



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Olote de maíz como sustrato en el crecimiento de plántulas de tomate
en finca Guantánamo, la Concordia Jinotega 2025

Dávila, F; Chavarría, G; Chavarría, L.

Tutor

PhD. 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

Trabajo de investigación para optar al grado de
Ingenieros agrónomos

Olote de maíz como sustrato en el crecimiento de
plántulas de tomate en finca Guantánamo, la Concordia
Jinotega 2025

Autores

Félix Antonio Dávila Machado
Geovani Antonio Chavarría Gutiérrez
Luis Alfonzo Chavarría Arancibia

Tutor

PhD. Oscar Bustamante Morales

Diciembre 2025



Dedicatoria

A Dios, por ser la fuente del conocimiento, y Él principal guía en este largo camino.

A todos los hombres y mujeres del campo nicaragüense, quienes, con su esfuerzo diario y labor incansable, nos enseñan el valor de la tierra y la perseverancia.

Agradecimiento

"Reconocemos y agradecemos el valioso aporte de los productores agrícolas", que abrieron sus puertas y nos dieron su confianza durante estos cinco años, en especial a la familia Chavarría Arancibia de nuestro compañero de tesis, quienes nos inspiraron y nos brindaron su espacio para la realización de la misma



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, 13 de Octubre de 2025

Por medio de la presente, en calidad de tutor del trabajo de modalidad de graduación titulado: **Olote de maíz como sustrato en el crecimiento de plántulas de tomate en finca Guantánamo, la Concordia Jinotega 2025**, elaborado por los estudiantes

Félix Antonio Dávila Machado

21508288

Geovani Antonio Chavarría Gutiérrez

21513931

Luis Alfonzo Chavarría Arancibia

21512039

Estudiantes 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,

PhD. Oscar Bustamante Morales

0000-0003-3745-5749 UNAN-Managua/CUR-Estelí

Resumen

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar el efecto del olote de maíz como componente principal en la formulación de sustratos alternativos para la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) variedad Pony Express F1, bajo condiciones de invernadero en la Finca Guantánamo, ubicada en la comunidad Colón Abajo, La Concordia, Jinotega. Esta investigación surge ante la necesidad de alternativas sostenibles y accesibles que permitan reducir los costos de producción y aprovechar los residuos agrícolas disponibles. El olote de maíz, por su estructura porosa, ligereza y biodegradabilidad, presenta un notable potencial como componente para mejorar las propiedades físicas del sustrato. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos formulados a partir de combinaciones de raquis de maíz, biochar de cascarilla de arroz, lombrihumus y suelo agrícola. Se evaluaron variables como porcentaje de germinación, altura de plántulas, diámetro del tallo, número de hojas, biomasa fresca y seca, así como características físicas del sustrato. Los resultados mostraron que el tratamiento T1 (60% biochar + 40% lombrihumus) presentó el mejor desarrollo vegetativo debido a su adecuada aireación, retención de humedad y disponibilidad nutricional. El tratamiento T2 (60% olote + 40% lombrihumus) alcanzó el mayor porcentaje de germinación (83%), evidenciando que el olote puede favorecer la emergencia inicial cuando se combina con materia orgánica rica en nutrientes. En conjunto, la investigación demostró que el raquis de maíz posee un potencial significativo como sustrato alternativo, especialmente cuando se combina con materiales orgánicos estabilizados, contribuyendo a la sostenibilidad agrícola.

Palabras claves: *olote, biochar de arroz, lombrihumus, suelo, sostenibilidad, residuos*

Abstract

The present study aimed to evaluate the effect of maize cob (olote) as a principal component in the formulation of alternative substrates to produce tomato (*Solanum lycopersicum*) seedlings, Pony Express F1 variety, under greenhouse conditions at Finca Guantánamo, located in the community of Colón Abajo, La Concordia, Jinotega. This research arises from the need for sustainable and affordable alternatives that reduce production costs while promoting the use of locally available agricultural residues. Maize cob, due to its porous structure, light weight, and biodegradability, presents notable potential to improve the physical properties of substrates. A Completely Randomized Design (CRD) was used with four treatments formulated from different combinations of maize cob, rice-husk biochar, vermicompost, and agricultural soil. Variables evaluated included germination percentage, seedling height, stem diameter, number of leaves, fresh and dry biomass, as well as physical characteristics of the substrate. Results showed that Treatment T1 (60% biochar + 40% vermicompost) presented the best vegetative development due to its adequate aeration, moisture retention capacity, and nutritional availability. Treatment T2 (60% maize cob + 40% vermicompost) achieved the highest germination percentage (83%), indicating that maize cob can favor early seedling emergence when combined with nutrient-rich organic material. Overall, the study demonstrated that maize cob has significant potential as an alternative substrate, especially when mixed with stabilized organic amendments, contributing to agricultural sustainability.

Keywords: alternative substrates, maize cob, rice-husk biochar, vermicompost, germination, tomato seedlings.

