

**Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
"EZEQUIEL ZAMORA"**



LA UNIVERSIDAD QUE SIEMBRA

**VICERRECTORADO DE
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
GUANARE, EDO. PORTUGUESA**

**Efecto del sustrato en el desarrollo y crecimiento de las raíces del estropajo
(*Luffa aegyptica*) en fase de vivero en la unellez-Guanare**

**Autores: Luis Carlos Rodríguez
José Daniel Angulo**

Tutora: Ing. Rismary Montilla

Guanare, MAYO 2023

Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
"EZEQUIEL ZAMORA"



La Universidad que siembra



**Efecto del sustrato en el desarrollo y crecimiento de las raíces del estropajo
(*Luffa aegyptica*) en fase de vivero en la Unellez-Guanare**

Requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Agrónomo

Autores: José Daniel Angulo
C.I.:27.635.868
Luis Carlos Rodríguez
C.I.:29.610.122

Tutora: Ing. Rismary Montilla

Guanare, Mayo 2023

ACTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Rismary J. Montilla A.** cédula de identidad N°: **17.003.000**, en mi carácter de tutora del Trabajo de Aplicación de Conocimientos II titulado: presentado por los ciudadanos: José Daniel Angulo, C.I:27.635.868 y Luis Carlos Rodríguez, C.I:29.610.122, para optar al título de Ingeniero Agrónomo, por medio de la presente certifico que he leído y revisado el trabajo, a lo que considero reúne las condiciones necesarias para ser defendido y evaluado por el jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Guanare, al día 02/05 del año 2023

Nombre y Apellido: Rismary J. Montilla A.



Firma de Aprobación del tutor

Fecha de entrega: _____



LA UNIVERSIDAD QUE
SIEMBRA

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
EZEQUIEL ZAMORA
VICE-RECTORADO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
PROGRAMA DE CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR
SUBPROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA**

ACTA

El 12 de Mayo de 2023 en las instalaciones del Vicerrectorado de Producción Agrícola de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), en Mesa de Cavacas (Guanare, Edo Portuguesa), se reunió el jurado integrado por los profesores _____, _____ y _____, para evaluar el trabajo de Aplicación de Conocimientos II (**tesis de grado**) titulado “Efecto del sustrato en el desarrollo y crecimiento de las raíces del estropajo (*Luffa aegyptica*) en fase de vivero” de los ciudadanos Rodríguez Luis C.I.: _____ y Angulo Jose C.I. _____. Evaluado el referido trabajo, la calificación del jurado promedió para Rodríguez Luis (4.40) y Angulo José (4.25) puntos sobre cinco (nota aprobatoria).

Guanare 12 de Mayo de 2023

Prof. [Firma]
C.I. 17003000
Tutor - jurado

Prof. [Firma]
C.I. 16478341
Jurado

Prof. _____
C.I. _____
Jurado

Prof. [Firma]
Prof. Carmen Jimenez

Jefe Subproyecto Aplicación
de Conocimientos II (Agronomía)

[Firma]
Prof. Dr Pedro Salazar

Jefe del Sub-Programa Ingeniería
Agronómica

Prof. [Firma]
Prof. María Luisa Andrade

[Firma]
Jefe de Programa



AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien nos dio la fe, la fortaleza necesaria para salir siempre adelante pese a las dificultades, por colocarme en el mejor camino, iluminando cada paso de nuestras vidas, y por darnos la salud y la esperanza para terminar este trabajo.

A nuestros padres por ayudarnos y estar siempre presentes, por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor.

A nuestra Tutora, Ing. Rismary Montilla por sus asesorías y por su apoyo.

A nuestros compañeros: Rosa, Elizabeth, Nelsi, Adamia, Carlos, Katherin, Yelismar por su amistad y apoyo moral.

INDICE GENERAL

ACTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR.....	3
AGRADECIMIENTOS	4
INDICE GENERAL	6
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCION	13
CAPITULO I	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1 Formulación del problema.....	15
1.2 Justificación	16
1.3 Objetivos	17
1.3.1 Objetivo general.....	17
1.3.2 Objetivos específicos	17
CAPÍTULO II	18
MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Antecedentes.....	18
2.2 Bases Teóricas	19
CAPITULO III	25
3.1 Metodología de la investigación	25
3.1.1 Área de estudio.....	25
3.1.2. Diseño experimental	26
3.2 Variables a evaluar	26
3.3 Procedimiento	28
3.4 Análisis y procesamiento de datos.....	32
CAPITULO IV	34
RESULTADOS Y DISCUCION.....	34
Conclusiones.....	45
Recomendaciones.....	46

Bibliografía	47
--------------------	----

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diseño experimental.....	26
Tabla 2 Preparación de sustratos.....	30
Tabla 3 Análisis de la varianza (ANOVA) y significación, aplicado a las variables medidas en 4 períodos.	39
Tabla 4 Comparación de medias y significancia (Tukey) para longitud y peso de raíces (cm), en plántulas de Estropajo con diferentes tratamientos.	40
Tabla 5 Comparación de medias y significancia (Tukey) para: Altura de planta (cm), en plantas de Estropajo con diferentes períodos evaluados.	41

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Mapa de localización Parroquia San Juan de Guanaguanare 3350, Guanare-Portuguesa, Venezuela. Umbráculo de la Unellez.	25
Ilustración 2 Longitud de la raíz principal	27
Ilustración 3 Ancho de la raíz principal	27
Ilustración 4 Número de raíces secundarias	28
Ilustración 5 Recolección de semillas.....	29
Ilustración 6 Recolección de sustratos	30
Ilustración 7 Preparación de sustratos	31
Ilustración 8 Llenado de los tubetes con sustrato.....	32

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1 Comportamiento promedio y variación del crecimiento en longitud de raíz principal de los tratamientos en cada medición (T1 en la primera medición hasta T4 en la cuarta medición).	35
Gráfico 2 Comportamiento promedio y variación del crecimiento en longitud de raíz Secundaria de los tratamientos en cada medición.	36
Gráfico 3 Comportamiento en promedio y variación del crecimiento en Peso fresco de raíz de los tratamientos en cada medición.	36
Gráfico 4 Comportamiento promedio y variabilidad del crecimiento en Peso seco de raíz de cada tratamiento, en cada medición.	37
Gráfico 5 Longitudes promedio de raíces con períodos combinados.....	41
Gráfico 6 Promedio de peso fresco y seco de raíces con períodos combinados ..	41
Gráfico 7 Longitudes promedio de raíces por tratamiento y por períodos combinados (Interacción).	42
Gráfico 8 Longitudes promedio de raíces por tratamiento y por períodos combinados (Interacción).	43
Gráfico 9 Pesos promedio de raíces principales por tratamiento y por períodos combinados (Interacción).	43
Gráfico 10 Pesos promedio de raíces secundarias por tratamiento y por períodos combinados (Interacción).	44

Efecto del sustrato en el desarrollo y crecimiento de las raíces del estropajo (*Luffa aegyptica*) en fase de vivero.

Autores: José Daniel Angulo
Luis Carlos Rodríguez

Tutor: Rismary Montilla
Año: 2022.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto del sustrato en el desarrollo y crecimiento de las raíces del estropajo (*Luffa aegyptiaca*) en fase de vivero. En la UNELLEZ-Guanare, se instalaron 4 tratamientos (T1: Tierra negra, T2: Tierra negra +hojarasca, T3: Tierra negra +arena y T4: tierra negra +aserrín) en germinadores con 80 tubetes (20 por tratamiento) y se evaluaron las variables: Longitud de raíz principal y secundaria, peso fresco y peso seco de raíces durante 4 períodos de 3 días. Para esto, se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 4 tratamientos y 20 repeticiones y se realizaron 4 evaluaciones en el tiempo. Los resultados del análisis estadístico mediante la prueba F (ANOVA), indicaron que el crecimiento en la longitud de las raíces principales y secundarias de los tratamientos T1 y T2 resultaron significativamente $P < 0,01$ superiores, favoreciendo así el crecimiento en la longitud de raíces. El peso fresco y seco de raíces, independientemente del período, resultó superior con los tratamientos T1 y T2 desde el punto de vista económico al T1. Las interacciones indicaron que a largo plazo, el tratamiento 2 (tierra negra + hojarasca) logró superar al tratamiento 1 (tierra negra) en el efecto sobre el crecimiento y peso de raíces, lo que significa se pueden proyectar mejores crecimientos en períodos mayores, lo cual pudo deberse al aporte nutricional de la hojarasca en el sustrato T2.

