



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Efecto de aplicación de materia orgánica enriquecida con minerales en la producción de plántulas de sandía en el municipio de Palacagüina -2025

Rivas, A; Matus, C; Acuña, F.

Tutor(a)

Ph.D. Oscar Bustamante Morales

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Centro Universitario Regional de Estelí
CUR-Estelí

Recinto Universitario “Leonel Rugama Rugama”
Departamento de Ciencias Tecnológicas y Salud

**Efecto de aplicación de materia orgánica enriquecida con
minerales en la producción de plántulas de sandía en el
municipio de Palacagüina -2025**

Trabajo de investigación para optar al grado de
Ingenieros Agrónomos

Autores

Anielka Damaris Rivas García
Félix Pedro Acuña González
Cindy Carolina laguna Matus

Tutor

Ph.D. Oscar Bustamante Morales

Noviembre del 2025



Dedicatoria

Dedicamos este trabajo primeramente a Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por acompañarnos en cada paso de este proceso. Su guía nos dio claridad en los momentos difíciles y su gracia me permitió avanzar con esperanza y determinación. A Él encomendamos cada logro alcanzado y cada meta cumplida.

A nuestros padres, con profundo amor y respeto, por su esfuerzo constante, sus sacrificios silenciosos y su apoyo incondicional. Gracias por creer en nosotros, por motivarnos a continuar cuando el cansancio aparecía y por enseñarnos con su ejemplo el valor del trabajo, la responsabilidad y la perseverancia. Este logro también es de ustedes.

A nuestros maestros, quienes con dedicación, paciencia y compromiso acompañaron nuestra formación. Sus enseñanzas no solo fortalecieron los conocimientos, sino también los valores y la visión profesional. A cada uno que aportó una palabra, un consejo o una orientación, le debemos parte de este camino recorrido.

A todos ustedes, nuestro más sincero agradecimiento y reconocimiento por ser pilares fundamentales en la culminación de esta tesis.

Agradecimiento

Agradecemos profundamente a Dios, por ser nuestra fortaleza en cada etapa de este proceso académico. Su guía, su protección y su presencia constante me brindaron la sabiduría y la serenidad necesarias para continuar, incluso en los momentos de cansancio y dificultad. Cada avance y cada logro son reflejo de Su fidelidad en mi vida.

Por otro lado, extendemos nuestro más sincero agradecimiento a nuestros padres, quienes han sido nuestro mayor apoyo desde el inicio de nuestra formación. Gracias por sus sacrificios, por su amor incondicional y por creer firmemente en las capacidades. Sus palabras de ánimo, su comprensión y su ejemplo de esfuerzo y dedicación han sido fundamentales para llegar hasta esta meta. Este trabajo también es fruto del compromiso y la entrega que han tenido con nosotros.

A nuestros excelentísimos maestros, nuestra mayor gratitud por su paciencia, su compromiso y su dedicación durante todo este proceso educativo. Cada uno, desde su área de conocimiento y experiencia, aportó de manera valiosa al crecimiento académico y personal. Sus enseñanzas, consejos, y orientaciones enriquecieron este trabajo y nos motivaron a esforzarnos por alcanzar la excelencia. Agradecemos especialmente a quienes nos brindaron acompañamiento cercano, despejaron dudas e impulsaron a continuar investigando y aprendiendo.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de una manera u otra, contribuyeron al desarrollo y culminación de esta tesis. A quienes facilitaron información, recursos, espacios o tiempo para la realización de este trabajo, les expresamos nuestro reconocimiento y gratitud.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro y por estar en este importante capítulo de nuestra vida académica.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, ESTELÍ
“2025: Eficiencia y Calidad para seguir en victorias”
Departamento de Ciencias de la Educación y Humanidades

CARTA AVAL DEL TUTOR

Estelí, jueves de 12 del 2025

Por medio de la presente, en calidad de tutor(a) del trabajo de modalidad de graduación titulado: **Efecto de aplicación de materia orgánica enriquecida con minerales en la producción de plántulas de sandía en el municipio de Palacagüina -2025**, elaborado por los estudiantes:

Anielka Damaris Rivas García	21505770
Félix pedro Acuña González	21503371
Cindy Carolina Laguna Matus	21513029

Estudiante(s) de la carrera de **Ingeniería Agronómica**, hago constar que he brindado acompañamiento académico y metodológico durante el desarrollo de dicho trabajo, cumpliendo con lo establecido en el cronograma y en la normativa institucional vigente. Asimismo, avalo que el trabajo cumple con los requisitos formales, científicos y éticos exigidos por la Universidad, en cumplimiento de la modalidad de graduación correspondiente.

Atentamente,

Ph.D. Oscar Bustamante Morales

Orcid: 0000-0003-3745-5749

UNAN-Managua/CUR-Estelí

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!

Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENATREL, Tel 27137734, Ext 7424
dceh.curesteli@unan.edu.ni

Resumen

El presente trabajo de tesis evaluó la producción de plántulas de sandía (*C. Lanatus*) variedad Watermelon F1 para procesos de resiembra, mediante la aplicación de cuatro tratamientos de sustratos en el municipio de Palacagüina, propiedad del productor Félix Acuña, durante el año 2025. La investigación reviste importancia al proponer mejoras en el proceso de germinación de las semillas y alternativas que permitan obtener plántulas de alta calidad, favoreciendo una resiembra exitosa, el incremento de la productividad y la mejora de la rentabilidad en los sistemas agrícolas locales. El objetivo principal fue analizar el efecto de distintas mezclas de sustratos orgánicos enriquecidos con minerales sobre la calidad de las plántulas. Para ello, se evaluaron tres tratamientos experimentales y un testigo, midiendo variables fenológicas y morfológicas clave para identificar el sustrato con mejor desempeño. Los tratamientos consistieron en: T1 (40 % cascarilla de arroz + 30 % cascarilla de café + 30 % tierra negra), T2 (20 % cascarilla de arroz carbonizada + 30 % cascarilla de café + 50 % suelo), T3 (30 % cascarilla de arroz + 25 % cascarilla de café + 45 % tierra negra) y T4 como testigo (100 % tierra negra). Todas las mezclas se elaboraron con insumos accesibles para los productores, lo que mejora su viabilidad técnica y económica. Los resultados indican que T1 y T3 presentaron el mejor rendimiento. T1 Destacando en la germinación con un porcentaje (9.5), mientras que T3 mostró superioridad en crecimiento, registrando la mayor altura (10.38 cm), grosor de tallo (2.46 mm) y longitud radicular (7.17 cm), además de propiedades físico-químicas óptimas del sustrato. Se recomienda el uso de T3 como alternativa eficiente para la producción de plántulas y ampliar la investigación a áreas de producción más extensas para validar su desempeño comercial.

Palabras claves: Sandía; sustratos; plántulas; germinación; crecimiento vegetativo; producción agrícola.

Abstract

This thesis evaluated the production of watermelon (*Citrullus lanatus*) seedlings of the Watermelon F1 variety for transplanting, using four substrate treatments in the municipality of Palacaguina, on the property of producer Félix Acuña, during 2025. The study is relevant as it proposes alternatives for obtaining high-quality seedlings, promoting successful field establishment, increased productivity, and improved profitability in local agricultural systems. The main objective was to analyze the effect of different organic substrates enriched with minerals on seedling quality. Three experimental treatments and one control were evaluated by measuring key phenological and morphological variables. The treatments included: T1 (40% rice husk + 30% coffee husk + 30% black soil), T2 (20% carbonized rice husk + 30% coffee husk + 50% soil), T3 (30% rice husk + 25% coffee husk + 45% black soil), and T4 as the control (100% black soil). All mixtures were prepared using accessible inputs, reinforcing their technical and economic feasibility. Results showed that T1 and T3 achieved the best performance. T1 presented the highest germination rate (95%), while T3 demonstrated superior growth, achieving the greatest height (10.38 cm), stem diameter (2.46 mm), and root length (7.17 cm), along with optimal physicochemical properties of the substrate. The use of T3 is recommended as an efficient alternative for watermelon seedling production. Further research on larger production areas is suggested to validate its performance under commercial conditions.

Keywords: Watermelon; substrates; seedlings; germination; vegetative growth; agricultural production.

