Universidad Nacional Agraria, 2018.

Tratamientos	Medias	N	Error experimental	Categoría estadística
Primer semana	2.09	57	0.11	A
Segunda semana	2.25	67	0.10	A
Tercer semana	2.52	15	0.20	A

V. CONCLUSIONES

El tratamiento 50% lodo + suelo es el que presento mayor porcentaje de germinación (90%) en el madero negro (*G. sepium*) durante el periodo evaluado de dos meses, bajo las condiciones ambientales controladas del vivero.

En cuanto al incremento en altura del madero negro (*G. sepium*) el tratamiento 100% lodo activo es el que obtuvo mejor resultado en crecimiento con 2.72 cm de altura en el periodo de dos meses de evaluación a nivel de vivero, debido al alto contenido de nitrógeno (3.08%) en su composición química.

En el incremento del diámetro basal del madero negro (*G. sepium*) el tratamiento 30% lodo + suelo es el que mostro mejor resultado con 2.48 mm de diámetro en el periodo de dos meses de evaluación a nivel de vivero, consecuencia del bajo porcentaje del lodo activo que es lo que compacta todo el sustrato. La compactación del sustrato no permite el desarrollo normal del diámetro basal de las plántulas.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos de los diferentes tratamientos en estudio, dar continuidad a este tipo de estudio, pero con el sustrato lodo activo bien mullido para evitar fragmentos grandes.

Continuar con el ensayo, pero con otra especie o especies que se puedan adaptar a las condiciones físicas y químicas del lodo activo.

.

VII. LITERATURA CITADA

- Abad, M., Noguera, P., & Noguera, V. (1996). Turbas para semilleros. In *II Jornadas sobre semillas y semilleros hortícolas. Congresos y Jornadas* (Vol. 35, No. 96, pp. 79-101).
- Bidwell, R. G. S. (1990). *Fisiología Vegetal*. Primera Edición. Ed. AGT México, DF.
- Cordero, J. & Boshier, D. (2003). *Arboles de Centroamérica*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- García, O. C., Alcántar, G., Cabrera, R. I., Gavi, F., & Volke, V. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra Latinoamericana*, 19(3).
- Gómez, F. (2001). *Evaluación del Bokashi como sustrato para semilleros en la región atlántica de Costa Rica*. (Tesis inédita de graduación). Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, Guácimo, Costa Rica.
- López, J. (2017). *Como evitar problemas en la compactación del sustrato del cultivo*. Recuperado de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/como-evitar-problemas-con-la-compactacion-del-sustrato-de-cultivo/>.
- Oliet, J., Segura, M. L., Dominguez, F. M., Blanco, E., Serrada, R., Arias, M. L., & Artero, F. (1999). Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* Mill. *Forest Systems*, 8(1), 207-228.
- PASOLAC. 2000. Programa para la agricultura sostenible en laderas de america central. Guía técnica de conservación de suelos y agua. San salvador, SV. 1ª. Ed. 222p.

- Peralta, E. (2017). *Efecto del lodo residual incorporado como sustrato en repique de Pinus radiata D. a nivel de vivero forestal*. (Tesis inédita de ingeniero) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Quiroz Marchant, I., Chung Guin-po, P., García Rivas, E., González Ortega, M. P., & Soto Guevara, H. (2009). Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta.
- Reza, J. (2003). *Estudio de viabilidad en la aplicación de lodos activados en suelo para los cultivos de maíz (zea mayz L.) y nopal (opuntia ficus-indica)*. (Tesis inédita de doctorado). Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín, N. L., México.
- Rivers, E. (2007). Incidencia del virus del mosaico del dasheen (dsmv) y producción de plantas libres del virus en malanga (Colocasia spp.) (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Salas, J. B. (1993). Arboles de Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente. *Servicio Forestal Nacional. Managua, Nicaragua*.
- Salazar, R. (1989). *Guía para la investigación silvicultural de especies de uso múltiple* (No. 20). Bib. Orton IICA/CATIE.
- Salazar, R., Soihet, C., & Méndez, J. M. (2000). Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. *Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica*.
- Sandoval-Méndez, C., Cetina-Alcalá, V. M., Yeaton, R., & Mohedano-Caballero, L. (2000). Sustratos y polímeros en la producción de planta de Pinus cembroides Zucc. bajo condiciones de invernadero. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 6(2), 143-150.

- Silva, K. y Varela, L. (2017). Crecimiento de rebrotes de 14 cultivares clonales de jocote (*Spondias purpurea*) a nivel de vivero. (Tesis inedita de ingeniero) Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Soliva, M., & Huerta, O. (2004). Compostaje de lodos resultantes de la depuración de aguas residuales urbanas. *CENEAM/MIMAM, Escola Superior d'Àgricultura de Barcelona*. Recuperado de <https://studylib.es/doc/5204979/compostaje-de-lodos-resultantes-de-la-depuraci%C3%B3n-de-aguas>.
- Struve, D. K. (1993). Effect of copper-treated containers on transplant survival and regrowth of four tree species. *Journal of Environmental Horticulture*, 11(4), 196-199.
- Villamil, J. M. P., & García, F. P. (1998). *Germinación de semillas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaria General de Estructuras.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Formato para la recolección de datos de germinación del madero negro, 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE BOSQUES Y ECOSISTEMAS

Semana _____

Fecha _____

N° de bloque _____

F1	F2	F3	F4	F5
1	3	3	2	2
2	2	2	1	1
3	1	1	3	3
1	3	2	2	2
3	1	1	1	1
2	2	3	3	3
2	3	3	2	1
1	1	1	1	2
3	2	2	3	3

ANEXO 2: Formato de recolección de datos de altura y diámetro basal del madero negro, 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
 FACULTAD DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
 DEPARTAMENTO DE MANEJO DE BOSQUES Y ECOSISTEMAS

Semana _____

Fecha _____

N° de bloque _____

Medición _____

	F1	F2	F3	F4	F5
O					
H					
O					
H					
O					
H					
O					
H					
O					
H					
O					
H					
O					
H					
O					
H					
O					
H					