Palabras clave: *Luffa aegyptiaca*. Estropajo, Crecimiento de estropajo, Fisiología del estropajo.

Effect of the substrate on the development and growth of the roots of the scourer (*Luffa aegyptiaca*) in the nursery phase.

Authors: José Daniel Angulo
Luis Carlos Rodríguez

Tutor: Rismary Montilla
Year: 2023.

ABSTRACT

In order to determine the effect of the substrate on the development and growth of the roots of the scourer (*Luffa aegyptiaca*) in the nursery phase. At UNELLEZ-Guanare, 4 treatments- (T1: Black earth, T2: Black earth + leaf litter, T3: Black earth + sand and T4: Black earth + sawdust) were installed in sprouters with 80 stems (20 per treatment) and evaluated the variables: main and secondary root length, fresh weight and dry weight of roots during 4 periods of 3 days. For this, a completely randomized experimental design was used with 4 treatments and 20 repetitions and 4 evaluations were carried out over time. The results of the statistical analysis using the F test (ANOVA) indicated that the growth in the length of the main and secondary roots of the T1 and T2 treatments were significantly ($P<0.01$) higher, thus favoring the growth in the length of estate. The fresh and dry weight of roots, regardless of the period, was higher with the T1 and T2 treatments, favoring T1 from an economic point of view. The interactions indicated that in the long term, the treatment with litter was able to surpass the treatment with only soil negra in the effect on the growth and weight of roots, which means that better growths can be projected in longer periods, probably due to the nutritional contribution of the litter in the T2 substrate.

Keywords: *Luffa aegyptiaca*. Scourer, Growth of scourer, Physiology of scourer.

INTRODUCCION

El Estropajo (*Luffa aegyptiaca*) es una enredadera vigorosa de ciclo anual cuyo sistema radical consta de una raíz principal y raíces secundarias con abundante cantidad de pelos absorbentes.

El suelo es el medio de crecimiento de las plántulas por naturaleza e históricamente el suelo ha sido el material más utilizado en los viveros. Sin embargo, no necesariamente es el material más indicado para la producción de plántulas en vivero. Por tanto, el conocimiento de las propiedades de otros sustratos diferentes al suelo es de suma importancia. Hoy en día se utilizan gran variedad de sustratos para la producción de las plántulas en vivero, siendo algunos de los conocidos: cascarilla de arroz, corteza de árboles, pulpa de café, fibra de coco, turbas, aserrines, arena, grava, lombricompuesto, hojarasca, estiércol, entre otros. Encontrar un sustrato ideal es una tarea difícil, porque cada especie tiene requerimientos distintos, pero a través de investigaciones científicas es posible hallar un sustrato óptimo que reúna las condiciones mínimas requeridas por las especies a estudiar. (Maynor, Oliverio 2014).

En cuanto a los suelos, se conoce una buena respuesta de la planta en aquellos ricos en materia orgánica, con buena fertilidad, especialmente niveles altos de nitrógeno y fósforo son idóneos debido a las exigencias nutricionales de esta planta. Una textura areno-arcillosa para proveer un buen drenaje, es preferible a aquellos muy arcillosos que retienen más humedad de la requerida por el cultivo (Guzmán, 1997).

Las raíces en las plantas son una parte fundamental y esencial de su estructura y crecimiento. Sin ellas, las plantas no podrían desarrollarse en ningún sentido, tanto es así que desde el propio proceso de germinación de las semillas, la radícula, órgano que da origen a las raíces, es la primera parte de la plántula que comienza a crecer y buscar hacia dónde expandirse, dejando en evidencia su valor, y que se extiende al ecosistema en general por los siguientes aspectos: 1) brindan el soporte necesario para el sostén de la planta; 2) son el principal medio

de absorción de los nutrientes; 3) muchas especies vegetales generan en ellas una reserva de nutrientes bajo diversas formas, mayormente carbohidratos; y 4) establecen relaciones tróficas con otros organismos, como por ejemplo hongos – asociación conocida como micorriza – para la transformación y absorción de nutrientes, incrementando la biodiversidad, entre otras bondades (Cuoghi, Serena 2023).

Casi toda la experiencia que se conoce sobre el cultivo de estropajo es acerca de manejo en el campo. La presente investigación tiene como objetivo determinar un sustrato que proporcione las condiciones necesarias para el cultivo de estropajo, los sustratos propuestos son: (tierra negra, tierra negra y hojarasca, tierra negra y arena y tierra negra y aserrín).

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Formulación del problema

El Estropajo (*Luffa aegyptiaca*) es una cucurbitácea que tiene propiedades importantes tanto a niveles medicinales como estéticos, entre otros. Esta planta crece en lugares sumamente cálidos y húmedos y se requiere de un espacio amplio, ya que son como enredaderas que al crecer se van expandiendo. En lugares abiertos, alterados o cultivados. Es una planta ruderal: se encuentra con frecuencia alrededor de poblaciones, sobre árboles, postes de luz, cercas y bardas (Chávez y Vibrans, 2010). En dicha investigación, se busca dar a conocer el estropajo como un cultivo y además aportar información sobre la cual no se tienen registros.

El estropajo es una enredadera vigorosa de ciclo anual, tiene un sistema radicular que consta de una raíz principal y raíces secundarias con suficiente cantidad de pelos absorbentes (Cano-Martínez, 2000). Divido a las característica que presenta la raíz de este cultivo conocer cuál es su comportamientos de su sistema radicular en fase de vivero bajo diferentes condiciones de sustratos.

Cabe destacar que estropajo es una planta perteneciente a la familia de las cucurbitáceas que no se le ha dado la importancia necesaria para convertirla en un cultivo rentable.

Debido a la escasa información del estropajo (*Luffa aegyptiaca*), surge la necesidad de realiza una investigación que nos permitirá conocer el comportamiento del desarrollo radicular en vivero, bajo diferentes condiciones de sustratos, ya que al día de hoy no existe ningún tipo de información sobre esto, no obstante dicha investigación nos permitirá conocer que sustrato es de mejor provecho para el cultivo que porte los suministros necesarios para garantizar la sobrevivencia en campo.

1.2 Justificación

El estropajo es una planta sobre la cual no existe ningún tipo de información, ya que en la actualidad su producción se hace de manera muy artesanal. Es por esto, la importancia de la investigación ya que esta va a dar prioridad a que se desarrollen nuevas investigaciones, tanto en el área de sustratos para la producción en vivero como en otras áreas, esto va a ayudar a que se dé una confiabilidad teórico práctico e investigativo del crecimiento y desarrollo del cultivo de estropajo.

Desde el punto de vista científico, esta investigación va a permitir una nueva línea de investigación sobre dicho cultivo, que permitirá la obtención de un mayor conocimiento para que de esta manera esta cucurbitácea sea aprovechado al máximo.

Desde el punto de vista económico, va a permitir la creación de productos para la obtención de ingresos económicos tanto para el productor como para el país, por medio de la exportación.

Desde el punto de vista social, permitirá la diversificación de la producción y la aplicación de técnicas y métodos para el procesamiento de este rubro, a través de su manejo agronómico en fase de vivero.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Determinar el efecto del sustrato en el desarrollo y crecimiento de las raíces del estropajo (*Luffa aegyptiaca*) en fase de vivero en la UNELLEZ-GUANARE.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diferenciar el sistema radicular del estropajo con los diferentes sustratos.
- Determinar el crecimiento de las raíces en los diferentes sustratos.
- Identificar el sustrato que proporciona el mejor desarrollo radicular en el estropajo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Giménez M., (2016) El trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres sustratos sobre el crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla*) en vivero. Se evaluaron tres tipos sustratos: Sustrato 1: tierra negra (100%). Sustrato 2: tierra negra (50%), arena (50%). Sustrato 3: este fue el resultado obtenido de las encuestas realizadas a los viveros el cual fue tierra negra (50%), arena (30%) y compost de bovino (20%), para cada uno se usaron 20 plantas (repeticiones) para un total de 60 plantas. A los 90 días se evaluó: Altura de plántulas, diámetro de tallo, longitud de raíz, ancho, largo y numero de hojas. Indicadores de calidad: Índice de robustez, índice de Dickson, biomasa seca. Los resultados evidencian que los sustratos que obtuvieron mejor comportamiento de plántulas de caoba fueron los sustrato uno y dos.