Índice

| | |
|--|----|
| Índice | |
| Capítulo I | 8 |
| I. Introducción | 8 |
| I. Antecedentes..... | 10 |
| II. Planteamiento del problema | 11 |
| III. Justificación | 12 |
| V. Objetivos de investigación..... | 13 |
| 5.1 Objetivos general | 13 |
| 5.2 Objetivos específicos..... | 13 |
| VI. Limitaciones del estudio | 14 |
| VII. Hipótesis..... | 15 |
| VIII. Operacionalización de Variables | 16 |
| Capitulo II | 18 |
| 2. Marco Teórico | 18 |
| 2.1. Origen y taxonomía del Tomate (Solanum lycopersicum)..... | 18 |
| 2.2. Generalidades. | 18 |
| 2.2.1. Tallo..... | 2 |
| 2.2.3 Hoja..... | 2 |
| 2.2.4 Flor | 2 |
| 2.2.5 Fruto..... | 2 |

| | |
|---|----|
| 2.2.6 Sistema radicular | 3 |
| 2.3 Requerimientos del cultivo. | 3 |
| 2.3.1 Luminosidad o Radiación | 3 |
| 2.3.2 Temperatura..... | 3 |
| 2.3.3 Humedad Relativa | 4 |
| 2.3.4 Suelo..... | 4 |
| 2.4 Manejo agronómico del cultivo de tomate..... | 4 |
| 2.4.1 Manejo de plagas..... | 5 |
| 2.5 Establecimiento de semillero..... | 6 |
| 2.5.1 Fertilización..... | 7 |
| 2.5.2 Riego..... | 8 |
| 2.6 Sustrato..... | 9 |
| 2.6.1 Importancia en la utilización de sustratos | 9 |
| 2.6.2 Origen del sustrato | 10 |
| 2.6.2.1 Sustrato orgánico | 10 |
| 2.6.2.2 Sustratos inorgánicos | 10 |
| 2.6.2.3 Características para determinar un buen sustrato..... | 10 |
| 2.7 Raquis de olote de maíz | 11 |
| 2.8 Biochar de cascarilla de arroz..... | 12 |
| 2.9 Lombrihumus | 13 |

| | |
|---|----|
| Capítulo III | 14 |
| 3. Diseño metodológico | 14 |
| 3.1 Área de estudio | 14 |
| 3.2 Ubicación del estudio | 14 |
| 3.3 Clima | 15 |
| 3.4 Suelo | 15 |
| 3.5 Descripción del diseño experimental | 15 |
| 3.6. Descripción de los tratamientos..... | 17 |
| 3.7 Variable a evaluar el sustrato a partir de cada tratamiento | 18 |
| 3.7.1 Germinación de plántulas..... | 18 |
| 7.2.1 Densidad aparente (DA)..... | 19 |
| 3.7.2.2 Capacidad de retención de agua (CRA)..... | 19 |
| Capacidad de aireación (CA/Dr) x 100..... | 19 |
| 3.7.4 Calidad morfológica de las plántulas | 20 |
| 3.7.4.1 Peso fresco y seco del área foliar..... | 20 |
| 3.7.4.2 Peso fresco y seco de la raíz | 21 |
| 3.8 Condiciones del cultivo para el experimento..... | 21 |
| 3.8.1 Plan de fertilización | 21 |
| 3.9 Tipo de investigación..... | 23 |
| 3.10 Población y selección de la muestra | 23 |

| | |
|---|----|
| 3.11 Técnicas, instrumentos para el procesamiento y análisis de datos. | 23 |
| 3.12 Técnicas e instrumentos:..... | 23 |
| 3.12 Confiabilidad y validez de los instrumentos..... | 24 |
| 3.12.1 Hoja de <i>campo</i> :..... | 24 |
| 3.12.2 Flexómetro:..... | 24 |
| 3.12.3 Calibrador vernier: | 24 |
| 3.12.4 Horno de secado: | 24 |
| Capítulo IV | 25 |
| 4. Resultados y discusión | 25 |
| 4.1 Evaluación de germinación. | 25 |
| 4.2 Altura de las plántulas por tratamiento | 26 |
| 4.3. Diámetro del tallo | 27 |
| 4.4 Biomasa aérea y radicular y calidad de plántulas..... | 29 |
| 4.5 Evaluación de propiedades físicas de los sustratos..... | 31 |
| Capítulo V..... | 33 |
| 5. Conclusiones..... | 33 |
| | 33 |
| 6. Recomendaciones..... | 34 |
| 7 Anexos..... | 34 |
| Infraestructura | 35 |

| | |
|------------------------------------|----|
| Preparación de los sustratos..... | 37 |
| Tratamientos..... | 38 |
| Montaje de bandejas y llenado..... | 39 |
| Manejo agronómico..... | 40 |
| Muestreo..... | 41 |
| Resultados..... | 45 |
| Prueba de Kruskal Wallis..... | 46 |
| Referencias..... | 48 |

Capítulo I

I. Introducción

En Nicaragua, la producción agropecuaria representa uno de los pilares fundamentales del desarrollo económico y social. Cada departamento del país se distingue por poseer características agroecológicas particulares que determinan sus principales rubros productivos y definen la identidad agrícola de sus comunidades. En la zona norte, el departamento de Jinotega se conoce como un territorio con un alto potencial agrícola, gracias a sus suelos fértiles, su topografía variada y un clima que favorece el desarrollo de cultivos hortícolas de alto valor económico.