Índice

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	2
3. Planteamiento del problema	4
4. Justificación.....	5
5. Objetivos de investigación.....	6
5.1 Objetivo General.....	6
5.2 Objetivos específicos.....	6
6. Limitaciones del estudio.....	7
7. Hipótesis.....	8
8. Operalización de variables.....	9
9. Marco Teórico.....	11
9.1 Clasificación de los bioestimulantes	11
9.1.1 Generalidades del cultivo de sandía	11
9.1.3 siembra por trasplante.....	13
9.2 Sustratos para viveros.....	13
9.1.2 Antecedentes.....	14
10. Diseño metodológico.....	15
10.1 Tipo de investigación.....	15
a) Según el nivel de profundidad.....	15
b) Según el área de estudio y modalidad de investigación.....	15
c) Según la manipulación de las variables.....	15
d) Según el alcance temporal.....	16
e) Según el enfoque filosófico (paradigma)	16
10.2 Área de estudio	16
10.3.1. Clima	17
10.4 Población y selección de la muestra.....	17
10.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos	18
10.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	18

10.5.2. Instrumentos de investigación	18
10.5.3. Procedimientos de recolección de datos	19
10.5.4. Descripción de los tratamientos.....	19
10.5.5 Análisis estadístico	20
10.6. Confiabilidad y validez de los instrumentos.....	21
11. Análisis y discusión de resultados	21
11.3. Emisión foliar	25
11.4. Desarrollo radicular en plántulas de sandía	27
11.5. Producción de biomasa y calidad de plántulas	29
12. Conclusiones.....	31
13. Recomendaciones	32
14. Bibliografía.....	33
15. Cronograma de actividades	35
16. Anexos	36

Índice de tablas

Tabla 1 Tratamientos	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2 Tabla de análisis y resultados de peso fresco y peso seco	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3 peso aéreo	¡Error! Marcador no definido.

Índice de figuras

Figura 1 Altura de plántulas de sandía.....	22
Figura2 Diámetro de tallo de plántulas de sandía.....	24
Figura 3 Número de hojas	26
Figura 4 Tamaño de raíz	28

1. Introducción

Tradicionalmente, los productores de hortalizas de sandía en Nicaragua compran sustratos de altos costos para obtener una buena producción y así mismo hacen uso de fertilizantes químicos o de cualquiera otra sustancia que incrementen sus costos de producción, sin embargo, algunos desconocen de estos productos orgánicos que de igual manera pueden tener las mejores condiciones nutricionales para una excelente plantación en los distintos suelos.

El presente trabajo de investigación está enfocado desde una perspectiva económica, el cultivo de sandía se siembra de manera directa pero por lo general existe un 10 % de semillas que no nacen, esto quiere decir que por manzana a una densidad de siembra de 2 metros entre surco y 45 cm entre planta y planta, da una población de 7,781 plantas y un 10 % de no germinación de 778 plantas, es por ello que como alternativa para suplir esta deficiencia se es necesario tener plántulas de la misma edad que las del terreno definitivo para realizar trasplante y tener una población uniforme en el área del terreno cultivado.

Desde el punto de vista de la producción de plántulas, se requiere producirlas con menos incidencia de químicos para así tener plantas más sanas y vigorosas mediante la utilización de un sustrato orgánico que proporcione las condiciones adecuadas para producir plántulas de muy buena calidad, y así mismo lograr obtener productos más inocuos y de muy buena calidad para el consumidor.

Por lo tanto, es necesario incrementar la información adecuada sobre el uso de cascarilla de arroz y café carbonizada complemento como roca fosfórica y calcio, son alternativas para brindarle a las plántulas las condiciones adecuadas, para maximizar la producción y utilizar nuevas tecnologías que mejoren el cultivo de una manera viable y confiable.

Por ende, se pretende responder a las interrogantes, ¿Lograra el sustrato brindar las condiciones adecuadas para que las plántulas obtengan mayor porcentaje de germinación y las características agronómicas (desarrollo radicular, altura, grosor del tallo y el área foliar) para ser consideradas de buena calidad?

2. Antecedentes

Internacionales

Reyna (2022) evaluó el efecto de diferentes sustratos orgánicos en el crecimiento de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.), utilizando como tratamientos cuatro tipos de abonos: compost vegetal (T1), compost a base de cáscara de cacao (T2), cascarilla de arroz pre quemada y ceniza (T3), y bocashi (T4). Su estudio incluyó un análisis físico y químico de cada sustrato, evidenciando diferencias importantes entre ellos. Además, evaluó variables como altura de planta, diámetro de tallo, longitud de raíz y número de hojas, encontrando diferencias estadísticas significativas. La autora destaca que el establecimiento de plántulas de calidad es un componente determinante para el rendimiento de los cultivos hortícolas, particularmente en cucurbitáceas como *C. Lanatus*.

Por su parte, López Jiménez (2023) estudió el uso de humus de lombriz y bocashi combinados con tierra negra para la producción de plántulas de cacao. Sus resultados demostraron que los sustratos elaborados con humus y bocashi mejoraron notablemente las variables altura de planta, área foliar y número de hojas. Asimismo, se observó que una mayor proporción de bocashi incrementó el número de hojas en las plántulas evaluadas, lo que evidencia su aporte al desarrollo vegetativo.

El empleo de sustratos orgánicos enriquecidos con minerales ha mostrado efectos positivos en el desarrollo inicial de las plántulas, ya que mejoran la disponibilidad de nutrientes, la aireación y la capacidad de retención de agua del suelo (Arancon & Edwards, 2011).

Nacionales

Un sustrato es un material sólido, de origen orgánico, mineral, o residual, que sirve de anclaje a la planta. Puede utilizarse de forma pura, es decir, utilizando sólo un tipo de sustrato, o bien mezclar varios, el cual ayudara a la planta a crecer vigorosa y sin ningún tipo de problema. (Arauz Meza , Luquez Dias, 2020).

La función de los sustratos es sustituir al suelo, permitiendo el anclaje adecuado crecimiento del sistema radicular de la planta. El suelo es el factor de producción esencial en la agricultura, actúa como soporte físico de los cultivos y les proporciona los nutrientes, aire y el agua que precisan. De ello se desprende las características físicas, químicas y biológicas

que deben de poseer los sustratos para favorecer el crecimiento, desarrollo y producción de cultivos. (Arauz Meza , Luquez Dias, 2020)

La cascarilla de arroz mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la aeración, la absorción, de humedad y el filtrado de nutrientes. También beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas. (Berrios, 2006)

Locales

En la Comunidad Arenalozo, ubicada en el municipio de Rosita, Costa Caribe Norte, se realizó encuentro con productores para compartir resultados del efecto de 2 Sustratos en el Desarrollo de Plántulas en Viveros de Cebollas. Durante el encuentro dieron a conocer los efectos de dos tipos de sustratos orgánico, uno de los sustratos es a base de abono de estiércol de vaca, semolina de arroz y cenizas, y un segundo sustrato elaborado con tierra negra, estiércol seco de bovino y cenizas. (INTA, 2024)

El uso de estos sustratos permitió la producción de plantas con mejor calidad, mayor vigorosidad para el trasplante, optimizar costos de producción y mejor rendimiento en el cultivo. Así mismo los productores, conocieron sobre el manejo que se debe realizar al semillero, cuanta humedad, temperatura y condiciones de luz necesitan las plántulas para que se desarrollen en un ambiente más seguro y favorable. (INTA, 2024)

3. Planteamiento del problema

La producción de plántulas de sandía en Nicaragua enfrenta múltiples desafíos relacionados con el acceso a insumos de calidad, el costo de los sustratos comerciales y la ausencia de criterios técnicos locales para la formulación de mezclas. En el municipio de Palacagüina, los productores recurren con frecuencia a suelos de baja fertilidad, residuos orgánicos sin tratamiento o insumos químicos de alto costo, lo que deriva en baja tasa de germinación, plántulas poco vigorosas y alta mortalidad durante el trasplante.

Estudios previos demuestran que la composición del sustrato incide directamente en la emergencia y vigor de plántulas, pero persiste una brecha en la aplicación práctica de estas recomendaciones en contextos rurales y con materiales locales.

Actualmente, debido a aspectos relacionados con la conservación del medio ambiente la concepción del uso de los sustratos cambió, por lo que hay otros factores a considerar al seleccionar un material como sustrato tal como: agua, suelo y reciclaje de materiales de desecho. (Montoya, 2012)

En general, el cultivo sin suelo, en el que se incluye el uso de los sustratos, se considera como una técnica agronómica amigable con el medio ambiente y con el ser humano, dado que mediante estos sistemas de producción, además de obtener rendimientos altos y productos de calidad, se logra un producto sano. (Bermudez, 2012)

En este escenario, surge la necesidad de formular y evaluar mezclas orgánico-minerales basadas en cascarilla de arroz y café carbonizados, con la adición de enmiendas como roca fosfórica, carbonato de calcio. El problema central que orienta esta investigación es: ¿Qué mezcla de sustrato garantiza las mejores condiciones para la germinación y el desarrollo inicial de plántulas de sandía en Palacagüina?