Bruno y Silvestre (2019). Llevaron a cabo una investigación con la finalidad de evaluar cinco sustratos en el desarrollo de plantas de *Moringa oleífera*. Para la ejecución de esa investigación construyeron un vivero donde el material base fue cañas guadua y el uso de sarán (polisombra); las cañas fueron curadas para que el vivero tenga un tiempo de duración mayor; El tratamiento dos; del sustrato (compost 50% - suelo 50%) mostro el mejor desarrollo y crecimiento en vivero. Sin embargo a nivel radicular y peso del mismo el sustrato de arena 50% - suelo 50% fue superior al sustrato del tratamiento dos. En el costo de producción el de mayor coste fue el tratamiento dos debido al requerimiento de mayor mano de obra para elaborar el compost. Se recomienda seguir evaluando con otros sustratos existentes.

Alta Verapaz (2019). El propósito de la presente investigación fue determinar el mejor sustrato para la producción de *Tabebuia donnell-smithii* en vivero. Se utilizaron 5 sustratos: T1) 100% suelo (testigo); T2) Arena, gallinaza, suelo (2:1:1);

T3) Suelo, arena, lombricompuesto (1:1:1); T4) Lombricompuesto, suelo, arena (2:1:1) y T5) Lombricompuesto, arena (1:1). Las variables de crecimiento evaluadas fueron las siguientes: Altura, diámetro, relación altura/diámetro, número de hojas, peso fresco tallo, peso fresco radicular y longitud radicular. Los resultados evidencian que los mejores sustratos para la producción de *Tabebuia donnell-smithii* en vivero son: lombricompuesto + arena (1:1), lombricompuesto + suelo + arena (2:1:1) y Suelo + arena + lombricompuesto (1:1:1).

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Características generales del estropajo (*Luffa aegyptiaca*)

Luffa cylindrica (L.) roem., *Momordica cylindrica* L., *Momordica luffa*l. (Hampshire, 2009).

2.2.2 Origen y distribución.

El origen del cultivo es muy antiguo, se sabe que se introdujo a China en el año 600a.C. y a Egipto en la Edad Media, pero aún hoy no se conoce con exactitud su procedencia; por mucho tiempo se pensó en alguna parte de África como centro de origen, recientemente, algunos expertos coinciden en Asia Tropical, y más probablemente en la India, donde aún puede encontrarse en forma silvestre (Guzmán, 1997).

Se dice comúnmente que la era moderna del estropajo (*Luffa aegyptiaca*) dio inicio en Japón alrededor de 1890 y 1895, cuando fue cultivado comercialmente para la utilización de su fibra, la cual tiene muchos usos prácticos. Históricamente Japón había sido uno de los mayores consumidores de esponja vegetal; sin embargo, según el Banco de Datos de la Unión Europea en 1993, los principales importadores de Estropajo (*Luffa aegyptiaca*) y otras fibras naturales fueron: el Reino Unido, Países Bajos, España, Francia, Alemania e Italia, también USA se

encuentra entre los más importantes en cuanto a importación de este tipo de productos (Guzmán, 1997)

2.2.3 Descripción taxonómica (Miller, 2001).

Reino: Plantae;

Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares);

Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas);

División: Magnoliophyta (plantas con flor);

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas);

Subclase: Dilleniidae;

Orden: Violales.

2.2.4 Ecología (Miller, 2001).

Propagación, dispersión y germinación

Se propaga por semillas.

Ciclo de vida

Es una planta anual.

Fenología

Tiene flores y frutos durante todo el año, si existen las condiciones ambientales adecuadas

2.2.5 Clima y suelo.

Es una planta originaria de zonas tropicales, se adapta muy bien a las zonas costeras donde las temperaturas y la humedad relativa son elevadas, factores que repercuten en la calidad del producto, como elasticidad, resistencia y compactividad de la fibra. También se ha encontrado una marcada diferencia cuando son producidos a diferentes altitudes; en altitudes de 0 a 300 msnm la fibra es más delgada y desarrolla un tramado más compacto, en alturas sobre 500 msnm las fibras son gruesas y el tramado más abierto. En otros países se ha reportado una buena adaptación a climas con temperaturas entre 18 a 25 °C con buena luminosidad y buena distribución de lluvias. Se conoce una

buena respuesta de la planta en suelos ricos en materia orgánica con buena fertilidad. Niveles altos de nitrógeno y fósforo son idóneos debido a las exigencias nutricionales de esta planta. Una textura areno-arcillosa para proveer un buen drenaje, es preferible a aquellos muy arcillosos que retienen más humedad de la requerida por el cultivo. “Es una planta sensible a la salinidad por lo que no es conveniente sembrarla en terrenos muy cercanos al mar; crece mejor en condiciones de suelo neutro, con valores de pH entre 6 y 7. (Guzmán, 1997).

2.2.6 Manejo de la Plantación

El sistema de siembra para el estropajo es el mismo realizado a otras cucurbitáceas que presentan el mismo tipo de desarrollo. El sistema más utilizado para la siembra del estropajo es el de espaldera, el cual consiste en hacer líneas con una distancia entre surcos de 1.25 metros y una distancia entre plantas de 1.5 m., sembrando en cada sitio dos o tres semillas para ralea y dejar una planta. Es necesario establecer los estacones los cuales sirven de base a las cuerdas tendidas y sobre las cuales irán posteriormente soportadas las plantas (finkeros, 2015).

2.2.7 Sustrato.

Burés (1997) señala que sustrato es cualquier medio que se utilice para el cultivo de plantas en contenedores, donde se entiende por contenedor cualquier recipiente que tenga altura limitada.

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando por tanto, un

papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Maroto, 1990).

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, entre otros), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos (Terres *et al*, 1997).

2.2.8 Propiedades de los sustratos

Las propiedades de los sustratos se divide básicamente en tres categorías: Químicas, físicas y biológicas. a) Las propiedades físicas de los sustratos son de gran importancia para el normal desarrollo de la planta, pues determinan la disponibilidad de oxígeno, la movilidad del agua y la facilidad para la penetración de la raíz (Quiroz *et al*, 2009).

2.2.9 Tipos de sustratos.

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, sin embargo de acuerdo a Abad *et al.*, (2000) los sustratos se pueden clasificar como materiales orgánicos e inorgánicos:

2.2.9.1 Materiales orgánicos: Los materiales orgánicos a la vez se pueden subdividir en:

1. De origen natural (turba).
2. De síntesis (espuma de poliuretano, polietileno expandido).
3. Residuos y subproductos de diferentes actividades, aunque este tipo de materiales deben ser previamente acondicionados mediante un proceso de compostaje o vermicompostaje. Entre algunos ejemplos de este tipo de materiales se encuentra el bagazo de caña, bagazo de agave, aserrín, corteza de árboles, orujo de uva, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, cascarilla de arroz, paja de cereales, fibra y polvo de coco, entre otros (Crespo *et al.*, 2012).

2.2.9.2 Materiales inorgánicos o minerales: Estos materiales también se subdividen en:

1. De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, como por ejemplo: piedra pómez, arena, grava.
2. Materiales transformados o tratados industrialmente. Son obtenidos a partir de rocas o minerales mediante tratamientos físicos y a veces químicos, que modifican las características de los materiales de partida. Algunos ejemplos de estos son perlita, vermiculita, arcilla expandida y lana de roca.
3. Residuos y subproductos industriales, como las escorias de hornoalto, estériles de carbón (Crespo *et al.*, 2012).

Una desventaja que presentan los materiales orgánicos en relación a los inorgánicos es que son susceptibles de continuar su descomposición en mayor o menor medida en el contenedor, lo cual dependerá del buen o mal proceso de compostaje o vermicompostaje, que puede afectar el volumen del sustrato. Esto es un aspecto importante en el cultivo de plantas, al igual que la contracción de volumen de un sustrato, ya que este último facilita la compactación del sustrato y la compresión de las raíces, afectando también la eficiencia del riego y la fertilización (Abad *et al.*, 2004).

2.2.10 Mezclas de sustratos.

Dependiendo del tipo de planta a cultivar y sus necesidades particulares, tendremos que utilizar diferentes tipos sustratos mezclados en la proporción adecuada. La elección del sustrato influirá en buena medida el desarrollo de la planta (Grossnickle *et al.*, 1991).

