



Por un desarrollo Agrario,
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO SISTEMAS INTEGRALES DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Trabajo de Graduación

**Evaluación del efecto de tres sustratos en el desarrollo de
plantas de *Moringa oleifera* en vivero**

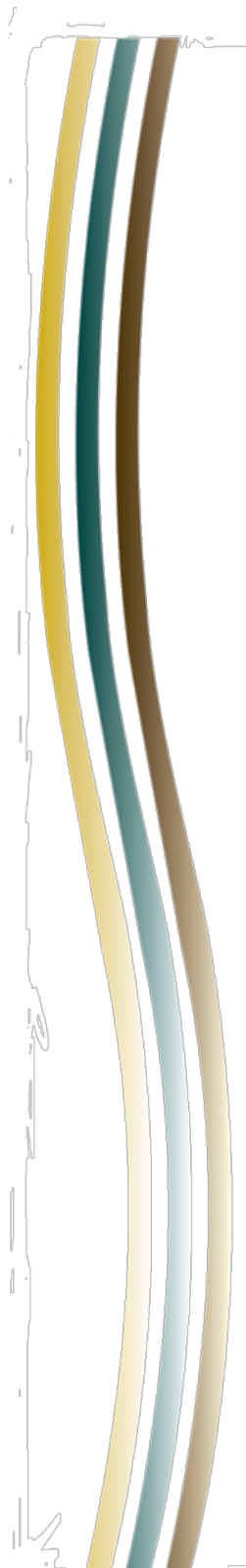
Autores:

Br. Allan Fabricio Saavedra Miranda
Br. Santiago Lenin Gutiérrez Gonzales

Asesores

PhD. Nadir Reyes Sánchez
MSc. Juan José Membreño Morales

Managua, Nicaragua
Febrero, 2014



Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Tribunal Examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Ciencia Animal como requisito parcial para optar al título profesional de:

INGENIERO EN ZOOTECNIA

Miembros del tribunal examinador

Ing. Carlos Ruiz Fonseca MSc.

Presidente

Ing. Norlan Caldera Navarrete MSc.

Secretario

Lic. Rosario Rodríguez Pérez MSc.

Vocal

Managua, Nicaragua, 18 de febrero, 2014

ÍNDICE

| | Contenido | Página |
|----------|---|--------|
| | Dedicatoria | i |
| | Agradecimiento | iii |
| | Índice de cuadros | iv |
| | Índice de figuras | v |
| | Índice de anexos | vi |
| | Resumen | ix |
| | Abstract | x |
| I | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1 | OBJETIVOS | 3 |
| 1.1.2.- | Objetivo general | 3 |
| 1.1.3.- | Objetivos específicos | 3 |
| II | MATERIALES Y METODOS | 4 |
| 3.1.- | Descripción del sitio | 4 |
| 3.1.1.- | Suelos y clima | 4 |
| 3.1.2.- | Acceso | 4 |
| 3.2.- | Proceso metodológico | 4 |
| 3.2.1.- | Procedimiento de campo | 4 |
| 3.2.2.- | Establecimiento del vivero | 4 |
| 3.2.3.- | Preparación del bancal | 5 |
| 3.2.4.- | Preparación del sustrato | 5 |
| 3.2.5.- | Sustratos utilizados en el estudio | 5 |
| 3.2.6.- | Análisis químico de los sustratos | 5 |
| 3.2.7.- | Llenado y acomodado de bolsas | 6 |
| 3.2.8.- | Siembra de la semilla | 6 |
| 3.2.9.- | Riego | 6 |
| 3.2.10.- | Raleo | 6 |
| 3.2.11.- | Selección de plántulas monitoreadas | 6 |
| 3.2.12.- | Destrucción del terrón de plántulas seleccionadas | 6 |
| 3.2.13.- | Peso seco parte aérea y peso seco de la raíz | 7 |
| 3.3.- | Diseño experimental | 7 |
| 3.3.1.- | Variables a evaluar | 7 |
| 3.3.2.- | Tasa de Supervivencia | 7 |

| | | |
|---------|-------------------------------|----|
| 3.3.3.- | Tasa de germinación | 8 |
| 3.3.4.- | Altura de la planta | 8 |
| 3.3.5.- | Diámetro basal | 8 |
| 3.3.6.- | Numero de hojas | 8 |
| 3.3.7.- | Comportamiento de la raíz | 9 |
| 3.3.8.- | Índice de calidad de plantas | 9 |
| 3.4.- | Análisis estadístico | 9 |
| 3.5.- | Modelo Estadístico | 9 |
| IV | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | |
| 4.1.- | Tasa de germinación | 11 |
| 4.2.- | Tasa de sobrevivencia | 11 |
| 4.3.- | Altura de las plantas | 12 |
| 4.4.- | Diámetro del tallo | 14 |
| 4.5.- | Numero de hojas | 15 |
| 4.6.- | Longitud de la raíz principal | 16 |
| 4.7.- | Diámetro de la raíz (mm) | 17 |
| 4.8.- | Numero de raíces | 18 |
| 4.9.- | Peso seco parte aérea | 19 |
| 4.10.- | Peso seco de las raíces | 20 |
| 4.11.- | Índice de calidad | 21 |
| V | CONCLUSIONES | 23 |
| VII | LITERATURA CITADA | 24 |

DEDICATORIA

El presente estudio científico se lo dedico a:

Dios por ser el creador que nos dio la sabiduría, y nunca me dejo solo, para llegar a culminar mis estudios universitarios, y en especial por darme el don de la vida.

A mis padres, **Gustavo Alberto Saavedra Cruz** y **Rosa Emilse Miranda Olivares**, por brindarme su incondicional apoyo moral y económico, porque a través de esta manera pude cumplir una meta más en mi vida como ser humano.

A mi hermano, **Nasser Gustavo Saavedra Miranda**, que de alguna manera me impulso en el transcurso de mi carrera.

A todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido en la elaboración de esta investigación.

Br. Allan Fabricio Saavedra Miranda

DEDICATORIA

Dedico esta investigación en primer lugar a nuestro **Señor Jesucristo** que me creo desde el vientre de mi madre a el que es el todo poderoso y en el cual crecí y me dono inteligencia, paciencia, humildad, carisma, respeto, compañerismo y aptitudes en mis estudios para realizar mis metas educativas y llegar a la profesionalización.

A mis padres que con su esfuerzo y trabajo brindaron apoyo moral y económico **.Santiago Isabel Gutiérrez González y Salvadora del Carmen González Mendoza.**

A mi hermano **Fernando David Mendoza Gonzales** y familia que son ejemplos activos dentro de la sociedad y profesores que se esfuerzan en el pan de la enseñanza del saber y actuar para trasmitirlos enriqueciendo los conocimientos a los estudiantes.

Br. Santiago Lenin Gutiérrez González

AGRADECIMIENTO

Agradecemos de manera muy especial la culminación de esta investigación científica a Dios, por permitirnos concluir nuestra investigación, a él quien cada día despierta el don de la sabiduría.

A nuestros padres por ser quienes nos dieron la vida y guiarnos por el camino del bien y por estar siempre cuando más los necesitábamos, a ellos que con su ejemplo de padres han formado en nosotros los forjadores del mañana, para de esta manera contribuir al desarrollo de nuestro país.

A nuestros profesores, por brindarnos el pan de la enseñanza, a quienes todo este tiempo aclararon nuestras dudas y transmitieron sus experiencias profesionales.

A nuestros asesores PhD. **Nadir Reyes Sánchez** y MSc. **Juan José Membreño** a quienes agradecemos de manera muy especial por el esfuerzo y dedicación que brindaron en todo este tiempo para aclarar nuestras dudas.

Muchas Gracias

Allan Fabricio Saavedra Miranda
Santiago Lenin Gutiérrez Gonzales

ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO | | PÁGINA |
|---------------|---|---------------|
| 1. | Análisis químico de los sustratos estiércol, compost y suelo | 5 |
| 2. | Categoría de sobrevivencia expresadas en porcentajes | 8 |
| 3. | Comportamiento de la germinación para <i>Moringa oleifera</i> utilizando los tres diferentes tipos de sustratos | 11 |
| 4. | Comportamiento de la sobrevivencia para <i>Moringa oleifera</i> utilizando los tres diferentes tipos de sustratos | 12 |
| 5. | Comportamiento del índice de calidad para <i>Moringa oleifera</i> utilizando los tres diferentes tipos de sustratos | 22 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA | | PÁGINA |
|--------|--|--------|
| 1. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre la altura de plantas (cm) de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero. | 12 |
| 2. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el Diámetro del tallo (mm) de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero. | 13 |
| 3. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el número de hojas de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero. | 14 |
| 4. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre la Longitud raíz principal (cm) de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero. | 15 |
| 5. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el Diámetro de la raíz principal (mm) de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero. | 16 |
| 6. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el Número de raíces de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero. | 17 |
| 7. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el Peso seco parte aérea (g) de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero. | 18 |
| 8. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el Peso seco de las raíces (g) de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero. | 19 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXO | | PÁGINA |
|-------|---|--------|
| 1. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre la altura de plantas (cm) de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero, Managua. Nicaragua | 26 |
| 2. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el diámetro de la plantas (cm) de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero, Managua. Nicaragua | 26 |
| 3. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el número de hojas en plantas de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero, Managua. Nicaragua | 27 |
| 4. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre la longitud de la raíz principal (mm) de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero, Managua. Nicaragua | 27 |
| 5. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el diámetro de la raíz principal (mm) de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero, Managua. Nicaragua | 28 |
| 6. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el número de raíces de plantas de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero, Managua. Nicaragua | 28 |
| 7. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el peso seco parte aérea (g) de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero, Managua. Nicaragua | 29 |
| 8. | Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el peso seco de la raíz (g) de <i>Moringa oleifera</i> a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero, Managua. Nicaragua | 29 |
| 9. | ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre la altura de las plantas (cm) de <i>Moringa oleifera</i> en la primera semana de edad en vivero | 30 |
| 10. | ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre la altura de las plantas (cm) de <i>Moringa oleifera</i> en la décima semana de edad en | 30 |

vivero

11. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el diámetro de las plantas (mm) de *Moringa oleifera* en la primera semana de edad en vivero 30
12. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el diámetro de las plantas (mm) de *Moringa oleifera* en la décima semana de edad en vivero 30
13. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre número de hojas de las plantas de *Moringa oleifera* en la primera semana de edad en vivero 30
14. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre número de hojas de las plantas de *Moringa oleifera* en la décima semana de edad en vivero 30
15. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre la tasa de crecimiento (cm / día) de las plantas de *Moringa oleifera* en la primera semana de edad en vivero 31
16. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre la tasa de crecimiento (cm / día) de las plantas de *Moringa oleifera* en la décima semana de edad en vivero 31
17. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre la longitud de la raíz principal (cm) de las plantas de *Moringa oleifera* en la primera semana de edad en vivero 31
18. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre la longitud de la raíz principal (cm) de las plantas de *Moringa oleifera* en la décima semana de edad en vivero 31
19. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el diámetro de la raíz principal (mm) de las plantas de *Moringa oleifera* en la primera semana de edad en vivero 31

| | | |
|-----|---|----|
| 20. | ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el diámetro de la raíz principal (mm) de las plantas de <i>Moringa oleifera</i> en la décima semana de edad en vivero | 32 |
| 21. | ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el número de raíces (mm) de las plantas de <i>Moringa oleifera</i> en la primera semana de edad en vivero | 32 |
| 22. | ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el número de raíces (mm) de las plantas de <i>Moringa oleifera</i> en la décima semana de edad en vivero | 32 |
| 23. | ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el peso seco parte aérea (g) de las plantas de <i>Moringa oleifera</i> en la primera semana de edad en vivero | 32 |
| 24. | ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el peso seco de la raíz (g) de las plantas de <i>Moringa oleifera</i> en la primera semana de edad en vivero | 32 |