4. Justificación

Según Fajardo (2021) la producción eficiente y saludable de plántulas de sandía depende en gran medida de la calidad del sustrato utilizado durante la etapa de germinación y crecimiento inicial. Un sustrato adecuado debe ofrecer las condiciones físicas, químicas y biológicas óptimas para el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes.

El uso de sustratos orgánicos enriquecidos con minerales representa una alternativa sostenible frente a la dependencia de fertilizantes sintéticos y mezclas comerciales costosas. La incorporación de cascarilla carbonizada mejora la aireación y la retención de humedad, mientras que el uso de la roca fosfórica y el carbonato de calcio permiten ajustar la disponibilidad de fósforo y la acidez del medio, aspectos clave para un crecimiento inicial vigoroso.

A nivel académico y científico, esta investigación busca generar evidencia local que contribuya al manejo racional de recursos y a la formación de futuros profesionales de la agronomía. A nivel productivo, los resultados aportarán a los viveros comunitarios y a pequeños productores criterios prácticos para mejorar la eficiencia en la producción de plántulas.

Finalmente, en el plano social y ambiental, promover el uso de materiales locales y bioinsumos esto ayuda a la reducción de costos de producción, al fortalecimiento de sistemas agroecológicos y a la mitigación de impactos negativos derivados del uso excesivo de agroquímicos.

5. Objetivos de investigación

5.1 Objetivo General

Evaluar diferentes mezclas de sustratos orgánicos enriquecidos con minerales y su efecto en la germinación y calidad plántulas de sandía (*C. Lanatus*) en el municipio de Palacagüina — 2025.

5.2 Objetivos específicos

Analizar el efecto sobre los porcentajes de germinación de semillas de sandía (*C. Lanatus*) de sustratos de elaboración casera a base de cascarilla de arroz y cascarilla de café carbonizadas.

Determinar la calidad de plántulas de sandía (*C. Lanatus*) a través de variables de desempeño de plántulas: porcentaje de germinación, altura, diámetro del tallo y desarrollo radicular.

6. Limitaciones del estudio

El presente estudio tiene algunas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. Las condiciones climáticas dentro del invernadero, aunque están parcialmente controladas, pueden variar en temperatura, humedad y luz, lo que puede afectar el desarrollo de las plantas y los resultados obtenidos. Además, el tiempo de evaluación se limitó a la etapa de vivero, por lo que los resultados no reflejan necesariamente el comportamiento de las plantas en etapas posteriores como la floración, fructificación o producción en campo.

7. Hipótesis

Hipótesis nula (H_0):

La cascarilla de arroz y el café carbonizado no influyen significativamente en el porcentaje de germinación de las semillas de sandía.

Hipótesis alternativa (H_1):

La cascarilla de arroz y el café aumentan significativamente el porcentaje de germinación de las semillas de sandía.

8. Operalización de variables

Objetivos específicos	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Instrumentos
<p>Evaluar el efecto sobre los porcentajes de germinación de semilla de sandía (C. <i>Lanatus</i>) de sustrato elaborado casera a base de cascarilla de arroz y cascarilla de café carbonizadas,</p>	<p>Capacidad de retención de agua. Porosidad del sustrato. Cantidad de germinación por cada tratamiento.</p>	<p>Analizar el efecto del sustrato elaborado de manera casera a base de cascarilla de arroz y cascarilla de café carbonizada sobre los porcentajes de germinación de semilla de sandía (C. <i>Lanatus</i>), evaluando como las propiedades físicas del sustrato, como la capacidad de retención de agua y la porosidad, influye en el proceso de germinación.</p>	<p>Se tomarán datos desde el día 1 al día 4 con utilizando cuaderno para anotar cada número de germinación de cada tratamiento</p>	<p>Observación directa Hoja de campo O libreta</p>
<p>Determinar la calidad de plántulas de sandía (C. <i>Lanatus</i>) a través de variables de desempeño de plántulas: porcentaje de germinación,</p>	<p>Desarrollo vegetativo</p>	<p>El desarrollo fenológico se refiere a las fases de crecimientos observables y medibles de las plántulas.</p>	<p>Se medirá cada 4 días después de la germinación el crecimiento fenológico mediante observación directa y uso</p>	<p>Pie de rey Regla Hoja de registro</p>

altura, diámetro del tallo y desarrollo radicular.			de instrumentos.	Observación directa
--	--	--	------------------	---------------------

9. Marco Teórico

9.1 Clasificación de los bioestimulante

9.1.1 Generalidades del cultivo de sandia

La sandía (*C. Lanatus*) es una cucurbitácea de amplia difusión global. En Nicaragua se cultiva en épocas seca y lluviosa, con preferencia por materiales como la variedad watermelon f1 apreciada por la calidad del fruto.

La variedad que utilizamos la cual es "Watermelon F1" es un híbrido de alta calidad conocido por su buen rendimiento, resistencia a enfermedades y adaptabilidad. Sus frutos son de tamaño mediano a grande, con cáscara verde rayada, pulpa roja, dulce y crujiente, con un contenido de azúcar elevado. Es una variedad popular por su larga vida útil y excelente calidad de transporte, gracias a su corteza dura.

9.1.2 Descripción botánica

La sandía es una planta anual herbácea de porte rastrero o trepador. 4.2.2. Raíz Las raíces de la sandía son muy ramificadas y se desarrollan de acuerdo al suelo y factores ambientales, posee una raíz pivotante que puede profundizar hasta 0.8 metros. Las raíces laterales pueden alcanzar hasta 2 metros de longitud llegando a formar un diámetro radicular de aproximadamente 4 metros. La mayor distribución de las raíces se encuentra entre los 20 y 40 centímetros de profundidad. 4.2.3.

El tallo es herbáceo de color verde, piloso y rastrero gracias a la presencia de zarcillos. El tallo inicialmente es erecto y posee alrededor de 35 hojas verdaderas, alcanzando una longitud de 5 metros de largo, posee 5 aristas y está cubierto de vellos blanquecinos. Del tallo principal se forman ramas primarias y sobre éstas las secundarias.

Las hojas son pecioladas, pinnado-partida, dividida en 3-5 lóbulos que a su vez se dividen en segmentos redondeados pudiendo ser ligera o profundamente lobuladas dentadas, pilosas, de color verde pardo, cubierta de una capa de células incoloras que le dan resistencia a la sequía, las 6 protege de las quemaduras del sol. El haz es suave al tacto, el envés muy áspero

y con nervaduras muy pronunciadas. El nervio principal se ramifica en nervios secundarios que se subdividen para dirigirse a los últimos segmentos de la hoja.

Las flores son de color amarillo, solitarias, pediculares y axilares, por su color, aroma y néctar atrae a los insectos que colaboran con la polinización que es de tipo cruzada (entomófila). La corola, de simetría regular, está formada por 5 pétalos unidos en su base. El cáliz está constituido por sépalos libres de color verde. Existen dos tipos de flores (masculinas y femeninas) en una misma planta conocidas como monoica, la mayoría de las flores aparecen en las ramificaciones secundarias, apareciendo primero las masculinas.

Las flores hermafroditas y femeninas por lo general aparecen en la parte terminal de las ramificaciones y en las axilas de la novena hoja hasta la 17-20 hojas separadas cada 2-3 hojas. Las flores femeninas poseen estambres rudimentarios y un ovario ínfero veloso y ovoide que se asemeja en su primer estadio a una sandía del tamaño de un hueso de aceituna (fruto incipiente), por lo que, resulta fácil diferenciar entre flores masculinas y femeninas. 4.2.6.

Los frutos Son bayas variables en sus características de forma, tamaño y manchas de la cáscara: desde esféricas a oblongas o elipsoidales, desde 1 hasta 50 y 20 Kg, de peso y con cáscara de color desde verdes de diferentes tonalidades a negras con franjas de diferentes tonalidades de verde.

La pulpa suele ser roja, rosado, amarillo y anaranjado muy dulce, crujiente y con gran cantidad de agua. 4.2.7. La semilla Casi siempre de forma elipsoidal, siendo más delgadas de la parte del hilo, con superficie lisa, áspera y color variado (café oscuro o claro), negro, blanco. La madurez de las semillas se logra a los 15 días después de la maduración de la pulpa; si se colectan antes o después disminuye el porcentaje de germinación.