La formulación de un sustrato, es decir, la proporción en que entran a formar parte cada uno de los componentes, va a depender de varios factores, principalmente:

- 1) Costo y disponibilidad. La elección de los componentes debe adaptarse a la disponibilidad local, pudiendo utilizar componentes alternativos. Algunos componentes inorgánicos pueden ser difíciles de conseguir en ciertos lugares.
- 2) Respuesta de las plántulas. La especie y la forma de cultivo condiciona notablemente el tipo de sustrato, por lo que deben establecerse claramente las necesidades para evitar pérdidas de calidad de la planta.

CAPITULO III

3.1 Metodología de la investigación

3.1.1 Área de estudio

El ensayo se llevó a cabo en el Umbráculo de la UNELLEZ-Guanare estado Portuguesa, Venezuela, ubicado según las coordenadas geográfica: 09°04'LN y 69°48' LO, a una altitud de 256 msnm.

La topografía del terreno es plana. De acuerdo de los registros de la estación meteorológica de mesa de Cavacas, se presenta un clima marcadamente estacional, con una precipitación media anual de 1764,1 mm, presenta una temperatura media anual de 26°C, con muy poca variabilidad en el año, el promedio anual de evaporación en la zona es de 1.734,6 mm, y posee una humedad relativa de 75% en promedio (Fuerza Aérea Venezolana, 2000).



Ilustración 1 Mapa de localización Parroquia San Juan de Guanaguanare 3350, Guanare-Portuguesa, Venezuela. Umbráculo de la Unellez. Fuente: Google Maps (2022).

3.1.2 Tipo de investigación

Las condiciones controladas del experimento se utilizó un diseño completamente al azar de 4 tratamientos y 4 repeticiones en el tiempo. En la unidad experimental estaba constituida por una semilla por tubete de 15 cm de alto por 5 cm de diámetro.

3.1.3. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones. Los tratamientos se definieron como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1 Diseño experimental

Sustratos	Proporción	Símbolo
1.tierra negra	(1:1)	T1
2.tierra negra + hojarasca	(1:1)	T2
3.tierra negra + arena	(1:1)	T3
4.tierra negra + aserrín	(1:1)	T4

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

Cada sustrato contó con un número de 20 plantas para un total de 80 plantas por los cuatro sustratos distribuidos.

3.2 Variables a evaluar

3.2.1. Longitud de la raíz principal. La longitud de las raíces se midió en cm, cada 3 días por 4 semanas utilizando una regla graduada desde la base de la raíz hasta la cofia.



Ilustración 2 Longitud de la raíz principal
Fuente: Rodríguez y Angulo (2022).

3.2.2 Ancho de la raíz principal. Esta se midió en mm con una regla graduada cada 3 días usando como referencia la mitad de la raíz.



Ilustración 3 Ancho de la raíz principal
Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

3.2.3. Numero de raíces secundarias. Las raíces se contaron cada 3 días utilizando la punta de un lápiz para separarlas y obtener un mejor conteo.



Ilustración 4 Número de raíces secundarias
Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

3.2.4Peso fresco de raíz. Una vez terminada las mediciones y conteo de las raíces procedió a pesarlas en gramos. Se utilizó para esto, una balanza electrónica.

3.2.5Peso seco de raíz. El peso seco se midió a los 6 días después de la última evaluación, esto con el objetivo de que se disecaran las raíces para poder pesarlas y obtener resultados más confiables.

Es necesario mencionar que se llevó un registro en una planilla de anotaciones, y que las mediciones se realizaron cada 3 tres días durante 4 semanas tomando como muestra 5 plantas por tratamiento

3.3Procedimiento

3.3.1 Recolección de semillas

Se seleccionaron 80 semillas provenientes de un fruto con tamaño, grosor y aspecto fitosanitario adecuado, extraído de una plata ubicada en la ciudad de Guanare.



Ilustración 5 Recolección de semillas

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

3.3.2 Recolección de sustratos.

Los sustratos fueron recolectados en las zonas aledañas a las instalaciones de la UNELLEZ como: tierra negra de la zona del vivero, la recolección de arena se hizo del canal que está entre el vivero y el estacionamiento de la UNELLEZ, el aserrín se recolectó de los árboles caídos en la UNELLEZ y la hojarasca de los alrededores, se procedió a mezclar cada uno de los componentes de los sustratos para posteriormente homogenizar utilizando una pala.



Ilustración 6 Recolección de sustratos

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

3.3.3 Preparación de sustratos.

Para los sustratos se utilizaron cuatro combinaciones para el desarrollo radicular del estropajo, con los siguientes materiales: arena, tierra negra, hojarasca y aserrín en las siguientes proporciones:

Tabla 2 Preparación de sustratos

Sustratos	Proporción	Símbolo
1.tierra negra	(1:1)	T1
2.tierra negra + hojarasca	(1:1)	T2
3.tierra negra + arena	(1:1)	T3
4.tierra negra + aserrín	(1:1)	T4

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).



Ilustración 7 Preparación de sustratos
Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

3.3.4 Desinfección de sustrato.

El proceso de desinfección se hizo por medio de solarización, sometiéndolos sustratos a dos días a plena exposición solar.

3.3.5 Llenado de los tubetes con sustrato.

Se colocaron los distintos sustratos, según los tratamientos, en los tubetes germinadores designados para el efecto.



Ilustración 8 Llenado de los tubetes con sustrato
Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

3.3.6 Siembra: Se procedió a la siembra una semilla por tubete de acuerdo al diseño experimental establecido

3.3.7 Riego: El riego se hizo de manera manual con una regadera cada vez que el cultivo lo requería.

3.3.8 Control de malezas: Estos consistieron en deshierbe manual cada vez que existía la presencia de malezas.

3.4 Análisis y procesamiento de datos

El procesamiento de los resultados se ejecutó con el programa estadístico SPSS ver. 26.0, mediante las técnicas de:

- Análisis de la varianza (ANOVA) para modelo de clasificación de una vía de clasificación (DCA), con medidas repetidas en el tiempo.

Modelo lineal aditivo

Modelo de diseño de completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo

$$X_{IJK} = \mu + \tau_I + \rho_j + (\tau\rho)_{IJ} + \delta_{(I)k} + \varepsilon_{IJK}$$

Donde:

X_{ijk} : Observación cualquiera de una variable respuesta: longitud de raíz y peso.

μ : Efecto de la media general

τ_i : Efecto de tratamiento (Sustrato)

ρ_j = Efecto del periodo

$(\tau\rho)_{ij}$: Efecto de interacción Tratamiento*Período

$\delta_{i(k)}$: Error intrasujeto

ε_{ijk} : Error experimental

2. Prueba de medias de TUKEY al 5%, para la comparación de los promedios por tratamiento y por período.

1. Pruebas de Shapiro y Wilk y de Levene para verificar el cumplimiento de los supuestos del análisis de la varianza.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUCION

En referencia a la longitud de raíces principales y secundarias (Gráficos 1 y 2) en plantas de estropajo (*Luffa aegyptiaca*), en cada uno de los 4 tratamientos y períodos evaluados, se observaron tendencias a la disminución en la longitud de raíz principal de cada tratamiento en el tiempo de los tratamientos 1 y 2, mientras que los tratamientos 3 y 4 sugieren una tendencia al aumento, contrario a lo que ocurrió con la longitud de la raíz secundaria.

Por otro lado, las variaciones dentro del tratamiento se observaron bastante aceptables, con la excepción del T2 que presentó algunos períodos con variaciones considerables. Estos resultados a favor de T3 y T4 para raíz principal y de T1 y T2 para la raíz secundaria probablemente son debidos a mayor permeabilidad y aireación del sustrato con arena y aserrín, que permite mayor crecimiento de raíces principales al inicio del crecimiento, como lo señala Garzón-Marín *et al.*, (2005) en su trabajo titulado “Uso de aserrín como sustrato de germinación y crecimiento de *Quercus humboldtii* (roble)”, donde en los resultados del análisis de sustratos demostró que el aserrín presenta alto contenido de macro y micronutrientes, carbono orgánico, pH neutro (aserrín), elevada capacidad de intercambio catiónico, mientras que la tierra negra presenta bajas concentraciones. Además, el análisis foliar mostró que los macro y micronutrientes no inciden de forma negativa en el desarrollo y crecimiento de las plántulas de roble, dejando claro que el aserrín es óptimo sustrato para el desarrollo de especies forestales en vivero.