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Universidad Nacional Agraria ubicada en el municipio de Managua, con el objetivo de evaluar el efecto de tres sustratos en el desarrollo de plantas de *Moringa oleifera* en vivero, determinando el sustrato que presentó mejores resultados en germinación, sobrevivencia, crecimiento en altura, diámetro, número de hojas, comportamiento de la raíz y la variable índice de calidad de planta. La metodología utilizada fue el establecimiento de un vivero en la Universidad Nacional Agraria, utilizando un diseño completamente aleatorio (DCA) con tres tratamientos y 20 repeticiones por tratamiento. En cada una de las unidades experimentales se establecieron 180 plantas de *Moringa oleifera*, para un total de 540 plantas para los tres tratamientos. Las plantas se establecieron en bolsas de polietileno de 20x30 cm (diámetro de bolsa), sembrando dos semillas por bolsa. Los tratamientos consistieron en tres tipos de sustratos: Sustrato 1 o compost que consiste en 70% compost más 30 % suelo; Sustrato 2 o estiércol, que consiste en 70% estiércol más 30% suelo y, sustrato 3 o suelo, correspondiendo a 100% de suelo común. Los mejores porcentajes de germinación a nivel de vivero los obtuvo el sustrato compost con 100%, seguido del sustrato suelo con 98.89% y 97.77% para el estiércol. El sustrato que expresó mayor % de sobrevivencia fue el compost con 98.33%, seguido del sustrato suelo con 96.62% y por último el estiércol con 94.31%. El sustrato que se mostró superior en cuanto a la altura, diámetro, número de hojas, y raíz de las plantas fue el sustrato compost. En cuanto al comportamiento del índice de calidad de la planta fue el sustrato compost con 0.64, seguido del suelo con 0.37, y estiércol con 0.19. Los análisis de varianza realizados para todas las variables, para los tres sustratos, muestran que hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos a un nivel significativo del 5% para los tres sustratos mostrándose superior en todas las variables el sustrato compost. Estos resultados se deben a la buena adaptabilidad de la especie al sustrato.

Palabras clave: marango, vivero, germinación, sobrevivencia, altura, diámetro, número de hojas

ABSTRACT

This study was conducted at the National Agrarian University in the municipality of Managua, in order to evaluate the effect of three substrates in the development of *Moringa oleifera* plant nursery, determining the substrate present search results in germination, survival, growth in height, diameter, number of leaves, root and behavior of variable plant quality index. The methodology used was the establishment of a nursery in the National Agrarian University, using a design completely random (DCA) with three treatments and 20 replicates per treatment. In each of the experimental units 180 *Moringa oleifera* plants were established, for a total of 540 plants for the three treatments. Plants were established in polyethylene bags 20x30 cm (diameter bag), sowing two seeds per bag. The treatments consisted of three types of substrates: Substrate 1 or compost consisting of 70% plus 30% soil compost, manure or substrate 2, which consists of 70% 30% fertilizer over soil, or soil substrate 3, corresponding to 100% of common ground. The best germination percentages at the nursery compost substrate obtained with 100%, followed by 98.89% soil substrate and 97.77% for the manure. The substrate specific survival was higher% compost with 98.33%, followed by soil substrate and finally 96.62% with 94.31% manure. The substrate showed superior in height, diameter, number of leaves, and roots of plants was the compost substrate. On the behavior of the index of quality of the compost plant was substrate with 0.64, followed by 0.37 soil and manure with 0.19. Analyses of variance performed for all variables for the three substrates, show that there were highly significant differences between treatments at a significance level of 5% for the three substrates showing themselves superior in all variables compost substrate. These results are due to the good adaptability of the species to the substrate.

Keywords: marango, tree nursery, germination, survival, height, diameter, number of sheets

I. INTRODUCCIÓN

Moringa oleifera conocido comúnmente como Marango, es un miembro de la familia Moringaceae, es nativo de la India, Pakistan, Bangladesh y Afghanistan (Makkar and Becker, 1997; Morton, 1991). En Nicaragua fue introducido en los primeros 20 años del siglo XIX como planta ornamental y fue usado como cerca viva y como cortina rompe viento (Morton, 1991).

Moringa crece en todo tipo de suelo, desde alcalino hasta ácido (Duke, 1983), es de crecimiento rápido, alcanza alturas de 7-12 m, tolera hasta seis meses de sequía. La producción de Materia seca oscila entre 15 a 24 ton de MS ha⁻¹ año⁻¹ (Reyes *et al.*, 2006), tiene un excelente valor nutritivo, diversos autores reportan contenidos de proteína cruda en un rango de 17-26.8%, Fibra detergente neutro de 321.2-521 g kg⁻¹ MS y Fibra ácido detergente 223.5-361 g kg⁻¹ MS y Digestibilidad In Vitro de la MS de 70.9% (Mendieta *et al.*, 2009; Reyes *et al.*, 2006).

Moringa es una de las plantas multipropósito más versátiles, ya que sus diferentes partes pueden ser utilizadas para: alimentación humana, alimentación animal, ornamental, cerca viva, cortina rompe vientos, producción de aceite, fuente de hormonas promotoras de crecimiento vegetal, biocombustible, control de erosión, purificación de agua, perfumería y cosméticos, insecticida, fungicida, lubricante, entre otros, y es también utilizado en la medicina tradicional.

Debido a la creciente demanda de plantas de *Moringa oleifera* de buena calidad, se debe buscar mayor eficiencia en las técnicas de propagación, tales como la utilización de bolsas de buen tamaño como recipientes de propagación en los viveros y buscar los adecuados sustratos que permitan producir plantas en menor tiempo, con mayor capacidad de soportar el estrés asociado con el trasplante en el campo y posibilitar un uso más eficiente de los recursos involucrados en la producción, lo cual influye en la morfología y fisiología de la planta

El suelo mineral, como único componente del sustrato no resulta ser el material más adecuado para la propagación de plantas. Por tal razón, es necesario adicionar materiales que promuevan un mejor arreglo de los agregados del suelo, con el fin de mejorar el movimiento de agua y aire en el sustrato, y favorecer la penetración y desarrollo de raíces.

El termino sustrato se aplica a todos los materiales sólidos distintos a los suelos naturales, minerales u orgánicos, que colocados en un contenedor, en forma pura o mezclada, permiten el anclaje del sistema radicular y el soporte de toda la planta.

Los sustratos pueden ser materiales químicamente inertes (roca volcánica) o activos (estiércol, compost) (Burés, 1997)

Las funciones básicas de los sustratos se pueden resumir en: proporcionar un medio apropiado para el desarrollo de raíces, que constituya a la vez el soporte de las plantas; Retienen el agua y los nutrientes necesarios para las plantas; Permiten la circulación del aire para proporcionar el intercambio gaseoso de las raíces y actúan como amortiguadores de las reacciones químicas y los cambios de pH. Estas también son funciones inherentes al suelo, sin embargo los sustratos lo superan con creces (Martínez, 1994).

Los sustratos como medio de cultivo en general han ido evolucionando desde los primeros sustratos basados en suelo mineral hasta las actuales mezclas con proporción mayoritaria de componentes orgánicos como compost y estiércol. Estos nuevos sustratos se espera que proporcionen resultados superiores a los basados en tierra, siempre y cuando se conozcan sus características.

Este hecho, junto con la escasa o inexistente información respecto a la utilización de sustratos adecuados y de bajo costo para la producción de plántulas de excelente calidad de *Moringa oleífera* justificó la realización de este trabajo de investigación cuyo objetivo fue evaluar el efecto de diferentes sustratos sobre el desarrollo de plántulas de *Moringa oleífera* en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero, con el fin de conocer las alteraciones en el crecimiento a nivel de la raíz y las hojas como agente restrictivo del crecimiento y encontrar un sustrato que ofreciera las mejores condiciones para el desarrollo de plántulas en vivero.

II.- OBJETIVOS

2.1.- Objetivo general

Determinar el efecto de sustratos en crecimiento y desarrollo de plantas de *Moringa oleifera* a nivel de vivero, que permita obtener material de calidad para el establecimiento de plantaciones.

2.2.- Objetivos específicos

- 1- Cuantificar la tasa de germinación y tasa de sobrevivencia de *Moringa oleifera* con tres tipos de sustratos en vivero.
- 2- Conocer el efecto de tres sustratos sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de *Moringa* en términos de altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, longitud de la raíz principal, diámetro de la raíz principal y número de raíces
- 3- Cuantificar el índice de calidad de plantas de *Moringa oleifera* a partir de la biomasa aérea y radicular por tipo de sustrato.

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- Descripción del sitio

El estudio se llevó a cabo en el campus de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el km. 12.5 de la carretera Norte, Esta zona se localiza en el litoral central del Pacífico entre las coordenadas geográficas 12°08' I 36" latitud norte y 86°09' I 49" longitud oeste, a una altura de 56 msnm (González y Narváez, 2005).

3.1.1.- Suelo y clima

En la zona se presentan dos periodos estacionales bien delimitados, uno seco que comprende de los meses (noviembre-mayo); y un periodo lluvioso (junio-octubre). La precipitación media anual es de 1132.07mm, la temperatura media anual es de 27.08°C, con una humedad relativa 72.3% (INETER, 2002).

El suelo del área es de textura franca con permeabilidad media y profunda, pertenece al grupo taxonómico de los inceptizoles (Catastro, 1971).