Exigencia del cultivo La sandía (*C. Lanatus*) se cultiva en clima templado-cálido. No obstante, para obtener buenos rendimientos y frutos de calidad, estas plantas deben de cultivarse en regiones de clima cálido suelo ligero y arenoso, rico en materia orgánica. Este cultivo requiere de luminosidad, calor y buena humedad.

9.1.3 siembra por trasplante

Según (Sánchez, 2014)El manejo en vivero (invernadero o semillero) reduce pérdidas por estrés pos trasplante, optimiza el uso de semilla y disminuye la exposición a plagas y enfermedades. La elección de un sustrato sano, aireado y con adecuada retención de agua es crucial.

El trasplante se debe de hacer cuando la planta tenga de tres a cuatro hojas verdaderas esto ocurre aproximadamente a los 18- 21 días después de la siembra. El cultivo en semilleros se realiza en bandejas de plástico o de polietileno y como sustrato se puede emplear la turba, la vermiculita, la tierra con estiércol. Es conveniente realizar semilleros bajo cubierta para mantener la temperatura entre 18 y 30° C que es la óptima para la germinación de la planta.

Para el trasplante, se eligen las mejores plántulas, las más vigorosas y más resistentes a insectos y enfermedades en el semillero. La siembra se realizar al finalizar la tarde, se debe tomar en cuenta: la distancia de surco y la distancia entre planta de acuerdo a la variedad a sembrar.

9.2 Sustratos para viveros

Se define sustrato como el medio distinto al suelo agrícola utilizado para el enraizamiento y crecimiento inicial. Debe poseer propiedades físicas (baja densidad aparente, porosidad total adecuada, retención hídrica) y químicas (pH y conductividad eléctrica en rangos óptimos, disponibilidad de nutrientes) compatibles con el cultivo.

9.2.1 Materiales frecuentes en Nicaragua

Entre los materiales usados se encuentran cascarilla de arroz y de café (frecuentemente carbonizadas), fibra de coco, estiércoles, lombrihumus, arena, compostas y mezclas diversas. La cascarilla de arroz carbonizada mejora la estructura, incrementa la porosidad y puede aportar K y P; la cascarilla de café aporta materia orgánica y K. El carbonato de calcio corrige acidez; la roca fosfórica es fuente de P de liberación lenta; Trichoderma actúa como biocontrolador y bioestimulante radicular.

9.1.2 Antecedentes

Diversos trabajos señalan el potencial de abonos y mezclas orgánicas en sandía para mejorar el desempeño en vivero y reducir costos, así como el rol de un manejo adecuado de fertilización en la calidad de plántulas.

10. Diseño metodológico

10.1 Tipo de investigación

El presente estudio se clasifica como una **investigación científica de enfoque cuantitativo**, orientada a la evaluación experimental de mezclas de sustratos para la producción de plántulas de sandía (*C. Lanatus*). Su definición se estructura conforme a los criterios metodológicos establecidos:

a) Según el nivel de profundidad

La investigación es descriptiva y explicativa.

Es descriptiva porque caracteriza el comportamiento de las plántulas bajo diferentes sustratos mediante la medición de variables morfológicas (altura, diámetro de tallo, desarrollo radicular y germinación). Es explicativa porque busca determinar la relación causa–efecto entre la composición del sustrato y la calidad de las plántulas, permitiendo identificar qué mezcla produce mejores resultados.

b) Según el área de estudio y modalidad de investigación

Corresponde a una investigación científica aplicada dentro del área de las **ciencias agronómicas**, específicamente en la subárea de producción vegetal. Su modalidad es experimental agrícola, orientada a generar conocimiento útil para mejorar prácticas productivas de vivero en cultivos hortícolas.

c) Según la manipulación de las variables

El estudio es de tipo **experimental**, ya que el equipo investigador manipula deliberadamente la variable independiente (tipo de sustrato: T1, T2, T3 y testigo) para observar su efecto sobre las variables dependientes (germinación y calidad morfológica de las plántulas). Se mantiene control sobre las condiciones de manejo y se distribuyen tratamientos de manera aleatoria mediante un Diseño de Bloques Completos al Azar.

d) Según el alcance temporal

La investigación es longitudinal de corto plazo, porque se da seguimiento a las mismas plántulas durante un periodo aproximado de 21–28 días, registrando su comportamiento en etapas sucesivas desde la germinación hasta la fase de plántula apta para trasplante.

e) Según el enfoque filosófico (paradigma)

El estudio se enmarca en el paradigma positivista, el cual sostiene que la realidad es medible, cuantificable y puede ser explicada mediante relaciones causales. Bajo este paradigma se aplican procedimientos sistemáticos de observación, control experimental, medición objetiva y análisis estadístico para validar o rechazar la hipótesis planteada.



10.2 Área de estudio

El presente estudio se enmarca en el conocimiento de ciencias agronómicas, dado que aborda la producción vegetal enfocada en la mejora de calidad y rendimiento de cultivos hortícolas. La subarea de la producción vegetal se selecciona porque la investigación se centra en la producción de plántulas de sandía evaluando técnicas que optimicen en su desarrollo inicial.

La línea de investigación sobre tecnologías disponibles en cultivos hortícolas se considera relevante, ya que se busca implementar prácticas que reduzcan la dependencia de insumos químicos costosos y favorezcan el uso de materiales locales y orgánicos.

Finalmente, la sub línea de investigación sobre el uso de sustratos orgánicos-minerales permite estudiar como la composición del sustrato impacta en la germinación, crecimiento, y vigor de plántulas contribuyendo a la producción sostenible y eficiente de sandía en el municipio de Palacaguina

La muestra seleccionada para la medición de variables morfológicas (altura, diámetro del tallo y desarrollo radicular) estuvo compuesta por 15 plántulas por repetición, elegidas mediante muestreo aleatorio simple dentro de cada unidad experimental. Esto dio como resultado un total de 180 plántulas muestreadas (15 plántulas \times 12 repeticiones).

10.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos

10.5.1. Técnicas de recolección de datos

La investigación empleó técnicas de naturaleza cuantitativa orientadas a la medición directa de variables morfológicas y fisiológicas de las plántulas. Se aplicaron técnicas de observación estructurada y registro sistemático en campo, lo cual permitió obtener datos objetivos sobre el comportamiento de los tratamientos. Estas técnicas se complementaron con análisis físicos y químicos de los sustratos, siguiendo parámetros establecidos para la evaluación de densidad aparente, densidad real, porosidad y pH, tal como recomiendan los protocolos de evaluación de sustratos hortícolas (Arancon & Edwards, 2011).

10.5.2. Instrumentos de investigación

Los instrumentos utilizados estuvieron directamente vinculados a las características de las variables evaluadas. Para la medición de altura de plántulas se empleó una regla milimetrada, mientras que el diámetro del tallo fue determinado mediante un pie de rey digital, instrumento que permite precisión en mediciones de estructuras pequeñas. El desarrollo radicular se evaluó mediante el uso de regla y procedimientos de extracción controlada de raíces. Para el registro de germinación y conteos se utilizó una hoja de campo diseñada específicamente para esta investigación, donde se consignaron las observaciones por tratamiento y repetición. En el análisis de sustratos se utilizaron equipos de laboratorio como pH-metro digital y materiales de medición volumétrica para determinar densidad y porosidad. Estos instrumentos aseguraron la validez y confiabilidad al ser adecuados para las variables estudiadas (Hernández-Sampieri et al., 2014).

10.5.3. Procedimientos de recolección de datos

El procedimiento se desarrolló en varias fases organizadas de acuerdo con el diseño experimental. Primero, se prepararon y caracterizaron los sustratos, midiendo pH, densidad aparente, densidad real y porosidad total antes del establecimiento del experimento. Posteriormente, se realizó la siembra en bandejas de 128 celdas, dejando 96 celdas centrales como unidades efectivas para reducir el efecto de borde. La germinación fue registrada cada cuatro días hasta estabilizarse. Las mediciones de altura del tallo, diámetro del tallo y número de hojas se realizaron de forma periódica siguiendo un cronograma previamente definido, garantizando uniformidad temporal. El desarrollo radicular y biomasa fresca y seca se determinaron al finalizar el ensayo, siguiendo el método de secado en horno entre 100 °C y 105 °C. Finalmente, los datos fueron organizados en hojas de cálculo y sometidos a análisis estadístico comparativo entre tratamientos, siguiendo los criterios del diseño de bloques completos al azar (BCA).