Los gráficos 3 y 4, muestran el comportamiento del peso fresco y seco de las raíces, indicando un comportamiento errático sin tendencia definidas, con la excepción del tratamiento 2, que indica un incremento sostenido en el tiempo, que pudiera indicar mayor estabilidad y capacidad de retención de humedad que

podieran favorecer el crecimiento. Las variaciones dentro del tratamiento resultaron aceptables con algunas excepciones en los tratamientos T2. Tanto Oliet (2000), como Cobas (2001) indican que el factor determinante para la supervivencia de las plantas en campo definitivo es el peso seco radical más que el peso seco de la parte aérea, ya que este atributo pronostica mucho mejor la supervivencia, basándose en estos autores tanto el sustrato uno como el sustrato dos se podría indicar como los que contarán con las mejores probabilidades de que las plántulas tengan una supervivencia en campo.

Los resultados muestran como mejor sustrato aquel en el que se encuentra tierra acompañada con las diferentes proporciones de aserrín, concordando con el resultado R del análisis de sustrato, donde el aserrín tiene el mayor porcentaje de materia orgánica, además de tener 38.1% de carbono orgánico C.O.(Garzón-Marín *et al.*, 2005), así como la presencia dentro de rangos normales, de los demás elementos minerales, esenciales para la síntesis de tejidos en las primeras etapas de crecimiento de la especie en estudio.

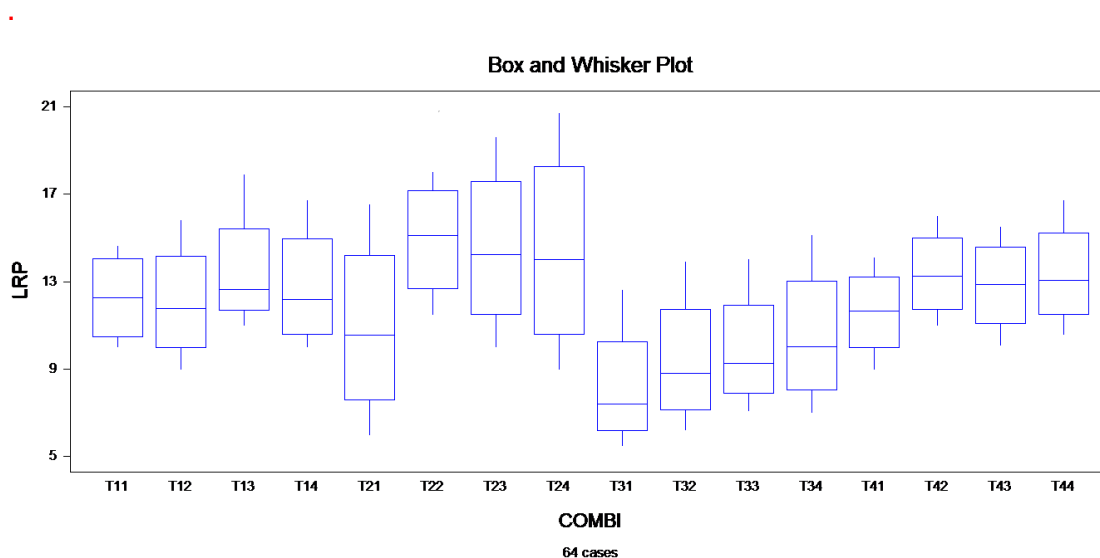


Gráfico 1 Comportamiento promedio y variación del crecimiento en longitud de raíz principal de los tratamientos en cada medición (T1 en la primera medición hasta T4 en la cuarta medición).

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

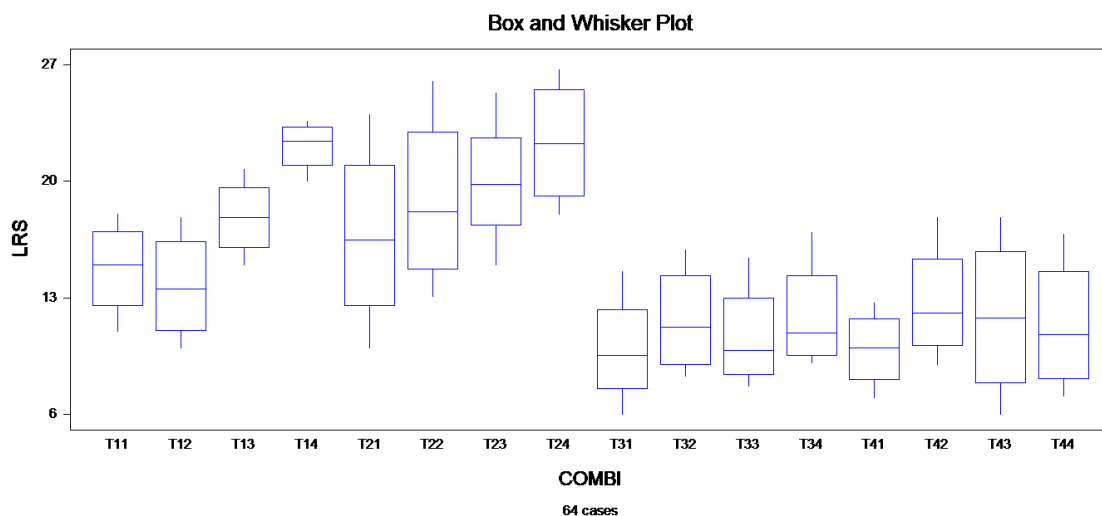


Gráfico 2 Comportamiento promedio y variación del crecimiento en longitud de raíz Secundaria de los tratamientos en cada medición.

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

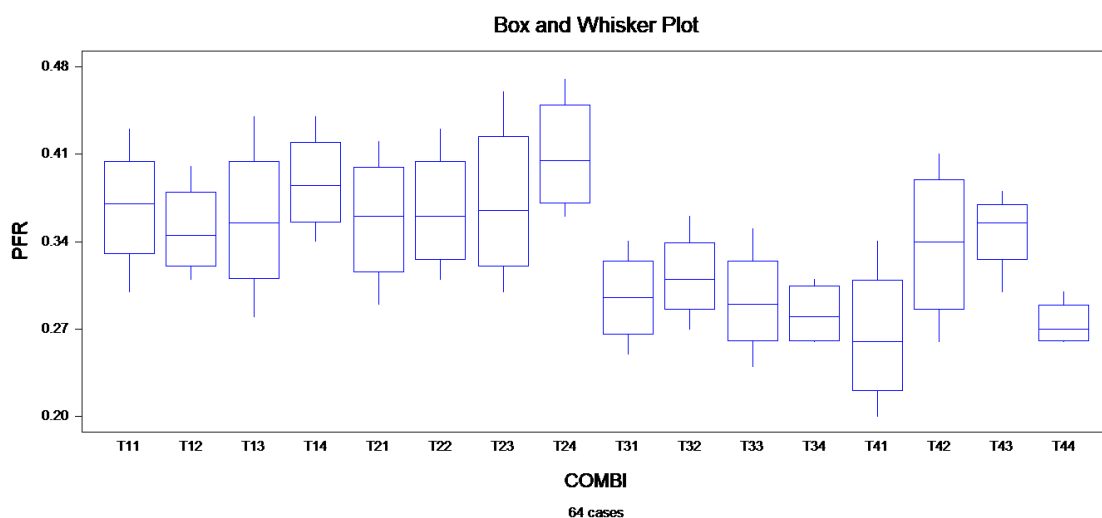


Gráfico 3 Comportamiento en promedio y variación del crecimiento en Peso fresco de raíz de los tratamientos en cada medición.