3.1.2.- Acceso

El vivero tenía buenas condiciones y ubicación, se encuentra en la parte norte de la Universidad Nacional Agraria, Managua, entre el pabellón A de clases y el laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales y Ambiente lo cual facilitó el trabajo realizado.

3.2.- Proceso metodológico

El estudio fue realizado en la Universidad Nacional Agraria a nivel de vivero durante diez semanas de medición para las siguientes variables: tasa de germinación, tasa de sobrevivencia, altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, longitud de la raíz principal, diámetro de la raíz principal, peso seco de la raíz, peso seco de la parte aérea e índice de calidad de planta.

3.2.1.- Procedimiento de campo

3.2.2.- Establecimiento del vivero

El vivero ya estaba establecido, es elaborado de tubos galvanizados y malla ciclón el cual cuenta con las siguientes condiciones: disponibilidad de agua, protección contra animales y control de sombra

3.2.3.- Preparación del bancal

Se realizó limpieza del área que se ocupó, se niveló parte del terreno aproximadamente 4 metros de largo por 3.5 de ancho, dicha nivelación se dejó el 3% de pendiente para evitar que el suelo se encharque, con lo cual se previene el ataque de hongos, que es común en los viveros por exceso de humedad. La orientación del bancal fue de este a oeste.

3.2.4.- Preparación del sustrato

La elaboración del sustrato es esencial para el éxito del vivero, debido a que este elemento es primordial para la germinación de la semilla y crecimiento de las plantas. El estiércol utilizado como sustrato se obtuvo de la finca Santa Rosa, propiedad de la Universidad Nacional Agraria. El sustrato suelo se obtuvo de un área que se encuentra detrás del aeropuerto Augusto Cesar Sandino. El compost se adquirió de la producción que realiza la Facultad de Agronomía.

Al combinar las diferentes mezclas de los materiales que componen el sustrato, el suelo se tamizó con una zaranda para obtener suelo libre de piedras y otras impurezas.

3.2.5.- Sustratos utilizados en el estudio

Los sustratos utilizados en el experimento se prepararon en el vivero, el estiércol se removió y se tamizó, para luego combinarlo con el suelo en proporciones de 70% estiércol y 30% suelo, hasta obtener una mezcla homogénea. Con el compost se realizó el mismo procedimiento anterior, combinando 70% compost y 30% suelo hasta obtener una mezcla uniforme.

3.2.6.- Análisis químico de los sustratos

El resultado del análisis químico realizado en el laboratorio de suelo y agua ubicado en la Universidad Nacional Agraria, Managua, en el cual se efectuó los macros y micros nutrientes que posee cada uno de ellos y en qué cantidad lo presenta.

Cuadro 1: Análisis químico de los sustratos estiércol, compost y suelo

| Tratamientos | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Cu | Mn | Zn | %H |
|-------------------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
| | % | | | | | ppm | | | | |
| Suelo | 0.067 | 7.51 | 1.70 | 18.5 | 5.40 | 31.84 | 8.37 | 11.63 | 3.32 | |
| Suelo + estiércol | 0.18 | 0.16 | 1.04 | 1.26 | 0.30 | | 366.5 | 638.3 | 0 | 48.4 |
| Suelo + compost | 0.35 | 0.22 | 0.87 | 1.15 | 0.41 | | 96 | 618 | 0 | 32.1 |

3.2.7.- Llenado y acomodado de bolsas

El llenado de bolsas se realizó manualmente, haciendo uso de un envase plástico para depositar el sustrato dentro de ella, una vez la bolsa llena con el sustrato, se apelmazaba con el objetivo de eliminar las burbujas de aire y que no dañaran las raíces de las futuras plántulas.

3.2.8.- Siembra de la semilla

La semilla utilizada se obtuvo de las plantaciones de la finca Santa Rosa, propiedad de la Universidad Nacional Agraria. La siembra de la semilla se realizó en cada bolsa, depositando 2 semillas por bolsa, a una profundidad de 2 cm, utilizando un total de 1080 semillas, a las cuales no se le aplicó ningún tipo de tratamiento pre germinativo y se seleccionaron aquellas semillas que presentaban las mejores condiciones externas.

3.2.9.- Riego

El riego se realizó al terminar la siembra, haciendo uso de regaderas, realizando dos aplicaciones de agua, una por la mañana y una por la tarde, durante 20 minutos por un periodo de quince días, en la primera etapa de crecimiento de las plántulas. En este periodo las semillas necesitan más humedad para su germinación y desarrollo; posteriormente se regaron las plántulas día de por medio hasta terminar las mediciones a las diez semanas.

3.2.10.- Raleo

Esta actividad se realizó en todos los sustratos cuando estas tenían la edad de 2 semanas, para dejar en cada bolsa la planta más vigorosa con tallo más lignificado, con un tono de color café oscuro, no se utilizó ningún fertilizante químico ni enraizador.

3.2.11.- Selección de plántulas monitoreadas.

Seleccionamos veinte plantas al azar de cada sustrato, identificando las plantas con placas metálicas, para realizar mediciones semanales de altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, durante las diez semanas de estudio.

3.2.12.- Destrucción de terrón de plántulas seleccionadas

Semanalmente se destruía el terrón de 8 plantas al azar por cada tipo de sustrato, con el objetivo de medir la longitud de la raíz principal, diámetro de la raíz principal y número de raíces

3.2.13.- Peso seco parte aérea y peso seco de la raíz

A las 8 plantas por cada sustrato, previamente identificadas, se les realizaba la separación de la parte aérea y de la raíz, se pesaban por separado en una balanza digital y posteriormente se secaban en un horno de circulación forzada de aire a 105° C durante 24 horas

3.3.- Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorio (DCA), con tres tratamientos y 20 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos (sustratos) en estudio fueron:

- Tratamiento I: 100% suelo
- Tratamiento II: 30% suelo + 70% estiércol
- Tratamiento III: 30% suelo + 70% compost

Se emplearon un total de 540 plantas, 180 por cada tratamiento (sustrato), 100 que fueron utilizadas para determinar la tasa de germinación y tasa de sobrevivencia, de estas se seleccionaron e identificaron 20 plantas por tratamiento para la evaluación de altura de plantas, diámetro del tallo, y número de hojas. Las restantes 80 plantas por cada tratamiento (sustrato) fueron utilizadas para las mediciones semanales de longitud de la raíz principal, diámetro de la raíz principal, número de raíces, peso seco de la parte aérea y peso seco de la raíz. Las plantas se establecieron en bolsas de polietileno de 20x30 cm, sembrando dos semillas por bolsa.

3.3.1.- Variables evaluadas

Para conocer el comportamiento de la especie, en los tres tipos de sustratos se evaluaron las siguientes variables.

3.3.2.- Tasa de Sobrevivencia

Se calculó en cada uno de los sustratos, mediante el conteo de plantas vivas y muertas en porcentaje durante la primera y última medición (Bobby y Valdivia, 2005).

$$\%S = \frac{n_2 * 100}{n_1}$$

Dónde:

% S = Tasa de sobrevivencia

n₁ = Individuos encontrados en la primera medición

n_2 = Individuos encontrados en la segunda medición

Cuadro 2: Categoría de sobrevivencia expresadas en porcentajes

| Categoría | Tasa de sobrevivencia (%) |
|------------------|----------------------------------|
| Excelente | 90 a 100 |
| Bueno | 75 a 90 |
| Regular | 60 a 75 |

3.3.3.- Tasa de germinación

Se realizó mediante el conteo de plántulas emergidas en relación a la cantidad de semillas sembradas por bolsa (2 semillas por bolsa). Esta variable se contabilizó visualmente hasta 15 días después de la siembra.

3.3.4.- Altura de la planta

Esta variable se evaluó mediante el uso de una regla milimetrada, se realizaron mediciones directas de 20 plántulas al azar por cada tratamiento, las cuales se marcaron con etiquetas para monitorearlas por un periodo de 10 semanas, obteniendo mediciones cada 8 días en dicha variable. La medición abarca desde el área basal hasta el ápice terminal de la planta (Bobby y Valdivia, 2005).

3.3.5.- Diámetro basal

Este se determinó utilizando un vernier metálico, realizando la medición al ras de la base de la planta durante las diez semanas de medición, una vez por semana (Bobby y Valdivia, 2005). Este es un indicador útil, refleja el tamaño del sistema radical y la resistencia de las plántulas a daños físicos y biológicos; con ello, la sobrevivencia y crecimiento posterior.

3.3.6.- Numero de hojas

El número de hojas se determinó mediante conteo visual cada ocho días durante 10 semanas.

3.3.7.- Comportamiento de la raíz

El sistema radicular de la plántula se midió con una regla milimetrada, tomando en cuenta el diámetro (mm), largo (cm) y número de raíces por planta, para lo cual cada 8 días durante 10 semanas se destruyó el terrón de 8 plantas de cada sustrato.

3.3.8.- Índice de calidad de plantas

Para evaluar esta variable se utilizó el índice de calidad de Dickson, el cual toma en cuenta varios atributos, a mayor valor del índice, mejor calidad de planta (Meza *et al.*, 2009).

$$\text{ICD} = \frac{\text{PST (Peso seco total)}}{\text{Altura / Diam. Cuello + PSA/PSR}}$$

Dónde:

PST: Peso Seco Total

PSA: Peso Seco Aéreo

PSR= Peso Seco Raíz

3.4.- Análisis estadístico

Una vez recolectados todos los datos del estudio, se elaboró una base de datos en Microsoft Office Excel con todas las variables en estudio. Se realizó análisis de varianza a cada variable evaluada por semana para determinar efecto estadístico de los sustratos, utilizando el programa estadístico Minitab Statistical Software Version 12.0 (Minitab, 1998) y se realizó el procedimiento de comparación de medias a través de la Prueba de Tukey cuando las diferencias entre los sustratos fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Los datos relativos a tasa de germinación y tasa de sobrevivencia fueron convertidos a porcentajes y no se les realizó análisis estadístico.

3.5. Modelo Estadístico

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

Dónde:

Y_{ij} : variable respuesta en la j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento.

μ : Media general.

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento.

Eij: error aleatorio

i: Tratamientos $n= 3$

j: Repetición $n= 20$ para las mediciones en la parte aérea de las plantas y $n=8$ para las mediciones en las raíces

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- Tasa de germinación

Se define como la recuperación de actividad biológica por parte de la semilla para los distintos procesos metabólicos y para el desarrollo de la planta (García *et al.*, 2006).

El proceso de germinación se inicia cuando la semilla se hidrata y la radícula empieza a crecer y finaliza cuando la radícula atraviesa la cubierta seminal. El reposo de una semilla puede ser consecuencia de uno o varios factores combinados. El conocimiento de estos procesos que obstaculizan la germinación de la semilla permite encontrar la forma de eliminarlos, lo cual garantiza una germinación satisfactoria y uniforme, factores importantes en la agricultura (Guevara, 1998).