En esta figura se muestra el diseño experimental de nuestra tesis las cuales son 3 tratamientos y un testigo en total 12 bandejas. (Anielka Rivas, 2025)



10.5.4. Descripción de los tratamientos

Se elaboraron tres mezclas base (porcentajes en volumen) con los mismos suplementos en dosis de etiqueta (excepto carbonato de calcio, aplicado según pH medido igual la roca fosfórica).

T1: Cascarilla de arroz (40%) + cascarilla de café (30%) + tierra negra (30%), Mejora la aireación y el drenaje del sustrato.

T2: cascarilla de arroz carbonizada 20% +cascarilla de café 30 %+ 50% de suelo

T3: Cascarilla de arroz (30%) + cascarilla de café (25%) + tierra negra (45%).

T4: El tratamiento 4 es el testigo el cual ese es 100 % tierra negra

En la presente tabla, se resumen los tratamientos utilizados:

Tabla 1 Tratamientos establecidos en el experimento

Cultivo de sandia	Mezclas -suelo	Cascarilla de arroz carbonizada	Cascarilla de café carbonizada
T1	40%	30%	30%
T2	50%	20%	30%
T3	30%	25%	45%
T4	100%	0	0

10.5.5 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a un **Análisis de Varianza (ANOVA)** para determinar si existían diferencias significativas entre los cuatro tratamientos en cada variable evaluada (Altuna, 2020). Antes de aplicar el ANOVA, se verificaron los supuestos estadísticos correspondientes:

- **Normalidad de los datos**, comprobada mediante la prueba de Shapiro-Wilk.
- **Homogeneidad de varianzas**, evaluada mediante la prueba de Levene.
- **Independencia de los residuos**, verificada a través de gráficos de dispersión.

En caso de encontrarse diferencias significativas ($p < 0.05$), se aplicó la **prueba de comparación múltiple de Tukey**, lo que permitió identificar qué tratamientos diferían

entre sí. Este análisis se realizó con un nivel de confianza del 95 %, siguiendo los procedimientos estadísticos recomendados en estudios experimentales agronómicos (Montgomery, 2017).

10.6. Confiabilidad y validez de los instrumentos

La confiabilidad y validez son dos conceptos cruciales en la investigación, especialmente al evaluar la calidad de los instrumentos de medición. La confiabilidad se refiere a la consistencia y estabilidad de los resultados obtenidos al aplicar repetidamente un instrumento, mientras que la validez se refiere a cuán bien un instrumento mide lo que pretende medir. En otras palabras, un instrumento confiable produce resultados consistentes, y un instrumento válido mide con precisión lo que se supone que debe medir.

11. Análisis y discusión de resultados

11.1 Tabla 2 porcentaje de germinación

La germinación de cada uno de los tratamientos obtuvo diferentes resultados, como se puede observar que del tratamiento 1 obtuvo una germinación del 95 %, el tratamiento 2 un 94%, el tratamiento 3 un 93%, en cuanto al tratamiento 4 que es el testigo obtuvo un porcentaje del 83%.

Tratamiento	Semillas sembradas	Semilla germinada	Días de germinación
T 1	384	369	Al 3 día
T2	384	364	Al 4 día
T3	384	360	Al 5 día
T4	384	320	Al 5 día

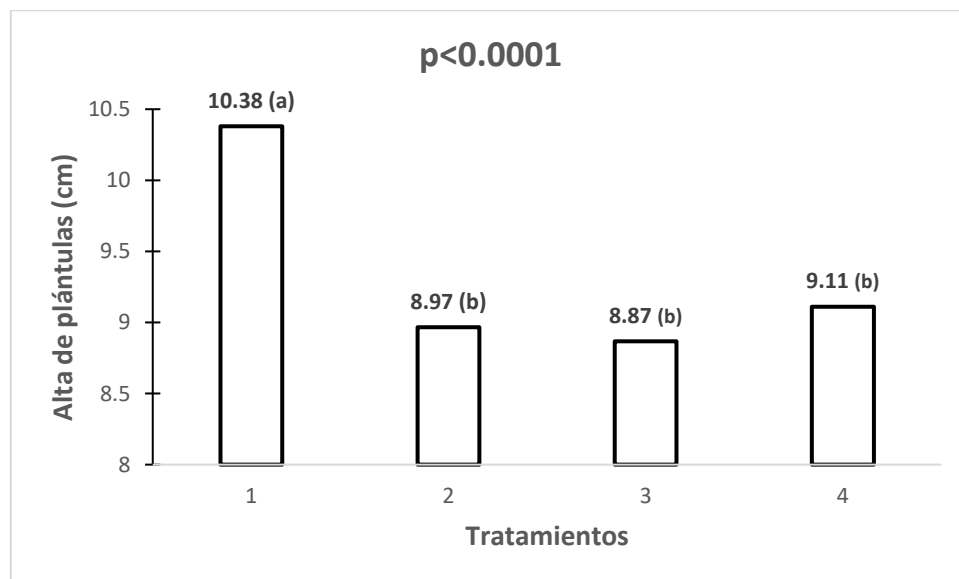
Estudios realizados nos indican que se sembró en bandejas de germinación de una semilla y se registró el número de plantas emergidas de cada variedad, los valores se expresaron en porcentaje, relacionando al número de semillas sembradas con las germinadas. La toma de datos se obtuvo desde la aparición de los cotiledones entre los 10 y 12 días después de la siembra hasta la salida de sus primeras hojas verdaderas con un porcentaje de 96 % en el tratamiento 1. (Caicedo, 11 de agosto del 2023)

11.2 Altura de la plántula de sandía

La altura de las plántulas de sandía presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0.0001$). El tratamiento T1 alcanzó la mayor altura promedio con 10.38 cm, ubicándose en el grupo estadístico a. Los tratamientos T2, T3 y T4 mostraron valores inferiores de 8.97 cm, 8.87 cm y 9.11 cm, respectivamente, agrupados todos en la categoría b. Estos resultados indican que el sustrato utilizado en T1 favoreció un crecimiento vertical superior respecto a los demás tratamientos, sugiriendo mejores condiciones físicas y nutricionales para la elongación del tallo.

Figura 1.

Altura de plántulas de sandía



Los resultados obtenidos evidencian que el tratamiento T1 —mezcla de cascarilla de arroz, cascarilla de café y tierra negra— promovió significativamente la altura de las plántulas, lo

cual puede atribuirse a una mayor aireación del sustrato, mejor retención de humedad y disponibilidad gradual de nutrientes.

Estudios previos concuerdan con este comportamiento. Federico y Gutiérrez-Miceli (2014) reportaron que el uso de vermicompost en plántulas de tomate incrementó la elongación del tallo debido a la mejora en la estructura física del sustrato y su capacidad de retención hídrica. De igual manera, Shaheen et al. (2015) observaron aumentos en la altura de plántulas de sandía cultivadas en mezclas enriquecidas con compost y materiales fibrosos que optimizan la porosidad del medio.

Asimismo, Montiel (2022) señala que las variables de crecimiento en sandía, especialmente la altura, están influenciadas por la calidad física del sustrato y el equilibrio aire-agua disponible para las raíces, lo que coincide con el comportamiento observado en T1. En conjunto, estos estudios respaldan la idea de que la composición del sustrato es determinante en la fase de vivero.

Desde la perspectiva de los autores, los resultados alcanzados por el tratamiento T1 reflejan que esta mezcla proporciona condiciones adecuadas para el crecimiento inicial del cultivo, favoreciendo plántulas vigorosas y homogéneas. La diferencia significativa respecto a los otros tratamientos sugiere que la combinación de materiales orgánicos empleados en T1 puede constituir una alternativa eficiente y de bajo costo para viveros de sandía, especialmente en contextos de producción donde se requiere alta uniformidad y calidad para procesos de resiembra.