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

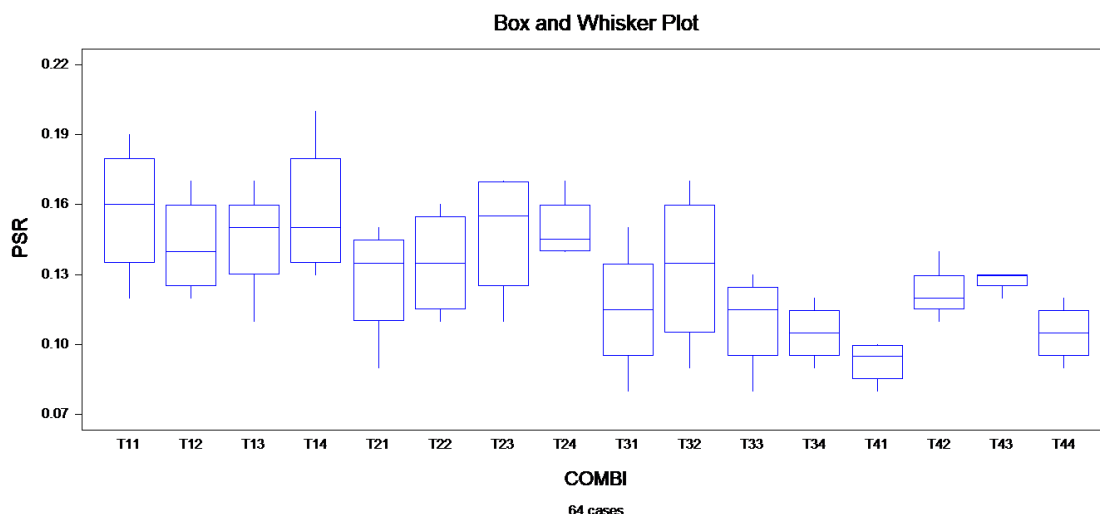


Gráfico 4 Comportamiento promedio y variabilidad del crecimiento en Peso seco de raíz de cada tratamiento, en cada medición.

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

El análisis estadístico con base en la aplicación de un modelo lineal aditivo (ANOVA) de una vía de clasificación (DCA) con medidas repetidas en el tiempo por vía paramétrica, a las mediciones de longitud de raíz principal y secundaria y el peso fresco y seco de raíces evaluadas cada tres días por 4 semanas (tabla 3), detectó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) en los promedios de tratamiento, de tal manera que los resultados mostrados en el cuadro 2 (Comparación de medias) muestran crecimientos superiores en longitud de raíz principal del T4, T1 y T2 sobre el T3, mientras que en la longitud de raíces secundarias, resultaron superiores los tratamientos T1 y T2.

Estos resultados sugieren que los sustratos 1 (Tierra negra) y 2 (tierra negra + hojarasca), permitieron un mejor desarrollo de raíces, en comparación con T3 (Tierra negra + arena), tal como se ilustra en el gráfico 5. Por otro lado el T4 solo favoreció la elongación de raíz principal y no las secundarias, probablemente debido a que el aserrín mejora la porosidad y mayor retención de humedad del sustrato y al mejorar el crecimiento de la raíz principal, no requiere mucho desarrollo de la raíz principal, mientras que el T3 (Tn + arena) no favoreció el crecimiento, probablemente debido a que la cantidad de arena facilita el drenaje

rápido y la pérdida de humedad requerida, En la evaluación de diferentes mezclas aserrín-suelo como sustrato para la producción de plántulas de melón se probaron cuatro mezclas en diferentes proporciones, con el objetivo de evaluar el potencial uso del aserrín como sustrato en la producción de plántulas de melón. Se consideraron 4 tratamientos, T0, T1, T2 y T3, que corresponden a 0, 40, 60 y 80% de aserrín respectivamente mezclado con suelo siendo T1 la mezcla que se comporta mejor que el resto, permitiéndole a las plántulas desarrollarse en condiciones adecuadas aportándole un buen desarrollo radicular y de crecimiento. Roberto Hernán (2008)

Cuando se consideró el análisis estadístico para el peso fresco y seco de raíces (tabla 3), se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre tratamientos en raíces, resultando superiores (tabla 4) los sustratos T1 y T2 que favorecieron el crecimiento de raíces principales y secundarias, promovieron mayor volumen de raíces y como consecuencia, una mayor acumulación de materia seca.

Al tener tratamientos como 1 y 2 que favorecen ambos aspectos del crecimiento, inferimos con estos resultados que el T1 debería ser el mejor tratamiento por resultar más económico, ya que la tierra negra contiene materia orgánica que se ha descompone en partículas muy pequeñas, lo que mejora su textura dándole la capacidad de retener suficiente agua y que además proporciona una buena circulación entre las raíces de la planta, que es fundamental para el crecimiento de las mismas (Linares, 2019).

Como es lógico que ocurra en plántulas en crecimiento, el cuadro 1 Indicó diferencias significativas ($P < 0,01$) entre los períodos, independientemente del tratamiento, iniciando con menor tasa de crecimiento al inicio y mayores tasas al transcurrir el tiempo (tabla 5).

En cuanto al efecto de las interacciones, que indican los crecimientos individuales de los tratamientos en cada período de medición, el ANOVA (tabla 3) señaló

efectos altamente significativos ($P < 0,01$) en las longitudes de raíz principal y secundaria, al respecto el gráfico 7 indica que en la longitud de raíz principal, los tres tratamientos superaron al T3 durante todo el período pero el T2 destacó al final de las evaluaciones. Por otro lado, el gráfico 8 señaló que en la longitud de la raíz secundaria de los tratamientos 1 y 2, superaron a los demás tratamientos, sin embargo, es el T2 el que destacó al final de las evaluaciones.

Lo que permite señalar que probablemente el T2 produzca mejores crecimientos a largo plazo, probablemente porque la producción de hojarasca y su descomposición son procesos fundamentales en el ciclo de nutrientes, ya que representa la principal transferencia de materia orgánica y nutrientes desde la parte aérea a la superficie del suelo (Cantú y González, 2001), es la principal fuente de fertilización natural en comparación con arena y aserrín.

Al considerar el efecto de la interacción tratamiento por período para el peso de raíz, El ANOVA indicó solo interacción significativa ($P < 0,05$) en el peso seco, y los gráficos 9 y 10 señalan claramente, que nuevamente los tratamientos 1 y 2, superaron durante todo el período a los tratamientos T3 y T4, lo que confirma que: considerando todas las variables evaluadas, el T2 resultó el mejor tratamiento para favorecer el desarrollo de las raíces del Estropajo, debido a que se conoce una buena respuesta de la planta en aquellos suelos ricos en materia orgánica, con buena fertilidad, especialmente niveles altos de nitrógeno y fósforo son idóneos debido a las exigencias nutricionales de esta planta (SÁNCHEZ-CAICEDO, 2008).

Tabla 3 Análisis de la varianza (ANOVA) y significación, aplicado a las variables medidas en 4 períodos.

Fuente de variación	Long. raíz p (cm)	Long. raíz sec. (cm)	Peso fresco (gr)	Peso seco (gr)
Tratamiento	9,53**	112,78**	9,73**	9,75**
Período	364,28**	208,59**	121,72**	49,88**
Interacción	6,89**	3,99** ¹	1,30 ns	2,16*

Trat*Período				
CV%	5,28	6,87	5,0	8,56

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

NOTA: ns; no hay diferencias significativas ($P > 0,05$). *; Hay diferencias significativas ($P < 0,05$) y **; hay diferencias altamente significativas ($P < 0,01$).

Tabla 4 Comparación de medias y significancia (Tukey) para longitud y peso de raíces (cm), en plántulas de Estropajo con diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	Long. raíz p (cm)	Long. raíz sec. (cm)	Peso fresco (gr)	Peso seco (gr)
1 ()	12,67 a	17,1 a	0,36a	0,15 a
2 ()	13,69 a	19,5 a	0,37a	0,14 a
3 ()	9,51 b	11,1 b	0,29b	0,12 b
4 ()	12,78 a	11,5 b	0,31 b	0,11 b

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

NOTA: Letras distintas en una misma columna, indican promedios estadísticamente diferentes, con a como grupo superior.