Cuadro 3. Comportamiento de la germinación para *Moringa oleifera* utilizando los tres diferentes tipos de sustratos

| Sustratos | No. plantas germinadas | Tasa de germinación (%) |
|-------------------|------------------------|---------------------------|
| suelo | 178 | 98.88 |
| Estiércol + suelo | 176 | 97.77 |
| Compost + suelo | 180 | 100.00 |

La emergencia de las plántulas ocurrió del sexto al décimo segundo día para los sustratos compost y estiércol, para el suelo al séptimo y décimo segundo día posterior a la siembra, Se obtuvo un porcentaje de germinación de 100% para el compost, 98.89% para el suelo y 97.77% para el estiércol (Cuadro 3). Estos resultados se asumen que estuvieron dados debido a las características de la semilla, la luminosidad adecuada, humedad necesaria para su germinación y condiciones físicas de los sustratos.

4.2- Tasa de sobrevivencia

Se define como el número de plantas vivas al final del experimento con relación al total de plántulas iniciales expresada en porcentaje. En el caso de plantaciones artificiales la sobrevivencia se determina por lo general durante el primer año de su establecimiento a fin de determinar la proporción de plantas vivas, las cuales han estado expuesta a daños por factores bióticos o abióticos (Medina *et al.*, 2007).

Cuadro 4. Comportamiento de la sobrevivencia para *Moringa oleifera* utilizando los tres diferentes tipos de sustratos

| Sustratos | Número de plantas vivas | Tasa de sobrevivencia (%) |
|-------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Suelo | 172 | 96.62 |
| Estiércol + suelo | 166 | 94.31 |
| Compost + suelo | 177 | 98.33 |

En el cuadro 4, se observa que los mayores porcentajes de sobrevivencia fueron encontrados en el tratamiento compost con 98.33%, seguido de suelo con 96.62% y por ultimo 94.31% para el estiércol en el periodo comprendido de la primera a la última medición, considerando estos tres resultados como excelentes, según la categorización citada por Centeno (1993), los resultados obtenidos se asume que estuvieron dados a la buena adaptabilidad que presento la especie con los sustratos. Obteniendo como promedio total un 96.42% de sobrevivencia para los tres sustratos.

Los resultados obtenidos en *Moringa oleifera* coinciden con lo planteado por Medina *et al.*, 2007 al señalar que las semillas presentan una germinación del 100% en algunos casos, y porcentaje de sobrevivencia de 95 a 100 %, siempre y cuando se ofrezcan las condiciones adecuadas de manejo del cultivo. Estos buenos resultados del compost se asume pueden estar dados a la textura del suelo ya que esta puede determinar su capacidad de retención de agua y contenido de nutrientes, afectando la sobrevivencia de las plantas.

4.3.- Altura de las plantas

Se define como la distancia desde el suelo hasta la punta o ápice a lo largo del fuste (Boby y Valdivia, 2005).

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza se observa que en la primera semana no hubo diferencias significativas ($P>0.01$) entre los tres tipos de sustrato, encontrándose valores de 7.6 cm para los sustratos compost y estiércol y 5.1 cm para el sustrato suelo.

No obstante, a partir de la cuarta semana se observan diferencias significativas ($P<0.05$) entre los sustratos estudiado, presentando el mejor comportamiento las plántulas del sustrato compost y la menor altura las plántulas del sustrato estiércol, manteniendo esta diferencias hasta la décima semana de estudio, sobresaliendo las plántulas del sustrato compost, seguido del sustrato suelo y finalmente el sustrato estiércol con alturas de 104.9 cm, 59.7 cm y 32.7 cm, respectivamente (Figura 1).

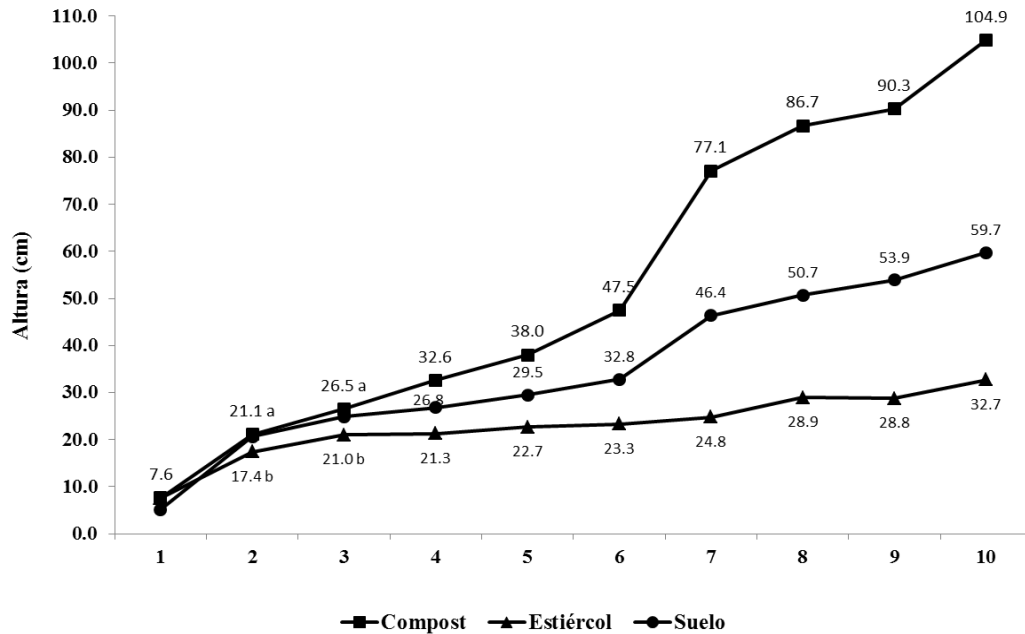


Figura 1. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre la altura de plantas (cm) de *Moringa oleifera* a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero.

Los valores de altura de planta obtenidos en este estudio son superiores a los reportados por Medina *et al.*, 2007 quien obtiene un promedio de altura de 50 cm en *Moringa oleifera* a la décima semana utilizando el sustrato combinación (60% suelo, 10% arena y 20% estiércol bovino). La altura máxima que obtuvimos fue en el sustrato compost con 104.9 cm en la última medición.

Se asume que este resultado en el compost está dado por las condiciones físicas, que presentaba una mejor aireación, una menor compactación por lo tanto un mejor desarrollo radicular, mayor contenido de materia orgánica que el suelo y estiércol, además al porcentaje de macro nutrientes mostrados en el análisis químico del sustrato (Nitrógeno 0.35% y Potasio 0.868 ppm) datos similares fueron obtenidos por Quintana *et al.*, (1983) los cuales considera alto pero de vital importancia porque estimulan el crecimiento de la planta.

En cambio en el sustrato estiércol se observó una mayor retención de humedad que en los otros sustratos estudiados lo que pudo haber incidido en una menor altura de las plantas manejadas en este sustrato.

4.4.- Diámetro del tallo

Esta variable es de mucha importancia, debido a que es una característica agronomica que representa el vigor que una variedad puede presentar (Camacho y Bonilla, 1999).

Respecto al diámetro del tallo de *Moringa oleifera* en el ANDEVA realizado se encontró que existen diferencias significativas ($P < 0.01$) entre los sustratos estudiados (Figura 2), a partir de la cuarta semana, al realizar la comparación de medias por la Prueba de Tuckey esta ubica a los sustratos estudiados en tres categorías estadísticamente diferentes ($P < 0.05\%$), en el siguiente orden, el mayor diámetro de tallo para el sustrato compost (11.55 mm), seguido por el sustrato suelo (6.6 mm) y con el menor diámetro de tallo el sustrato estiércol con (4.95 mm).

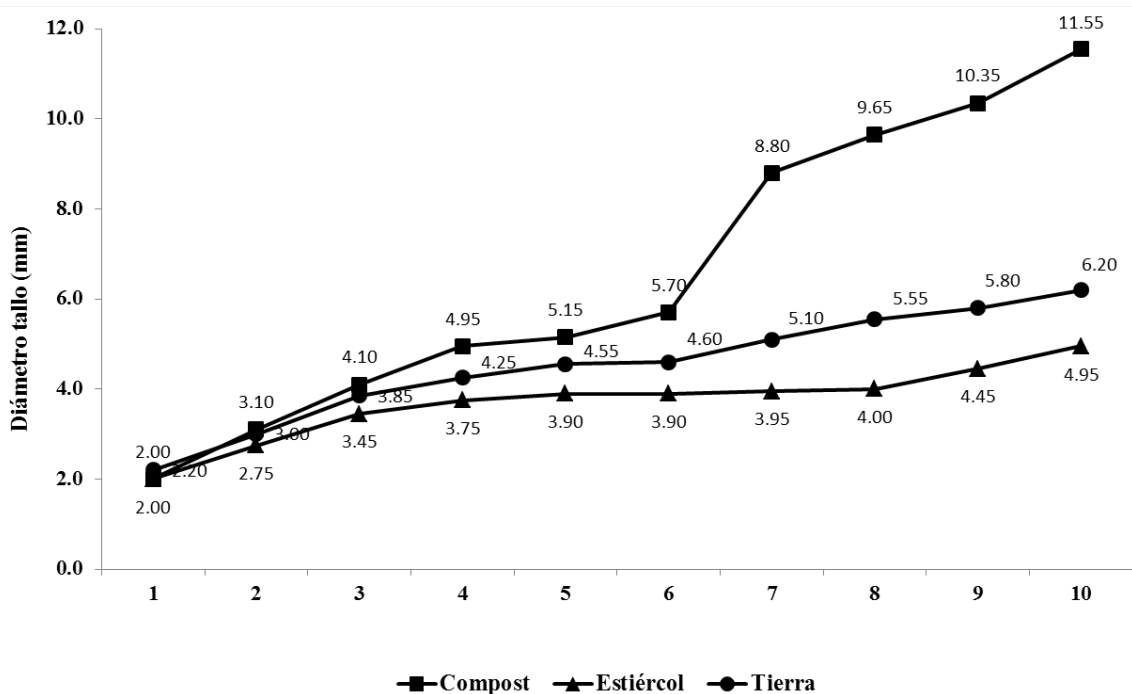


Figura 2. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el Diámetro del tallo (mm) de *Moringa oleifera* a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero

Los resultados obtenidos en diámetro de plántulas con el sustrato compost a las diez semanas de edad (11.55 mm), son superiores a los reportados por Medina *et al.*, (2007); quien reportó diámetros de tallo para *Moringa* en vivero a las 10 de semanas de edad de 9 mm, el cual a su vez es superior a los encontrados en este estudio con los sustratos suelo (6.2 mm) y estiércol (4.95). El sustrato compost presento los mejores resultados para esta variable probablemente debido a la riqueza en elementos nutritivos que contenía el sustrato compost como fosforo, nitrógeno y potasio, además por la adaptabilidad de esta especie y por el buen manejo que se le dio al vivero.