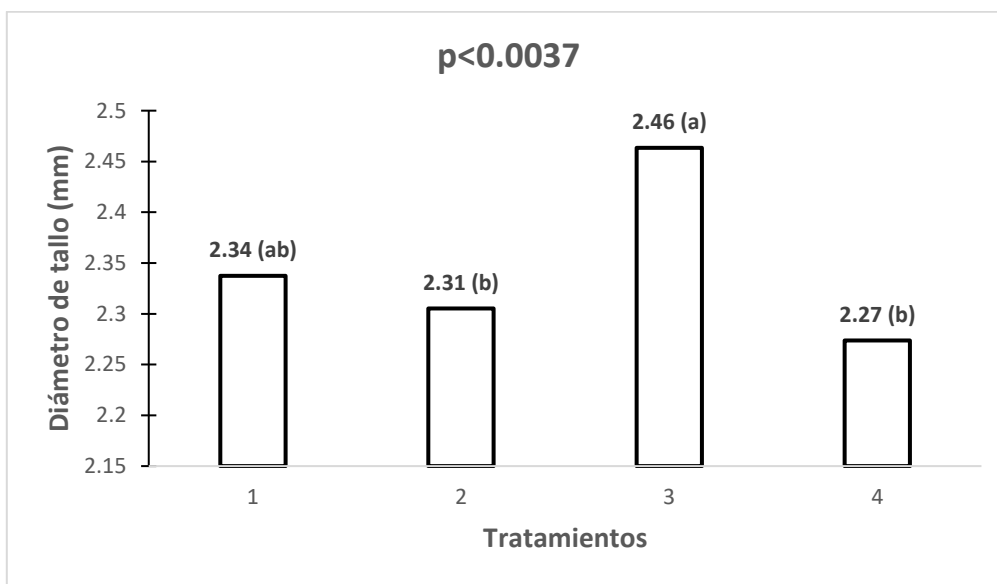
11.3 Diámetro del tallo

El diámetro del tallo de las plántulas de sandía mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0.0037$). El tratamiento T3 obtuvo el mayor diámetro promedio con 2.46 mm, ubicándose en el grupo estadístico “A” según la prueba de Tukey. Le siguieron los tratamientos T1 (2.34 mm) y T2 (2.31 mm), ambos dentro del mismo grupo estadístico, mientras que el tratamiento testigo T4 presentó el valor promedio más bajo con 2.27 mm, ubicado en el grupo “B”.

Estos resultados indican que el sustrato utilizado en el tratamiento T3 favoreció significativamente el engrosamiento del tallo, una característica agronómica clave para la resistencia estructural y el vigor inicial de las plántulas.

Figura 2.

Diámetro de tallo de plántulas de sandía



Los resultados evidencian que el tratamiento T3 promovió un mayor diámetro del tallo, lo cual está directamente relacionado con un mejor desarrollo estructural y una alta capacidad de resistencia al estrés mecánico y fisiológico. La cascarilla de arroz y la cascarilla de café presentes en este tratamiento mejoran la aireación del sustrato y favorecen la formación de tejidos más robustos en la base del tallo.

Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por García (2011), quien encontró que sustratos con mayor incorporación de materia orgánica tienden a mejorar parámetros morfológicos como el diámetro del tallo en plántulas de sandía. De igual manera, estudios de Shaheen et al. (2015) demostraron que los sustratos enriquecidos con materiales fibrosos

favorecen el engrosamiento del tallo al mejorar la porosidad y la disponibilidad de agua y nutrientes.

Asimismo, investigaciones como las de Federico y Gutiérrez Miceli (2014) destacan que la estructura física del sustrato influye directamente en el vigor de plántulas en cultivos hortícolas, particularmente en especies que requieren buena aireación radicular, como es el caso de las cucurbitáceas.

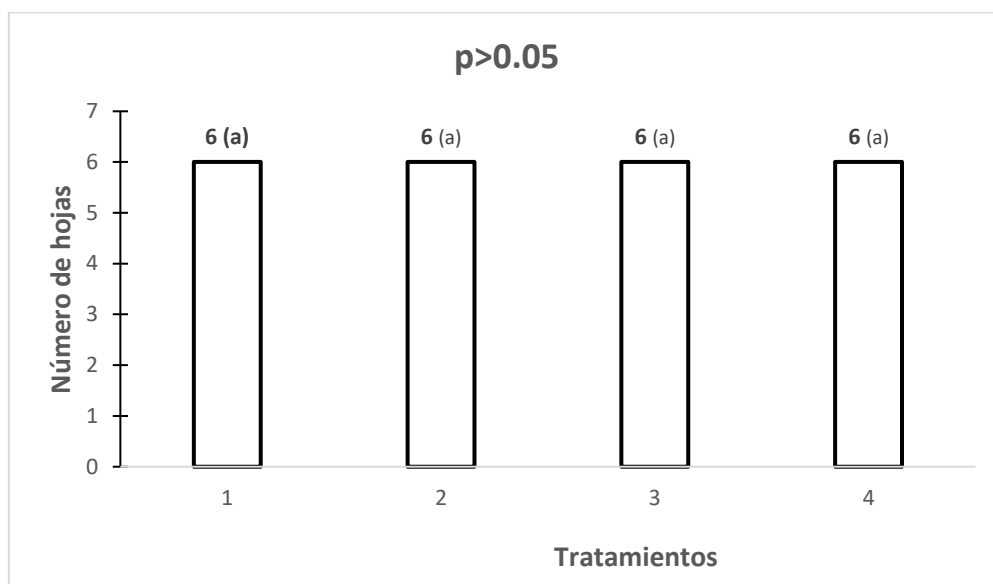
En conjunto, la comparación con la literatura respalda que el tratamiento T3 proporciona condiciones físicas óptimas para el desarrollo del tallo, explicando su superioridad estadística respecto a los otros tratamientos evaluados.

Desde la perspectiva de los investigadores, el tratamiento T3 mostró un desempeño notable en el diámetro del tallo, lo cual resulta prometedor para su uso en la producción de plántulas destinadas a trasplante. Un tallo más grueso implica mayor resistencia a daños durante la manipulación y mayor probabilidad de supervivencia en campo definitivo. Los resultados permiten considerar el T3 como una alternativa eficiente y accesible para los productores locales, ya que utiliza materiales económicos y disponibles en la región, fortaleciendo así su potencial de adopción en sistemas productivos reales.

11.4 Emisión foliar

La Figura 3 muestra el promedio del número de hojas de las plántulas de sandía bajo los cuatro tratamientos evaluados. Los datos evidencian que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p > 0.05$), coincidiendo todos dentro del mismo grupo estadístico según la prueba de Tukey. El número promedio de hojas osciló entre 3 y 4 unidades, lo cual indica un comportamiento uniforme entre tratamientos durante la fase de vivero. Esto sugiere que la composición del sustrato influyó de manera limitada sobre la emisión foliar dentro del periodo evaluado.

Figura 3 Número de hojas de plántulas de sandía según tratamiento



La ausencia de diferencias significativas en la emisión foliar entre tratamientos indica que, aunque la composición físico-química de los sustratos favoreció variables como altura y diámetro del tallo, la variable número de hojas no respondió de manera diferenciada dentro del mismo periodo fenológico. Esto coincide con lo expuesto por Sánchez (2014), quien señala que la emisión foliar durante los primeros 20–25 días en cucurbitáceas tiende a ser estable y poco afectada por la fertilidad del sustrato, debido a que está mayormente controlada por factores genéticos y por la velocidad de elongación del tallo.

Resultados similares fueron reportados por Shaheen et al. (2015), quienes encontraron que mezclas de compost y materiales orgánicos mejoran vigor general, pero no necesariamente incrementan el número de hojas en etapas tempranas, debido a que la tasa de brotación foliar es más lenta y depende de la expansión foliar más que del número de brotes.

Asimismo, Federico y Gutiérrez-Miceli (2014) destacan que la emisión foliar en plántulas hortícolas tiende a estabilizarse durante las primeras semanas, con variaciones mínimas entre sustratos, aun cuando estos sí influyen en variables morfológicas como altura y diámetro.

En conjunto, la literatura respalda que el número de hojas es una variable menos sensible a cambios en el sustrato durante la fase inicial, lo cual coincide con los resultados del presente estudio.