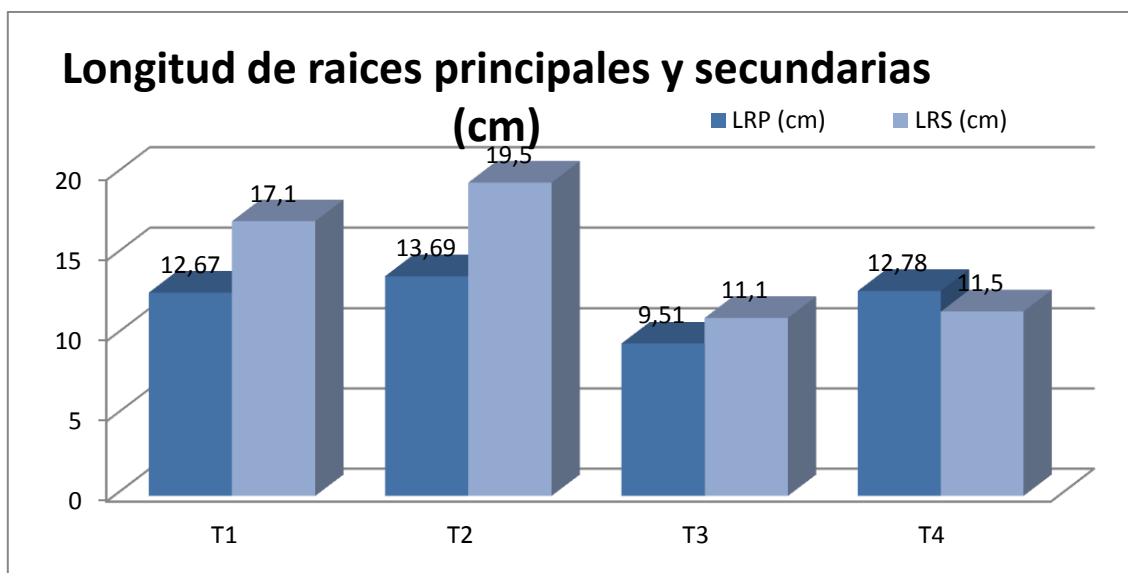


Gráfico 5 Longitudes promedio de raíces con periodos combinados
Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

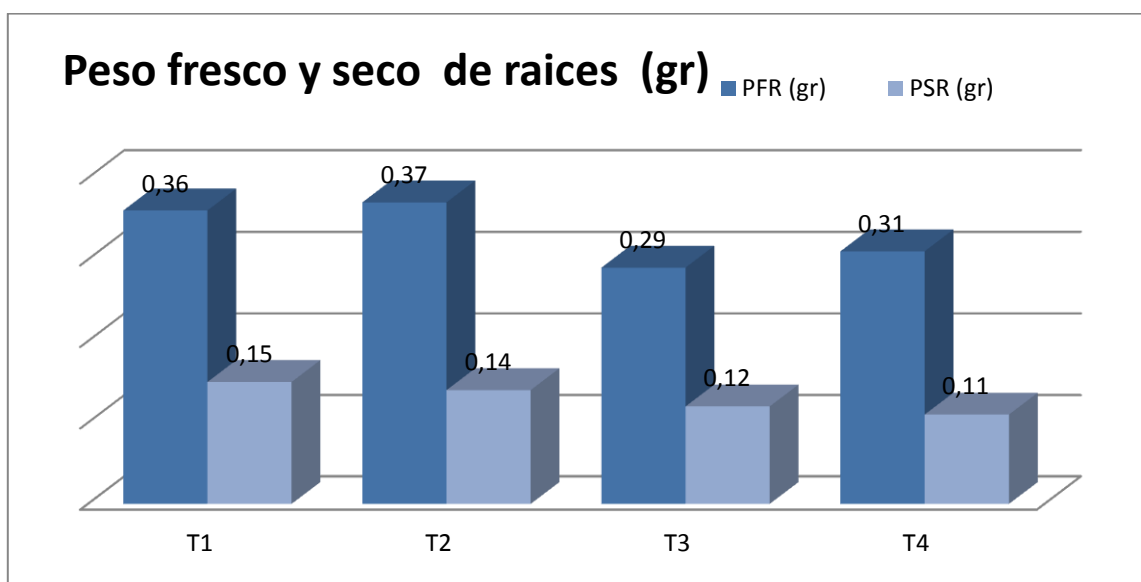


Gráfico 6 Promedio de peso fresco y seco de raíces con periodos combinados
Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

Tabla 5 Comparación de medias y significancia (Tukey) para: Altura de planta (cm), en plantas de Estropajo con diferentes periodos evaluados.

TRATAMIENTO	Long. raíz p (cm)	Long. raíz sec. (cm)	Peso fresco (gr)	Peso seco (gr)
-------------	----------------------	-------------------------	---------------------	-------------------

P1 (1 ^{ra} med.)	8,9 d	10,8 d	0,28 c	0,11 c
P2 (2 ^{da} med.)	10,8 c	13,2 c	0,32 b	0,12 b
P3 (3 ^{ra} med.)	12,8 b	15,7 b	0,35 ab	0,14 ab
P4 (4 ^{ta} med.)	16,1 a	19,4 a	0,39 a	0,15 a

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

NOTA: Letras distintas en una misma columna, indican promedios estadísticamente diferentes, con a como grupo superior.

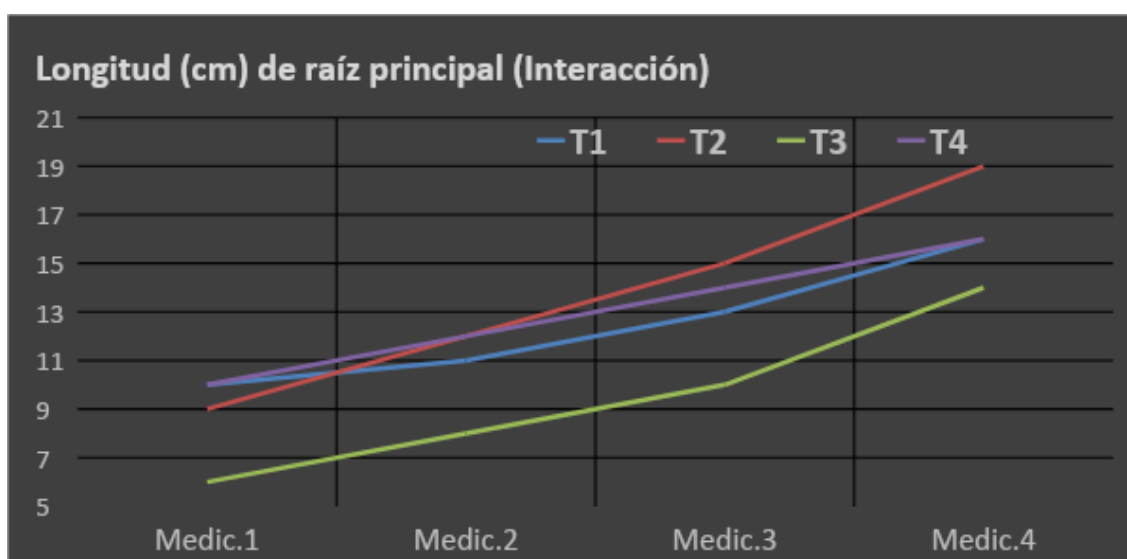


Gráfico 7 Longitudes promedio de raíces por tratamiento y por períodos combinados (Interacción).

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

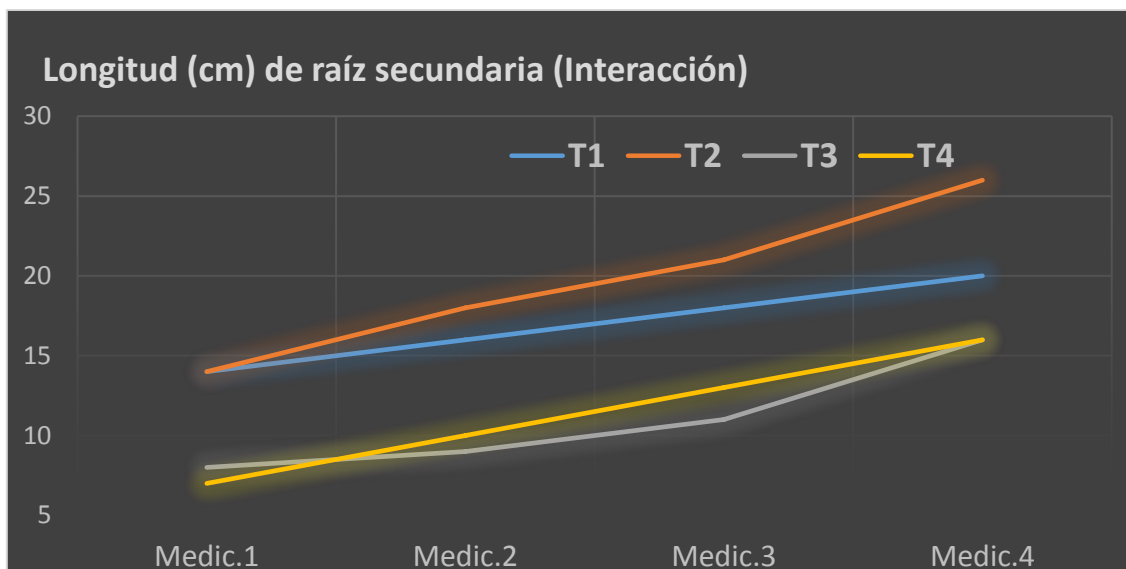


Gráfico 8 Longitudes promedio de raíces por tratamiento y por períodos combinados (Interacción).