4.5.- Número de hojas

Los resultados del ANDEVA para número de hojas por planta, no mostraron diferencias significativas ($P > 0.01$) en el efecto de los sustratos estudiados en las dos primeras semanas (Figura 3), sin embargo, a partir de la cuarta semana hay diferencias significativas ($P < 0.05\%$) entre los sustratos estudiados y al realizar la comparación de medias por la Prueba de Tuckey se encontró que el mejor resultado es para el sustrato compost (15.2) el que difiere estadísticamente del sustrato suelo (12.85), que a su vez es diferente al sustrato estiércol (7.60).

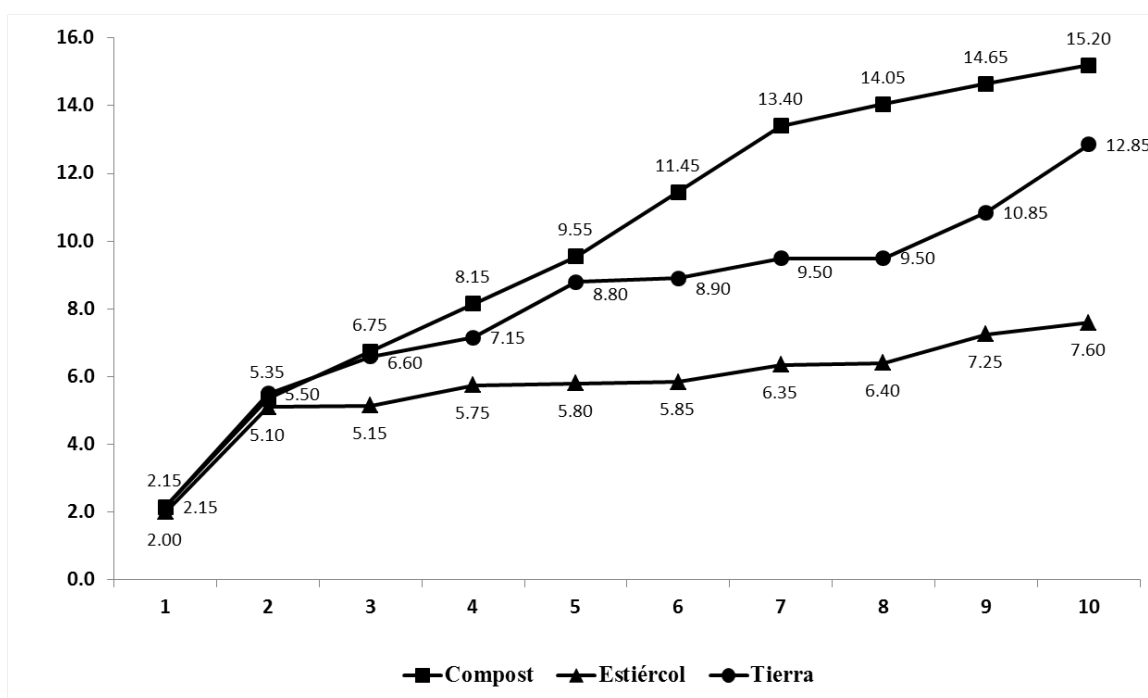


Figura 3. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el número de hojas de *Moringa oleifera* a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero

Medina *et al.*, (2007) reporta para *Moringa oleifera* en vivero a las diez semanas de edad datos de 12 hojas por planta, resultado que es menor que el encontrado en el presente estudio con el sustrato compost (15.2), similar al dato del sustrato suelo (12.85) y superior al encontrado en el sustrato estiércol (7.6), como se comentó anteriormente, los resultados superiores con el sustrato compost pueden estar relacionados a su contenido de macronutrientes y probablemente a su mayor disponibilidad para las plántulas en comparación con los otros sustratos.

4.6.- Longitud de la raíz principal

Para la variable longitud de la raíz (Figura 4), muestra que en la primera semana se presenta diferencias significativas ($P<0.05\%$) entre sustratos, y al realizar la prueba de Tuckey, se observa que la mayor longitud de raíz lo presentan las plántulas del sustrato estiércol (10.28 cm), seguido por el compost (8.58 cm) y el de menor longitud radicular fueron las plántulas del sustrato suelo (5.19 cm).

A partir de la cuarta a la séptima semana, predomina el sustrato compost, seguido del sustrato estiércol y el sustrato suelo, luego, en la octava y novena semana no hay diferencias estadística entre los sustratos estiércol y compost, pero ambos difieren significativamente ($P<0.05\%$) del sustrato suelo y finalmente en la décima semana la prueba de Tuckey ubica a los sustratos estudiados en tres categorías estadísticamente diferentes ($P<0.05\%$), en el siguiente orden, la mayor longitud de raíz principal para el sustrato compost (39.38 cm), seguido por el sustrato estiércol (37 cm) y con la menor longitud de raíz principal el sustrato suelo (31.13 cm).

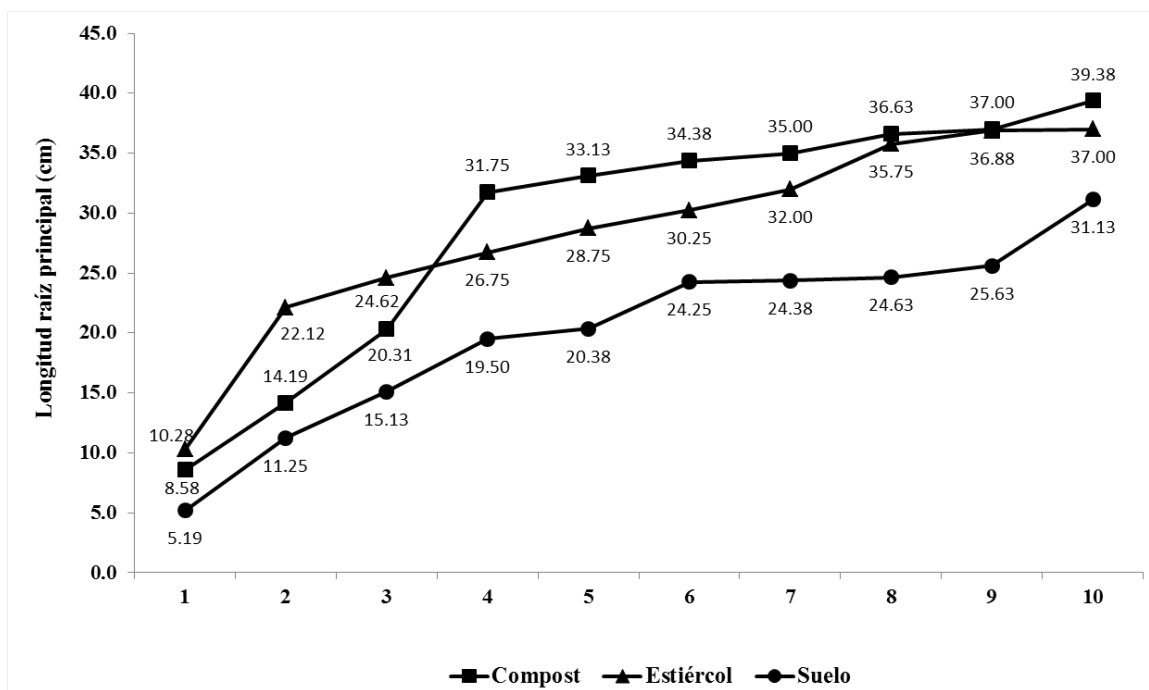


Figura 4. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre la Longitud raíz principal (cm) de *Moringa oleifera* a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero.

La variable longitud de la raíz es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Es un órgano primordial para garantizar un vigoroso desarrollo aéreo, así como la función de anclaje del vegetal en etapas posteriores y para la absorción de nutrientes necesarios, esta variable se puede verse afectada por el tipo de suelo en este caso el tipo de sustrato utilizado (Duran, 2012).

4.7.- Diámetro de la raíz (mm)

Respecto al diámetro de la raíz principal, el ANDEVA realizado muestra que hay diferencias significativas ($P < 0.01$) entre los sustratos estudiados a partir de la cuarta semana, al realizar la prueba de separación de medias de Tukey, los sustratos se ubican en dos categorías estadísticamente diferentes ($P < 0.05\%$), con el mayor diámetro de la raíz principal a las plántulas de Moringa del sustrato compost (11.65 mm), que difieren significativamente del diámetro de la raíz principal de las plántulas de Moringa de los sustratos estiércol y suelo, con valores de 10.21 mm y 9.60 mm, respectivamente, los cuales no difieren estadísticamente entre sí (Figura 5).

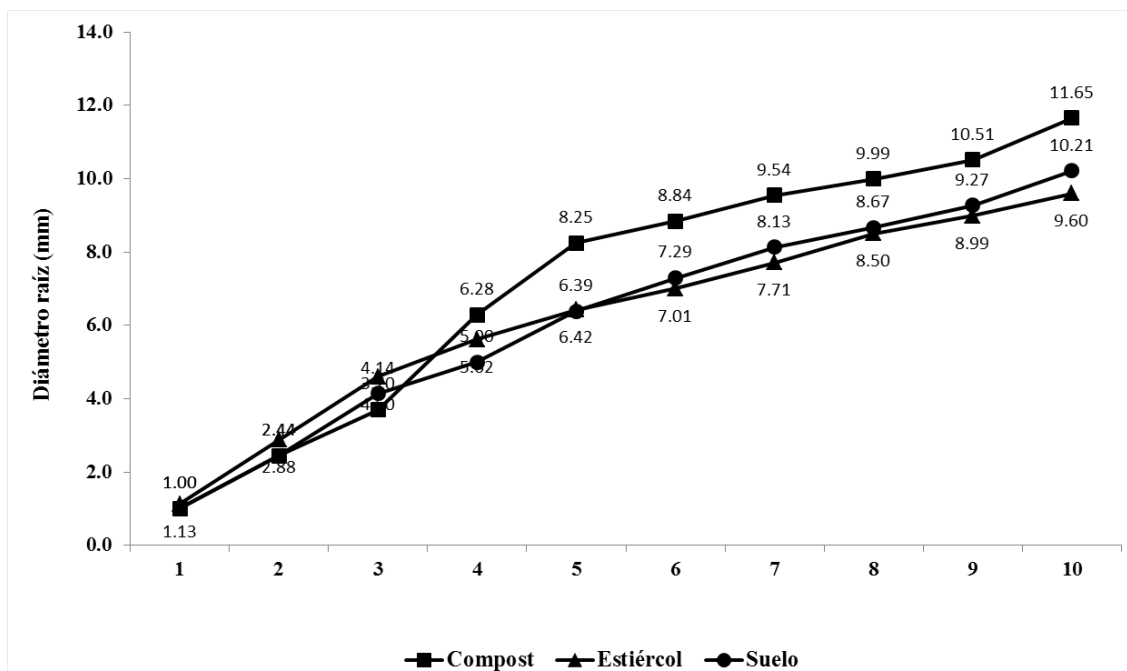


Figura 5. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el Diámetro de la raíz principal (mm) de *Moringa oleifera* a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero.