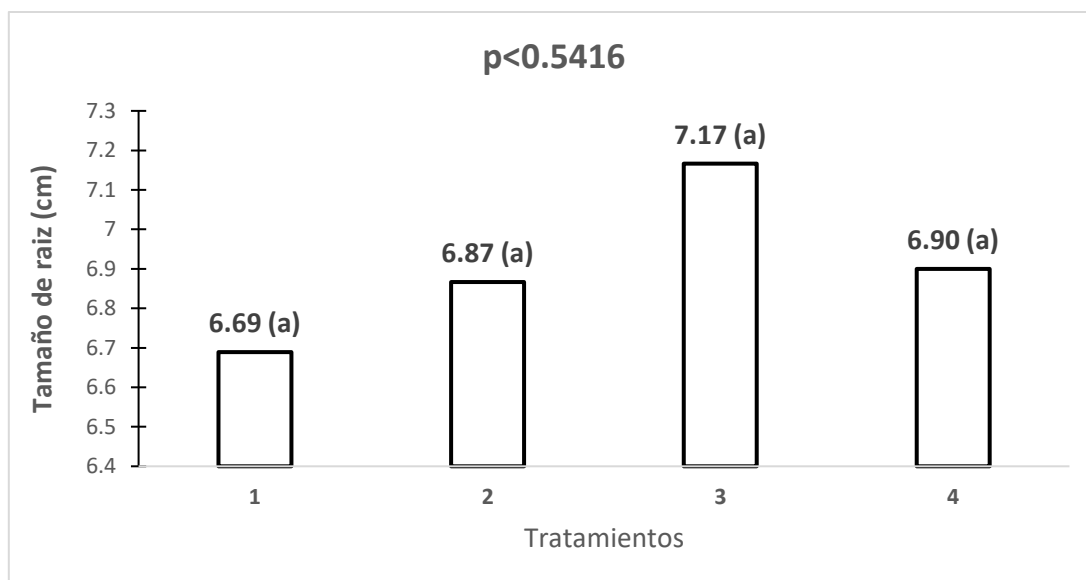
Desde la perspectiva de los investigadores, aunque los tratamientos mejoraron otras variables de crecimiento, la emisión foliar se mantuvo constante entre tratamientos, lo que sugiere que esta característica morfológica responde con mayor lentitud a las condiciones del sustrato. Esto no representa un aspecto negativo, sino un indicador de estabilidad fisiológica del cultivo. Consideramos que, al avanzar hacia etapas más avanzadas de desarrollo, podrían observarse diferencias más marcadas en el área foliar o tamaño de hojas, más que en el número total.

11.5 Desarrollo radicular en plántulas de sandía

La figura 4 muestra los valores promedio del desarrollo radicular de las plántulas de sandía bajo los cuatro tratamientos evaluados. Aunque el análisis de varianza (ANOVA) indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p = 0.5416$), se observó que el tratamiento T3 presentó la mayor longitud promedio de raíz con 7.17 cm, seguido por T4 (6.90 cm), T2 (6.87 cm) y T1 (6.69 cm).

A pesar de la ausencia de significancia estadística, la tendencia numérica sugiere que el sustrato T3, mezcla de cascarilla de arroz, cascarilla de café y tierra negra, podría favorecer ligeramente el crecimiento radicular en comparación con el resto de las formulaciones.

Figura 4. Desarrollo radicular de plántulas de sandía



Los resultados evidencian que, aunque las diferencias no fueron significativas, el tratamiento T3 mostró una tendencia a promover un mayor desarrollo radicular, lo cual puede estar asociado a la estructura física del sustrato. La presencia de materiales fibrosos como la cascarilla de arroz y la cascarilla de café mejora la aireación y favorece la penetración y elongación de las raíces, facilitando una mejor exploración del sustrato (Berrios, 2006; Arancon & Edwards, 2011).

Investigaciones similares respaldan esta tendencia. Por ejemplo, López Jiménez (2023) encontró que sustratos con mayor contenido de materia orgánica y partículas gruesas incrementan el crecimiento de raíces en plántulas de cacao debido a una menor compactación y mayor disponibilidad de oxígeno. Asimismo, estudios realizados por Montoya (2012) destacan que los sustratos orgánicos y de baja densidad aparente permiten un mayor desarrollo radicular en la etapa de vivero.

Walker (2025) señala que un sistema radicular vigoroso es determinante para la absorción eficiente de agua y nutrientes, lo que se traduce en un mejor desempeño durante el trasplante. Esto coincide con la tendencia observada en el tratamiento T3, que mostró mayor desarrollo radicular y, por tanto, potencial para mejorar la adaptación inicial en campo.

En conjunto, aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas, la evidencia sugiere que T3 podría ofrecer beneficios funcionales en términos de estructura del sustrato y vigor radicular.

Desde la perspectiva de los investigadores, el desarrollo radicular observado en el tratamiento T3 refleja condiciones favorables para el establecimiento de plántulas. Un sistema radicular ligeramente más largo y bien distribuido aumenta la probabilidad de supervivencia al trasplante, mejora la eficiencia en la absorción de nutrientes y fortalece el anclaje en el sustrato definitivo. Aunque los resultados no fueron estadísticamente significativos, la tendencia numérica observada resulta relevante para los fines prácticos de producción de plántulas en condiciones reales de campo.

11.6. Producción de biomasa y calidad de plántulas

La muestra los valores promedio de biomasa seca aérea, biomasa seca radicular y la relación raíz/tallo obtenidos para cada tratamiento. El tratamiento T3 presentó el valor más alto de biomasa seca aérea (52.53 %) y la mayor relación raíz/tallo (0.95), lo que refleja un equilibrio adecuado entre el crecimiento aéreo y el desarrollo radicular. Por su parte, T2 mostró la mayor biomasa radicular (73.97 %), mientras que el tratamiento testigo T4 presentó los valores más bajos tanto en biomasa aérea (48.32 %) como en la relación raíz/tallo (0.87), indicando menor eficiencia en el aprovechamiento de los recursos disponibles en el sustrato.

Tabla 3

Biomasa seca aérea, radicular y relación raíz/tallo en plántulas de sandía

	Tratamientos	% Biomasa seca aérea	% Biomasa seca radicular	Promedio de Relación Raíz/tallo	
	T1	47.09	73.66	0.89	
	T2	51.91	73.97	0.90	
	T3	52.53	73.10	0.95	
	T4	48.32	76.05	0.87	

Fuente: Elaboración propia con base en datos experimentales (2025).

Los valores obtenidos indican que el tratamiento T3 fue el que produjo plántulas con mayor eficiencia fisiológica, reflejada en la más alta relación raíz/tallo. Una relación elevada sugiere

plantas capaces de sostener mejor el crecimiento aéreo gracias a un sistema radicular proporcionalmente más desarrollado (Taiz & Zeiger, 2015).

El tratamiento T2 mostró el porcentaje más alto de biomasa radicular, lo cual coincide con lo señalado por García et al. (2011), quienes reportan que los sustratos con buena porosidad y disponibilidad moderada de nutrientes pueden estimular la acumulación de biomasa en las raíces durante etapas tempranas de crecimiento.

Asimismo, diversos estudios han indicado que las mezclas orgánico-minerales favorecen la acumulación de biomasa gracias a la liberación progresiva de nutrientes, el mejoramiento de la aireación y la capacidad de retención hídrica (Arancon & Edwards, 2011; Fajardo, 2021). Este comportamiento explica por qué los tratamientos T1, T2 y T3 superan al testigo T4, que únicamente contiene tierra negra y presentó la menor eficiencia fisiológica entre los tratamientos evaluados.

En general, los resultados concuerdan con la literatura, que afirma que la biomasa seca — tanto aérea como radical— es un indicador clave del vigor y la calidad de plántulas destinadas a trasplante (Sánchez, 2014).

Desde la perspectiva de los investigadores, los valores obtenidos demuestran que los tratamientos enriquecidos con cascarilla de arroz y café carbonizada favorecen un desarrollo más equilibrado de las plántulas. En particular, el tratamiento T3 mostró un desempeño sobresaliente, indicando que su composición proporciona condiciones óptimas para el crecimiento inicial de sandía. Esto representa una alternativa viable y de bajo costo para los productores locales, y sugiere que la adopción de sustratos orgánico-minerales podría mejorar significativamente la calidad de las plántulas en viveros rurales.

12. Conclusiones

Los resultados del estudio demostraron que los tratamientos T1 y T3 ofrecieron el mejor desempeño general en la producción de plántulas de sandía bajo condiciones de vivero. En el caso de T1, la mezcla favoreció significativamente la germinación, alcanzando un 95.5 %, lo que evidencia la conveniencia de utilizar combinaciones orgánicas que mejoran la aireación y el balance hídrico del sustrato. Este comportamiento sugiere que la incorporación de cascarilla de arroz y café contribuye a optimizar la emergencia y uniformidad de las plántulas.

En cuanto al crecimiento vegetativo, el tratamiento T3 presentó los valores más altos en grosor de tallo y desarrollo radicular, lo cual es determinante para la resistencia y adaptación posterior al trasplante. Un tallo más robusto y un sistema radicular con mayor longitud reflejan mejores condiciones físicas y químicas del sustrato, facilitando la absorción de nutrientes y fortaleciendo el vigor inicial. Estos resultados confirman que las mezclas orgánicas–minerales pueden ser alternativas viables frente a sustratos convencionales.

Finalmente, las propiedades físico-químicas evaluadas mostraron que los tratamientos T1 y T3 mantienen densidades, porosidad y pH adecuados para el crecimiento de plántulas, lo que a su vez se vio reflejado en la producción de biomasa aérea y radicular. El uso de estos sustratos representa una opción accesible, de bajo costo y sostenible para productores locales, permitiendo obtener plántulas más vigorosas y uniformes, reduciendo la dependencia de insumos comerciales y fortaleciendo la eficiencia en procesos de resiembra.