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

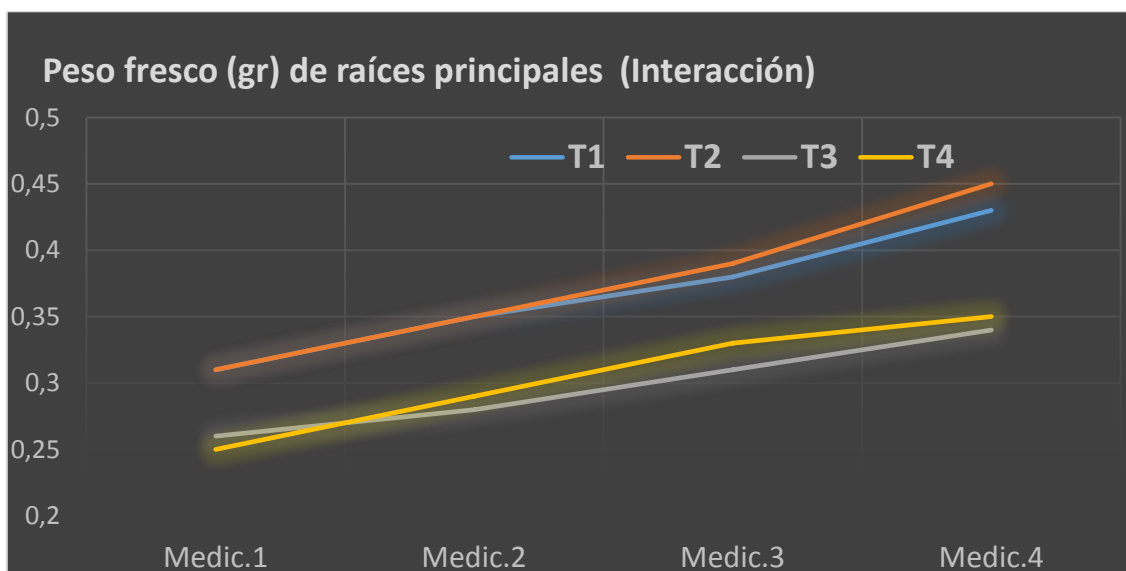


Gráfico 9 Pesos promedio de raíces principales por tratamiento y por períodos combinados (Interacción).

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

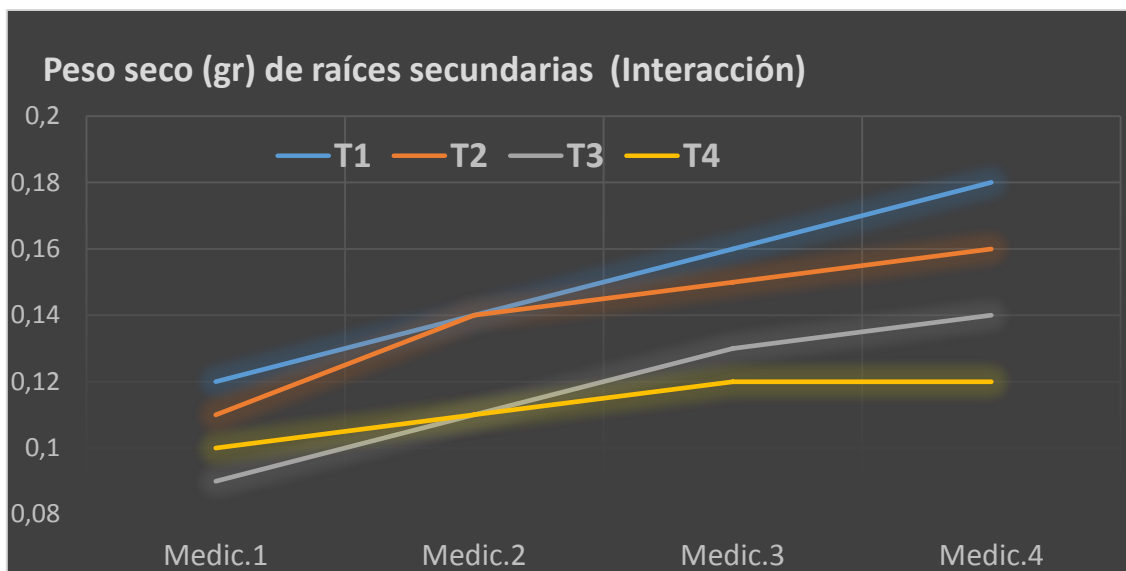


Gráfico 10 Pesos promedio de raíces secundarias por tratamiento y por períodos combinados (Interacción).

Fuente: Rodríguez y Angulo (2023).

Conclusiones

- La mayor longitud de raíz principal de plántulas de Estropajo (*Luffa aegyptiaca*) se obtuvo con los tratamientos T1, T2 y T4, mientras que en raíces secundarias fueron los tratamientos T1 y T2 (Tierra negra y tierra negra + hojarasca)
- El peso fresco y seco de raíces, independientemente del período, resultó superior con los tratamientos T1 y T2 favoreciendo desde el punto de vista económico al T1.
- Las interacciones indicaron que a largo plazo, el tratamiento con la hojarasca logró superar al tratamiento con solo tierra negra en el efecto sobre el crecimiento y peso de raíces, lo que significa se pueden proyectar mejores crecimientos en períodos mayores, probablemente debido al aporte nutricional de la hojarasca en el sustrato T2.

Recomendaciones

- Se recomienda repetir el ensayo para confirmar los resultados.
- Evaluar períodos más largos de tiempo para confirmar el efecto a largo plazo del T2.
- Es importante evaluar si el aporte nutricional de la hojarasca favorece el crecimiento de las plantas de estropajo (*Luffa aegyptiaca*).

Bibliografía

- Abad, M. (2000). Sustratos. Características y propiedades. pp. 47-62. In: Cultivos sin suelo. F. Cánovas y J.R. Díaz. (ed.). Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA.
- Abad, M. (2004) Method for measuring the waterrelease curve of organic substrates. *Acta Hort.* 37: 2054-2062.
- Burés, L. (1997).Sustratos. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid, España.
- Cantú, S.I., y González, R.H., 2001. "Interception loss, throughfall and stem flow chemistry in pine and oak forests in northeastern Mexico". *Tree Physiology*, **21**: 1009-1013.
- Giménez M., C. G. (2016). Evaluar el efecto de tres sustratos sobre el crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla*) en vivero. Guanare-Venezuela: Trabajo de Grado.
- Guzmán. (1997) Aspectos técnicos sobre el cultivo de estropajo (*Luffa cilíndrica*) ministerio de Agricultura y Ganadería. Sistema Unificado de Información Institucional. San José, Costa Rica (Consulta Marzo 2022).
- Garzón Marín, G., Montenegro Rivero, E. P., & López Botía, F. (2005). *Uso de aserrín y acículas como sustrato de germinación y crecimiento de quercus humboldtii (roble)*. Bogotá, Colombia: Colombia Forestal, vol. 9, núm. pp. 98-108 Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Isaac, S.R. y Nair, M.A., 2006. "Litter dynamics of six multipurpose trees in a homegarden in Southern Kerala, India". *Journal of Agroforestry System*, **67**: 203-213.
- Linares, M. (24 de diciembre de 2019). *portalfruticola*. Recuperado el 16 de abril de 2023, de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/12/24/que-es-la-tierra-negra-y-cuales-son-sus-usos/>
- SÁNCHEZ-CAICEDO, D. F. (2008). *MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DEL ESTROPAJO DESDE SU SIEMBRA HASTA SU LAMINACIÓN*. SANTIAGO DE CALI-COLOMBIA: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

Varela-Villegas, R.(1989).Estudio del estropajo. Santiago de Cali. Universidad Icesi. 130 p.

Zotarelli, L., Morgan, K., & Dukes, M. (2019). *INTERPRETACIÓN DEL CONTENIDO DE LA HUMEDAD DEL SUELO PARA DETERMINAR CAPACIDAD DE CAMPO Y EVITAR RIEGO EXCESIVO EN SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO SENSORES DE HUMEDAD*. Gainesville, Florida: Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de Florida.