El mayor diámetro de la raíz principal encontrado en las plántulas de Moringa del sustrato compost probablemente se debe a que el compost mejora las condiciones físicas del suelo, aumenta la materia orgánica, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad, permeabilidad y aireación en el suelo.

Además, mejora las propiedades químicas, aumenta el contenido de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio etc., aumenta la capacidad de retener nutrientes para luego liberarlos al cultivo, mejora la actividad biológica del suelo actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que estos viven a expensas del humus, que es la materia orgánica descompuesta que resulta de la acción de los microorganismos y contribuyen a su mineralización (INTA, 2010).

4.8.- Número de raíces

El sistema radicular es un aspecto importante para las plantas ya que la sobrevivencia de las especies a corto y largo plazo se encuentran relacionados con el número de raíces, lo cual permite una mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes, de ahí la importancia de la etapa en vivero cuando la planta comienza a formar y a desarrollar dicho sistema.

Los resultados obtenidos por el ANDEVA en la variable número de raíces muestra que hay diferencias estadísticas ($P < 0.05\%$) entre los sustratos estudiados. Al realizar la comparación de medias por la Prueba de Tukey, observamos que en la primera semana, los mejores resultados se obtienen con el sustrato compost (27.12), que difiere estadísticamente de los resultados encontrados con los sustratos suelo (16.5) y el sustrato estiércol (16), los cuales no difieren estadísticamente entre sí (Figura 6).

Luego en la segunda semana, el mejor resultado es con el sustrato estiércol (47.88) que difiere de los sustratos compost (30.25) y del sustrato suelo (26.5), que no difieren significativamente entre sí. En la tercera semana, los mejores resultados son para los sustratos estiércol (48.88) y compost (44.38), los cuales no difieren significativamente entre sí, pero son superiores al sustrato suelo (30.38).

A partir de la cuarta semana, al realizar la comparación de medias por la prueba de Tukey esta ubica a los sustratos estudiados en tres categorías estadísticamente diferentes ($P < 0.05\%$), en el siguiente orden, el mayor número de raíces para el sustrato compost (115.75), seguido por el sustrato estiércol (87.25) y con el menor número de raíces el sustrato suelo (49.63).

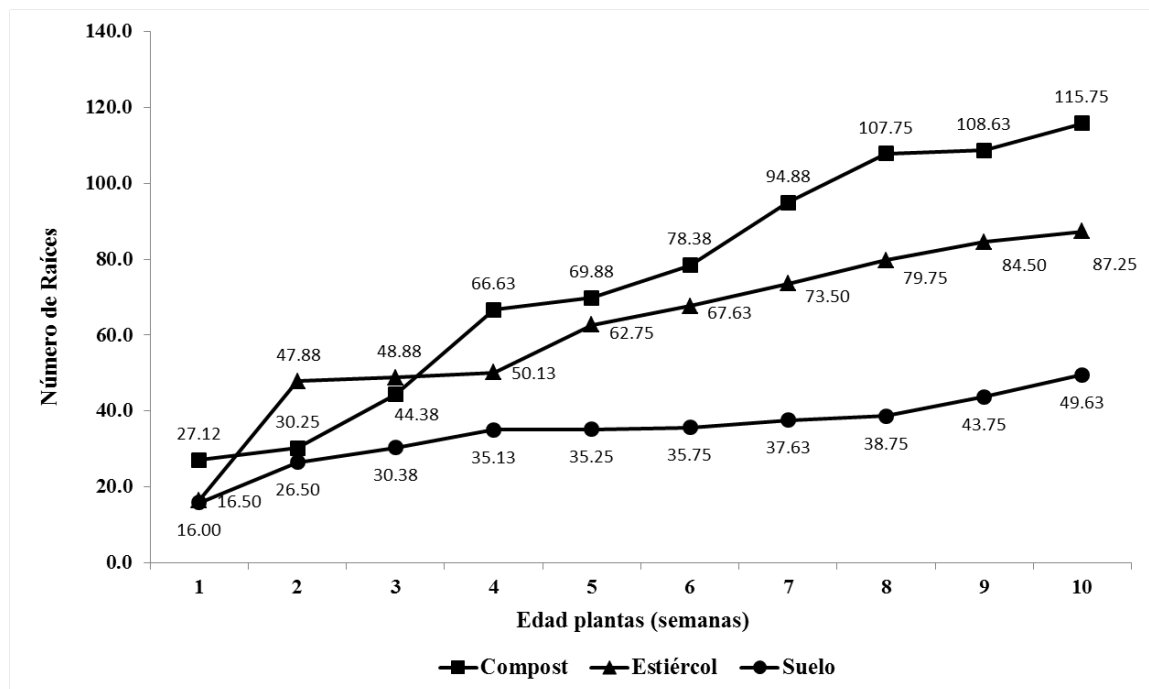


Figura 6. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el Número de raíces de *Moringa oleifera* a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero

4.9.- Peso seco parte aérea

Para el peso seco de la parte aérea se encontró diferencias significativas ($P < 0.05\%$) entre los sustratos estudiados a partir de la quinta semana de edad. Al realizar la separación de medias por la Prueba de Tuckey esta ubica a los sustratos estudiados en tres categorías estadísticamente diferentes ($P < 0.05\%$), en el siguiente orden, el mayor peso seco de la parte aérea para el sustrato compost (13.73 g), seguido por el sustrato suelo (2.96 g) y con el menor peso seco de la parte aérea el sustrato estiércol (0.89 g), (Figura 7).

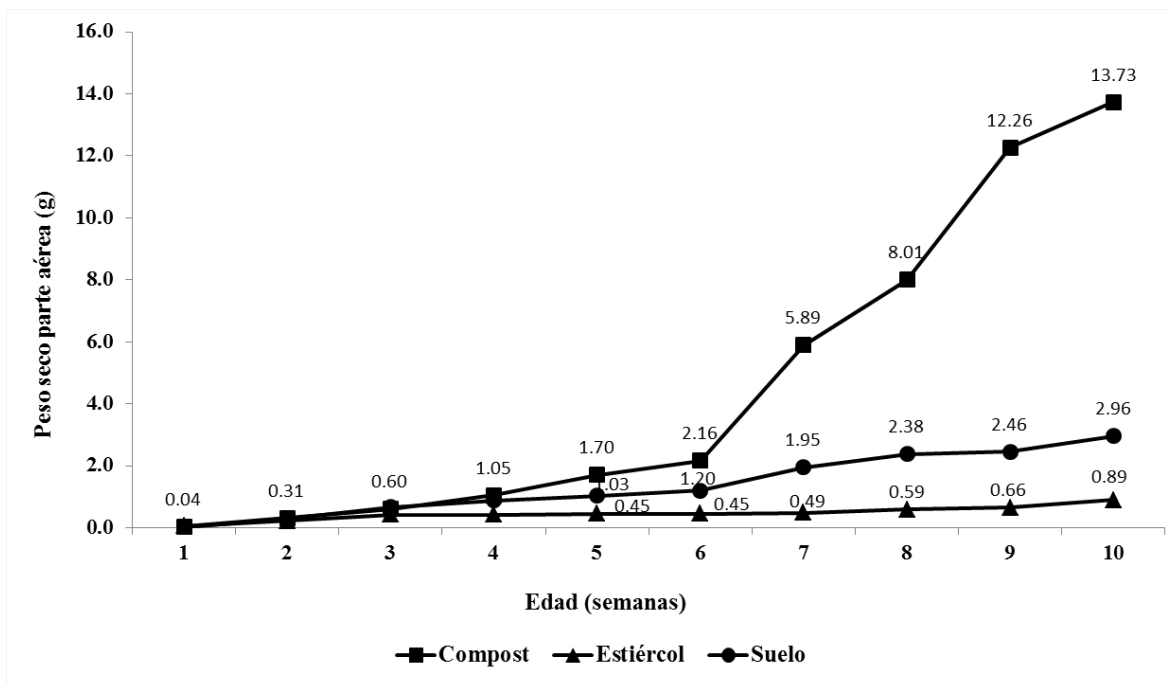


Figura 7. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el Peso seco parte aérea (g) de *Moringa oleifera* a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero

4.10.- Peso seco de las raíces

La variable peso seco de las raíces (Figura 8), muestra diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los sustratos estudiados a partir de la sexta semana de edad. La prueba de Tuckey establece que los sustratos estudiados se encuentran en el siguiente orden, en el siguiente orden, el mayor peso seco de las raíces para el sustrato compost (5.55 g), seguido por el sustrato suelo (5.2 g) y con el menor peso seco de las raíces el sustrato estiércol (2.34 g).