13. Recomendaciones

En primer lugar, se recomienda la utilización del tratamiento T1 en procesos de producción de plántulas destinadas a resiembra, debido a su sobresaliente desempeño en la variable de germinación. La mezcla conformada por cascarilla de arroz, cascarilla de café y tierra negra demostró generar un sustrato equilibrado, capaz de favorecer una emergencia uniforme y de alta eficiencia, lo cual resulta especialmente útil para productores que requieren garantizar poblaciones homogéneas en campo y minimizar pérdidas de semilla.

Asimismo, se recomienda el uso del tratamiento T3 para la producción de plántulas con fines de trasplante, considerando que obtuvo los valores más altos en variables como diámetro del tallo y desarrollo radicular. Estas características morfológicas influyen directamente en la resistencia de las plántulas al estrés mecánico y fisiológico durante el establecimiento en campo definitivo. La accesibilidad de los materiales empleados en esta mezcla, junto con su bajo costo, la convierten en una alternativa viable y efectiva para viveros agrícolas locales.

Finalmente, se sugiere dar continuidad a esta línea de investigación mediante ensayos en áreas de producción más extensas, con el fin de evaluar la respuesta de las plántulas bajo condiciones reales de manejo agronómico. Estudios futuros podrían incluir evaluaciones de rendimiento, sanidad vegetal, adaptabilidad climática, calidad de fruto y análisis económico de las mezclas propuestas. Estas investigaciones permitirán validar el potencial de los tratamientos T1 y T3 y contribuir al desarrollo de tecnologías sostenibles, económicas y accesibles para los productores de sandía de la región.

14. Bibliografía

- Arancon, N. Q., & Edwards, C. A. (2011). *The use of vermicompost as soil amendments for increased plant production*. Springer.
- Arauz Meza, & Luqués Días, H. (2020, abril). *Trabajo de tesis*.
<https://repositorio.una.edu.ni/4181/1/tnf02a663.pdf>
- Bermúdez, R. (2012). *Sustratos y propiedades físicas para producción de plántulas*. *Revista Biociencias*.
- Berrios, S. de. (2006). *Validación de diferentes sustratos en la producción de plántulas de chiltoma (Capsicum annum)* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Nicaragua]. RIUL.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/971/1/204141.pdf>
- Fajardo, D. J. (2021). *Uso de mezclas de abonos orgánicos en el cultivo de sandía (Citrullus lanatus L.) variedad Royal Charleston, Recinto Bijagual–Cantón Salitre* [Trabajo de titulación, Universidad Agraria del Ecuador].
[https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PEREZ%20FAJARDO%20DENISSE%20JOHANNA\(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PEREZ%20FAJARDO%20DENISSE%20JOHANNA(1).pdf)
- Federico, F., & Gutiérrez-Miceli, F. A. (2014). Vermicomposting leachate as liquid fertilizer for the cultivation of sugarcane (*Saccharum* sp.). *Revista de Nutrición Vegetal*. <https://www.researchgate.net/publication/304069531>
- García, B. R. (2011). *Evaluación del cultivo de sandía (Citrullus lanatus L.)* [Trabajo de diploma, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio UNA.
<https://repositorio.una.edu.ni/2146/1/tnf01g643s.pdf>
- INTA. (2024). *Resultados del efecto de dos sustratos en el desarrollo de plántulas en viveros de cebollas*.
- López Jiménez, C. E. (2023). *Evaluación de humus de lombriz y bocashi en la producción de plántulas de cacao* [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador].
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/L%3%93PEZ%20JIM%3%89NEZ%20CECILIA%20ESTEFAN%3%8DA.pdf>

- Montiel, L. G. (2022). Conservación fisicoquímica de arándanos tratados con quitosano y ácido salicílico en pos cosecha. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
<https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/download/3391/6625?inline=1>
- Montoya, B. (2012). *Sustratos y propiedades físicas para producción de plántulas*. *Revista Biociencias*.
- Reyna, A. (2022). *Efecto de cinco sustratos en el crecimiento del cultivo de cacao criollo*.
<https://core.ac.uk/download/588314139.pdf>
- Sánchez, L. A. (2014). *Efecto de diferentes proporciones de NPK en la producción de plántula de sandía (Citrullus lanatus)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. RIUL.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3263/1/227304.pdf>
- Shaheen, A., Ahmed, M., & Khalil, H. (2015). Effect of organic substrates and compost-based blends on seedling growth of watermelon. *Journal of Horticultural Science*, 22(3), 45–53.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2015). *Fisiología vegetal* (6.^a ed.). Sinauer Associates.
- Walker, J. (2025). Root architecture and establishment success in watermelon seedlings. *Horticultural Advances Journal*, 12(1), 55–64.

15. Cronograma de actividades

Actividades	Abril	Mayo	Junio	julio	octubre	Noviembre	diciembre
Búsqueda de una temática de interés	1 semana						
problemática		1 semana					
Delimitación del tema			3 semana				
Revisión de la primera parte del protocolo				3 semana			
Entrega del protocolo					2 semana		
Montaje del experimento						1 semana	
Toma de datos						2 semana	
Análisis de datos						3 semana	
Resultados defensa							2 semana

16. Anexos



Imagen 1. Podemos observar el inicio del levantamiento del vivero, seleccionamos el espacio adecuado para mejor adaptabilidad.



Imagen 2. Aquí ya teníamos terminado completamente la estructura de nuestro vivero con las condiciones adecuadas para el cultivo.



Imagen 3. Preparaciones de sustratos para el llenado de bandejas. El sustrato fue carbonizado y posteriormente tamizado para quitar impurezas.



Imagen 4. Como podemos ver, empezamos con la siembra directa de la semilla de sandía variedad Waltermelon f1 en bandejas de 128 alvéolos.



Imagen 5. En esta etapa comenzamos a ver que al tercer día el primer tratamiento tuvo mejor aceptación para la germinación ya el segundo y tercer tratamiento germinó al 4 día y el testigo tuvo una germinación al quinto día.



Imagen 6. Iniciamos con la aplicación de la roca fosfórica. La dosis se hizo de igual manera aplicando 0.99 g por planta.



Imagen 7. El riego se hizo de manera manual, cada dos días o según la necesidad, garantizando humedad constante sin encharcamiento.



Imagen 8. Iniciamos con las mediciones semanales de altura, número de hojas y diámetro del tallo, registrando todos estos datos en hojas de campo.



Imagen 9. Al finalizar el ciclo del vivero, seleccionamos 45 plántulas de la parte central de cada tratamiento, luego separamos raíces y parte aérea para ser enviadas a laboratorio.



Imagen 10. Con ayuda de la balanza digital determinamos el peso seco de biomasa.



Imagen 11. Para finalizar procedimos a meterlas en el horno a temperatura constante hasta obtener un peso seco estable.

Análisis de la varianza

Altura

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
altura	180	0.15	0.14	15.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	67.26	3	22.42	10.54	<0.0001
TRATAMIENTO	67.26	3	22.42	10.54	<0.0001
Error	374.49	176	2.13		
Total	441.75	179			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.79135

Error: 2.1278 gl: 176

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
1	10.38	45	0.22	A
4	9.11	45	0.22	B
2	8.97	45	0.22	B
3	8.87	45	0.22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Diámetro

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
diámetro	180	0.07	0.06	11.02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.93	3	0.31	4.66	0.0037
TRATAMIENTO	0.93	3	0.31	4.66	0.0037
Error	11.76	176	0.07		
Total	12.69	179			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.14021

Error: 0.0668 gl: 176

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
3	2.46	45	0.04	A	
1	2.34	45	0.04	A	B
2	2.31	45	0.04		B
4	2.27	45	0.04		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

No hojas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No hojas	180	sd	sd	0.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00	3	0.00	sd	sd
TRATAMIENTO	0.00	3	0.00	sd	sd
Error	0.00	176	0.00		
Total	0.00	179			

Largo raíz

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Largo raíz	180	0.01	0.00	22.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.25	3	1.75	0.72	0.5416
TRATAMIENTO	5.25	3	1.75	0.72	0.5416
Error	428.14	176	2.43		
Total	433.39	179			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.84615

Error: 2.4326 gl: 176

<u>TRATAMIENTO</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
3	7.17	45	0.23	A
4	6.90	45	0.23	A
2	6.87	45	0.23	A
1	6.69	45	0.23	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