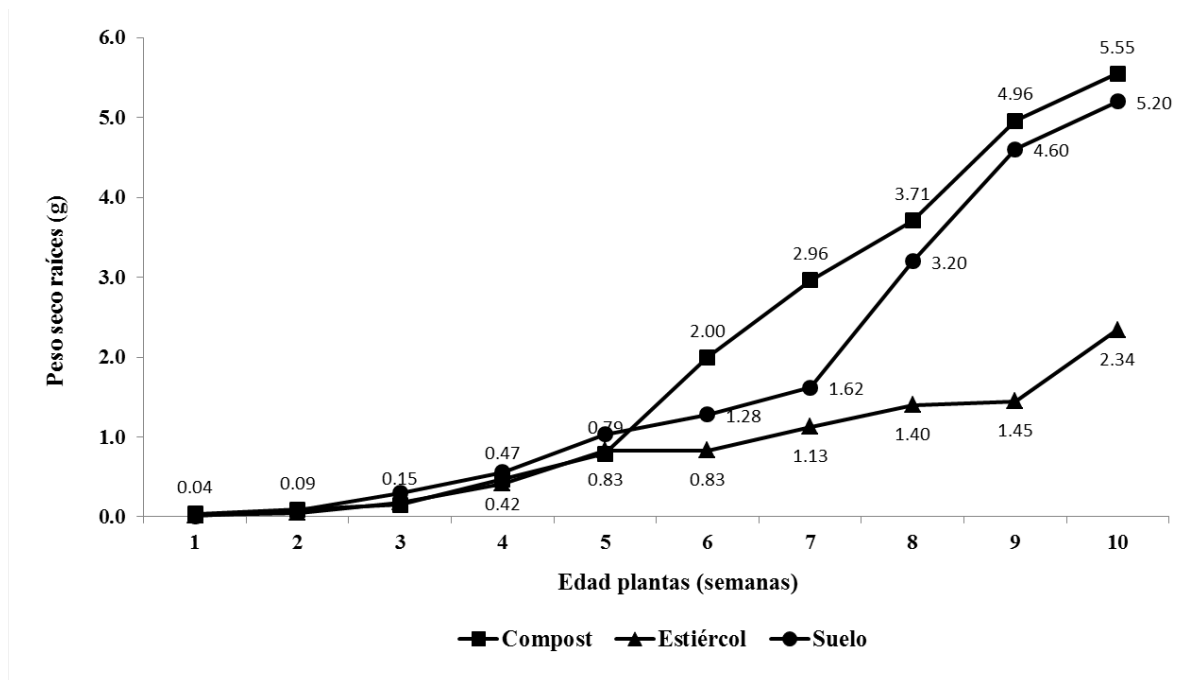


Figura 8. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el Peso seco de las raíces (g) de *Moringa oleifera* a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero.

En relación con el peso seco de la parte aérea y peso seco de las raíces el sustrato compost presenta los mejores resultados a partir de la quinta y sexta semana, respectivamente, según Domínguez *et al.*, (2000), el mayor aporte de nitrógeno y fósforo produce un incremento en el peso seco tanto aéreo como radicular. En el caso del estiércol los resultados inferiores podrían estar relacionados a la retención de mayor humedad lo cual ocasionaba mayor compactación del sustrato lo que pudo haber afectado negativamente la absorción de nutrientes y los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo de la parte aérea y el sistema radicular de las plántulas de *Moringa*, resultando plantas más débiles para el trasplante.

4.11.- Índice de calidad

El índice de calidad (Cuadro 5) sirve para distinguir plantas idóneas para trasplantarse en el campo.

Los valores obtenidos en el índice de calidad demuestran que el sustrato compost presentó mayor calidad de planta con 0.64 ya que los valores más cercanos a la unidad indican mayor calidad de la planta, seguido del suelo con 0.37, y por último el estiércol con 0.19, estos datos reflejan que las plantas evaluadas en el sustrato compost se desarrollaron adecuadamente con un crecimiento vigoroso y mayor balance entre tallo y raíz.

Cuadro 5: Comportamiento del índice de calidad para *Moringa oleifera* utilizando los tres diferentes tipos de sustratos

| Sustrato | Índice de calidad de planta |
|-----------------|------------------------------------|
| Suelo | 0.37 |
| Estiércol | 0.19 |
| Compost | 0.64 |

V.- CONCLUSIONES

- El comportamiento obtenido en todas las variables estudiadas demuestra la factibilidad de cultivar la especie *Moringa oleifera* en condiciones de vivero, lo que está relacionado con la calidad de la semilla, condiciones ambientales favorables durante el ensayo, adecuados sustratos y las labores que se realizaron durante el estudio.
- Todos los sustratos estudiados presentaron excelentes resultados en la tasa de germinación con valores de 100, 98.9 y 97.8% y tasa de sobrevivencia de 98.3, 96.6 y 94.3%, para compost, estiércol y suelo, respectivamente
- El mejor crecimiento y desarrollo de plántulas de *Moringa oleifera* en vivero se obtiene utilizando el sustrato suelo + compost, lo que se refleja en el mejor comportamiento de las variables evaluadas: altura de plantas (104.9 cm), diámetro del tallo (11.55 mm), número de hojas (15.2), peso seco de la parte aérea, longitud de la raíz principal, diámetro de raíz principal, número de raíces, peso seco de la raíz e índice de calidad de plantas.
- Si consideramos como parámetro una altura de plantas de aproximadamente 50 centímetros como óptima para el trasplante, las plántulas de Moringa en el sustrato compost la alcanzan aproximadamente a la sexta semana de edad, con el sustrato suelo a la octava semana de edad y con el sustrato estiércol posterior a la doceava semana de edad.

VI.- Literatura citada

Boby, M.; Valdivia, E. 2005. Evaluación del comportamiento de tres especies forestales a nivel de vivero en el municipio de Telica, departamento de León. Tesis. Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, NI. 53 p.

Burés, S. 1997. Sustratos. Editorial Agrotecnia. S. L. Madrid, ES. 339 p.

Camacho, J.; Bonilla, R. 1999. Efecto de tres niveles de nitrógeno y tres densidades poblacionales sobre el crecimiento desarrollo y rendimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Variedad NB-6. Tesis. Ing. Agronomica. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua NI. 12 p.

Catastro. 1971. Inventario de recursos naturales de Nicaragua. Managua, NI. 48 p.

Centeno. 1993. Inventario Nacional de Plantaciones Forestales de Nicaragua. Managua, NI. 79 p.

Domínguez, L.; Oliet, P.; Pilar, R.; Carrasco M.; Peñuelas, R.; Serrada, H. 2000. Influencia de la relación N-P-K en el desarrollo en vivero y en campo de planta de *Pinus pinea*. Valladolid, ES. 10 p.

Duran, M. 2012. Organografía vegetal. (En línea). Consultado el 06 de dic. 2013. Disponible en www.uaeh.edu.mx/docencia/P.../prepa3/organografia_vegetal.pdf

Duke, J.A. 1983. Handbook of energy crops (*Moringa oleifera*). Center for new crops and plant products. Purdue University, Indiana, US. http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Moringa_oleifera.html.

García, B.; Rosello, C.; Santamaría, S. 2006. Introducción al funcionamiento de las plantas. Ed. Valencia, ES. Universidad Politécnica de Valencia. 164 p.

Gonzales, H.; Narváez, S. 2005. Diagnóstico del bosque de galería de hacienda las Mercedes. Tesis. Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, NI. 43 p.

Guevara, E. 1998. Manual de laboratorio de fisiología vegetal. San José, CR. 23 p.

INETER. 2002. Datos meteorológicos. Managua, NI. p.irr.

INTA. 2010. Preparación de Abonos Orgánicos Sólidos y Líquidos. Managua, NI. 16 p.

Meza, S., Ruiz E., Navejas, J. 2009. Guía para la producción de plantas y plantación de especies nativas. Ed. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, MX. 25 p.

Medina, G.; García, E.; Clavero, T.; Iglesias, M. 2007. Estudio comparativo de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Trop.* v.25 n.2 Maracay, VE. 93 p.

Mendieta, B.; Spörndly E.; Reyes-Sánchez N.; Norell, L. and Spörndly R., 2009. Silage quality when *Moringa oleífera* is ensiled in mixtures with Elephant grass, sugar cane and molasses. *Grass and Forage Science*, 64, 364–373

Makkar, H.P; Becker, K. 1997. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleífera* tree. *Journal of agricultural science cambridge*. 128: 311-332

Morton J.F. 1991. The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae)-A boon to arid lands? *Econ. Bot.* 45: 318–333.

Martínez, M. F. 1994. Manual Básico de Sustratos. Consultoría Oasis. Morelos, MX. 31 p.

Quintana, J; Blandon, J; Flores, A; Mayorga, E. 1983. Manual de Fertilización para los suelos de Nicaragua. Managua, NI. 54 p.

Reyes, N.; Ledin, S. and Ledin, I. 2006. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleífera* under different management regimes in Nicaragua. *Agroforestry Systems* 66:231–242

VII.- ANEXOS

Anexo 1. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre la altura de plantas (cm) de *Moringa oleifera* a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero

| Edad plantas (semanas) | Tipos de sustrato | | | EE |
|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------|
| | Suelo | Suelo + compost | Suelo + estiércol | |
| 1 | 5.10 b | 7.60 a | 7.60 a | 0.19 |
| 2 | 20.60 a | 21.10 a | 17.40 b | 0.82 |
| 3 | 24.90 a | 26.50 a | 21.00 b | 0.61 |
| 4 | 26.80 b | 32.60 a | 21.30 c | 0.85 |
| 5 | 29.50 b | 38.00 a | 22.70 c | 1.05 |
| 6 | 32.80 b | 47.50 a | 23.30 c | 1.30 |
| 7 | 46.40 b | 77.10 a | 24.80 c | 1.97 |
| 8 | 50.70 b | 86.70 a | 28.90 c | 2.72 |
| 9 | 53.90 b | 90.30 a | 28.80 c | 2.24 |
| 10 | 59.70 b | 104.90 a | 32.70 c | 2.49 |

Anexo 2. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el diámetro de plantas (mm) de *Moringa oleifera* a diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero

| Edad plantas (semanas) | Tipos de sustrato | | | EE |
|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------|
| | Suelo | Suelo + compost | Suelo + estiércol | |
| 1 | 2.20 a | 2.00 b | 2.00 b | 0.05 |
| 2 | 3.00 a | 3.10 a | 2.75 b | 0.07 |
| 3 | 3.85 a | 4.10 a | 3.45 b | 0.12 |
| 4 | 4.25 b | 4.95 a | 3.75 c | 0.13 |
| 5 | 4.55 b | 5.15 a | 3.90 c | 0.11 |
| 6 | 4.60 b | 5.70 a | 3.90 c | 0.13 |
| 7 | 5.10 b | 8.80 a | 3.95 c | 0.19 |
| 8 | 5.55 b | 9.65 a | 4.00 c | 0.22 |
| 9 | 5.80 b | 10.35 a | 4.45 c | 0.22 |
| 10 | 6.20 b | 11.55 a | 4.95 c | 0.29 |

Anexo 3. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el número de hojas de plantas de *Moringa oleifera* diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero

| Edad plantas (semanas) | Tipos de sustrato | | | EE |
|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------|
| | Suelo | Suelo + compost | Suelo + estiércol | |
| 1 | 2.15 a | 2.15 a | 2.00 a | 0.07 |
| 2 | 5.50 a | 5.35 a | 5.10 a | 0.16 |
| 3 | 6.60 a | 6.75 a | 5.15 b | 0.23 |
| 4 | 7.15 b | 8.15 a | 5.75 c | 0.25 |
| 5 | 8.80 b | 9.55 a | 5.80 c | 0.17 |
| 6 | 9.50 b | 11.45 a | 5.85 c | 0.36 |
| 7 | 10.85 b | 14.05 a | 6.35 c | 0.44 |
| 8 | 12.85 b | 14.65 a | 6.40 c | 0.46 |
| 9 | 9.50 b | 15.20 a | 7.25 c | 0.48 |
| 10 | 8.90 b | 13.40 a | 7.60 b | 0.56 |

Anexo 4. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre la longitud de la raíz principal (cm) de plantas de *Moringa oleifera* diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero

| Edad plantas (semanas) | Tipos de sustrato | | | EE |
|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------|
| | Suelo | Suelo + compost | Suelo + estiércol | |
| 1 | 5.19 b | 8.58 a | 10.28 a | 0.83 |
| 2 | 11.25 c | 14.19 b | 22.12 a | 2.26 |
| 3 | 15.13 b | 20.31 a | 24.62 a | 1.31 |
| 4 | 19.50 b | 31.75 a | 26.75 a | 1.90 |
| 5 | 20.38 b | 33.13 a | 28.75 a | 2.07 |
| 6 | 24.25 b | 34.38 a | 30.25 a | 2.88 |
| 7 | 24.38 a | 35.00 a | 32.00 a | 3.74 |
| 8 | 24.63 b | 36.63 a | 35.75 a | 2.85 |
| 9 | 25.63 b | 37.00 a | 36.88 a | 3.25 |
| 10 | 31.13 a | 39.38 a | 37.00 a | 3.10 |

Anexo 5. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el diámetro de la raíz principal (mm) de plantas de *Moringa oleifera* diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero

| Edad plantas (semanas) | Tipos de sustrato | | | EE |
|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------|
| | Suelo | Suelo + compost | Suelo + estiércol | |
| 1 | 1.00 a | 1.00 a | 1.13 a | 0.07 |
| 2 | 2.44 a | 2.44 a | 2.88 a | 0.19 |
| 3 | 4.14 ab | 3.70 b | 4.60 a | 0.23 |
| 4 | 5.00 b | 6.28 a | 5.62 ab | 0.30 |
| 5 | 6.39 b | 8.25 a | 6.42 b | 0.25 |
| 6 | 7.29 b | 8.84 a | 7.01 b | 0.18 |
| 7 | 8.13 b | 9.54 a | 7.71 b | 0.26 |
| 8 | 8.67 b | 9.99 a | 8.50 b | 0.27 |
| 9 | 9.27 b | 10.51 a | 8.99 b | 0.28 |
| 10 | 10.21 b | 11.65 a | 9.60 b | 0.40 |

Anexo 6. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el número de raíces de plantas de *Moringa oleifera* diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero

| Edad plantas (semanas) | Tipos de sustrato | | | EE |
|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------|
| | Suelo | Suelo + compost | Suelo + estiércol | |
| 1 | 16.00 b | 27.12 a | 16.50 b | 1.30 |
| 2 | 26.50 b | 30.25 b | 47.88 a | 3.08 |
| 3 | 30.88 b | 44.38 a | 48.88 a | 3.36 |
| 4 | 35.13 c | 66.63 a | 50.13 b | 4.31 |
| 5 | 35.25 b | 69.88 a | 62.75 a | 4.12 |
| 6 | 35.75 b | 78.38 a | 67.63 a | 3.86 |
| 7 | 37.63 c | 94.88 a | 73.50 b | 5.28 |
| 8 | 38.75 c | 107.75 a | 79.75 b | 6.11 |
| 9 | 43.75 c | 108.63 a | 84.50 b | 7.43 |
| 10 | 49.63 c | 115.75 a | 87.25 b | 5.86 |

Anexo 7. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el peso seco parte aérea (g) de plantas de *Moringa oleifera* diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero

| Edad plantas (semanas) | Tipos de sustrato | | | EE |
|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------|
| | Suelo | Suelo + compost | Suelo + estiércol | |
| 1 | 0.02 a | 0.04 a | 0.06 a | 0.02 |
| 2 | 0.29 a | 0.31 a | 0.23 b | 0.02 |
| 3 | 0.67 a | 0.60 a | 0.42 a | 0.09 |
| 4 | 0.88 a | 1.05 a | 0.43 b | 0.09 |
| 5 | 1.03 b | 1.70 a | 0.45 c | 0.05 |
| 6 | 1.20 b | 2.16 a | 0.45 c | 0.21 |
| 7 | 1.95 b | 5.89 a | 0.49 b | 0.49 |
| 8 | 2.38 b | 8.01 a | 0.59 b | 0.54 |
| 9 | 2.46 b | 12.26 a | 0.66 b | 1.22 |
| 10 | 2.96 b | 13.73 a | 0.89 b | 1.20 |

Anexo 8. Efecto de diferentes tipos de sustratos sobre el peso seco de la raíz (g) de plantas de *Moringa oleifera* diferentes edades en sus etapas iniciales de crecimiento en vivero

| Edad plantas (semanas) | Tipos de sustrato | | | EE |
|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------|
| | Suelo | Suelo + compost | Suelo + estiércol | |
| 1 | 0.01 a | 0.04 a | 0.02 a | 0.01 |
| 2 | 0.08 ab | 0.09 a | 0.05 b | 0.01 |
| 3 | 0.30 a | 0.15 b | 0.18 ab | 0.04 |
| 4 | 0.56 a | 0.47 a | 0.42 a | 0.06 |
| 5 | 1.03 a | 0.77 b | 0.83 ab | 0.07 |
| 6 | 1.28 ab | 2.00 a | 0.83 b | 0.25 |
| 7 | 1.62 b | 2.96 a | 1.13 b | 0.37 |
| 8 | 3.20 ab | 3.71 a | 1.40 b | 0.58 |
| 9 | 4.60 a | 4.96 a | 1.45 b | 0.56 |
| 10 | 5.20 a | 5.55 a | 2.34 b | 0.77 |

Anexo 9. ANDEVA del efecto de diferentes sustratos sobre la altura de planta (cm) de *Moringa oleifera* en la primera semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Sustrato | 2 | 80.199 | 40.100 | 56.93 | 0.0000 |
| Error | 57 | 40.147 | 0.704 | | |
| Total | 59 | 120.346 | | | |

Anexo 10. ANDEVA del efecto de diferentes sustratos sobre la altura de planta (cm) de *Moringa oleifera* en la décima semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Sustrato | 2 | 53233 | 26616 | 214.16 | 0.000 |
| Error | 57 | 7084 | 124 | | |
| Total | 59 | 60317 | | | |

Anexo 11. ANDEVA del efecto de diferentes sustratos sobre el diámetro de planta (cm) de *Moringa oleifera* en la primera semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Sustrato | 2 | 0.53333 | 0.26667 | 4.75 | 0.012 |
| Error | 57 | 3.20000 | 0.05614 | | |
| Total | 59 | 3.73333 | | | |

Anexo 12. ANDEVA del efecto de diferentes sustratos sobre el diámetro de planta (cm) de *Moringa oleifera* en la décima semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Sustrato | 2 | 491.63 | 245.82 | 147.33 | 0.000 |
| Error | 57 | 95.10 | 1.67 | | |
| Total | 59 | 586.73 | | | |

Anexo13. ANDEVA del efecto de diferentes sustratos sobre el número de hojas de *Moringa oleifera* en la primera semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Sustrato | 2 | 0.30000 | 0.15000 | 1.68 | 0.196 |
| Error | 57 | 5.10000 | 0.08947 | | |
| Total | 59 | 5.40000 | | | |

Anexo14. ANDEVA del efecto de diferentes sustratos sobre el número de hojas de *Moringa oleífera* en la décima semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Sustrato | 2 | 370.53 | 185.27 | 29.06 | 0.000 |
| Error | 57 | 363.40 | 6.38 | | |
| Total | 59 | 733.93 | | | |

Anexo 15. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre la longitud de la raíz de las plantas en (cm) de *Moringa oleífera* en la primera semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Sustrato | 2 | 107.328 | 53.664 | 9.70 | 0.001 |
| Error | 21 | 116.159 | 5.531 | | |
| Total | 23 | 223.486 | | | |

Anexo 16. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre la longitud de la raíz de las plantas en (cm) de *Moringa oleífera* en la décima semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| sustrato | 2 | 288.58 | 144.29 | 1.87 | 0.178 |
| Error | 21 | 1616.75 | 76.99 | | |
| Total | 23 | 1905.33 | | | |

Anexo 17. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el diámetro de la raíz (mm) en plantas de *Moringa oleífera* en la primera semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| sustrato | 2 | 0.083 | 0.041 | 1.00 | 0.385 |
| Error | 21 | 0.875 | 0.041 | | |
| Total | 23 | 0.958 | | | |

Anexo 18. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el diámetro de la raíz (mm) en plantas de Moringa oleífera en la décima semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Sustrato | 2 | 17.857 | 8.929 | 6.99 | 0.005 |
| Error | 21 | 26.816 | 1.277 | | |
| Total | 23 | 44.673 | | | |

Anexo 19. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el numero raíz en plantas de Moringa oleífera en la primera semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Sustrato | 2 | 631.75 | 315.87 | 23.29 | 0.000 |
| Error | 21 | 284.88 | 13.57 | | |
| Total | 23 | 916.62 | | | |

Anexo 20. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el número de raíz en plantas de Moringa oleífera en la décima semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| sustrato | 2 | 17601.1 | 8800.5 | 32.07 | 0.000 |
| Error | 21 | 5762.9 | 274.4 | | |
| Total | 23 | 23364.0 | | | |

Anexo 21. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el peso seco parte aérea en (g) con plantas de Moringa oleífera en la primera semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| sustrato | 2 | 0.003964 | 0.001982 | 0.92 | 0.413 |
| Error | 21 | 0.045144 | 0.002150 | | |
| Total | 23 | 0.049108 | | | |

Anexo 22. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el peso seco parte aérea en (g) con plantas de Moringa oleífera en la décima semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| sustrato | 2 | 759.84 | 379.92 | 32.97 | 0.000 |
| Error | 21 | 241.96 | 11.52 | | |
| Total | 23 | 1001.80 | | | |

Anexo 23. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el peso seco de raíces en (g) con plantas de Moringa oleífera en la primera semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| sustrato | 2 | 0.003241 | 0.001620 | 1.44 | 0.260 |
| Error | 21 | 0.023648 | 0.001126 | | |
| Total | 23 | 0.026889 | | | |

Anexo 24. ANDEVA efecto de diferentes sustratos sobre el peso seco de raíces en (g) con plantas de Moringa oleífera en la décima semana de edad en vivero

| FV | GL | SC | CM | F | P |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| sustrato | 2 | 49.698 | 24.849 | 5.21 | 0.015 |
| Error | 21 | 100.199 | 4.771 | | |
| Total | 23 | 149.896 | | | |