Entre los cultivos más destacados se encuentra el tomate (*Solanum lycopersicum L.*), un fruto de gran relevancia tanto en el mercado nacional como internacional. El tomate constituye un componente esencial en la alimentación humana, por su elevado contenido de vitaminas, minerales y antioxidantes, además de su amplia demanda en la gastronomía, la agroindustria y el comercio de productos frescos. Su cultivo ofrece importantes oportunidades para la generación de empleo rural, la diversificación productiva y el fortalecimiento de la seguridad alimentaria (Centeno & Rojas , 2022).

Es una actividad agrícola de gran importancia económica y nutricional, y su éxito depende en gran medida de factores agronómicos como la calidad de las plántulas, la variedad, el tipo de suelo y su ubicación geográfica. Tradicionalmente las plántulas se producían en almácigos, pero este método puede presentar limitaciones en cuanto a uniformidad, sanidad y eficiencia en el uso de recursos (FAO, 2025). Por otra parte, se ha venido trabajando en la producción de plántulas en viveros, bajo condiciones controladas y no controladas, también en lo que corresponde el aprovechamiento de recursos surge la búsqueda de alternativas sostenibles y de bajo costo.

Como parte del proceso para optar al título de Ingeniero Agrónomo, nos hemos dispuesto a investigar este fruto, para contribuir de esta manera al sector agropecuario del país, desde los diferentes medios de investigación experimental y documental el efecto del olote de maíz como sustrato en el crecimiento de plántulas de tomate.

Este material, al ser biodegradable, ofrece una alternativa ecológica a los sustratos convencionales. Su estructura porosa permite un buen drenaje y aireación del suelo, favoreciendo el desarrollo radicular de las plántulas. Además, el olote puede enriquecer el suelo con materia orgánica

a medida que se descompone, mejorando sus propiedades a largo plazo (Córdoba , Salcedo, & Rodríguez, 2013). Con condiciones agroecológicas propicias para el cultivo de tomate.

La selección de esta finca permitió evaluar la viabilidad del sustrato en un contexto real de producción agrícola. Los resultados de este estudio proporcionarán información valiosa para productores de tomate y otros cultivos hortícolas, promoviendo el uso de alternativas de sustratos sostenibles y rentables, contribuyendo a la diversificación de prácticas agrícolas y a la reducción del impacto ambiental.

El objetivo principal fue evaluar el efecto de sustrato a base de olote de maíz sobre el crecimiento vegetativo, la calidad de plántulas en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de invernadero, midiendo parámetros como altura, diámetro del tallo, número de hojas y biomasa, así como evaluar la calidad de las plántulas, considerando aspectos como la sanidad, vigor y uniformidad.

II. Antecedentes

La primera investigación encontrada realizada por (Martínez , Ciriaco, Noguez, & Sanchez, 2016), en zonas áridas de Hidalgo, México, la falta de lluvia y las características del suelo dificultan el manejo de cultivos. Se investigó el efecto del olote (sustrato de maíz) en el desarrollo del tomate, analizando diferentes dosis y regímenes de humedad. Se encontró que, al aumentar la cantidad de olote, la capacidad de campo del suelo incrementa, lo que sugiere que el olote puede mitigar los efectos de la sequía en los cultivos.

Otro estudio de, (Muños, 2019), evaluó mezclas de raquis de maíz (RM) y compost © como sustrato en diferentes proporciones (50:50, 60:40, 70:30) para el cultivo de tomate manzano en macro túnel, utilizando dos programas de fertilización. Se encontró que el sustrato C70:RM30 promovió mayor crecimiento inicial, mientras que la fertilización convencional resultó en mayor crecimiento y diámetro de tallo, así como mayor distancia del primer racimo al ápice y mayor longitud de hojas y número de racimos. La fertilización alterna mostró menor pH y conductividad eléctrica.

Por su parte (Barahona, 2018) observó el efecto de diferentes sustratos (olote de maíz y compost) y recipientes (trinchera, saco y bolsa) en el cultivo de lechuga sin suelo. Se encontró que los sacos favorecieron la biomasa, mientras que las trincheras aumentaron la mortalidad. Los sustratos no influyeron en la biomasa. Los parámetros de pH y conductividad eléctrica no se encontraban dentro de los rangos óptimos.

III. Planteamiento del problema

En la actualidad, los sistemas de producción agrícola, particularmente aquellos orientados a la propagación de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*), enfrentan el desafío de identificar sustratos alternativos que combinen eficiencia agronómica, disponibilidad local y costos accesibles. En la práctica, muchos productores dependen de sustratos comerciales que, aunque presentan propiedades físicas favorables, suelen ser de alto costo y no siempre garantizan un desarrollo óptimo en términos de germinación, vigor y crecimiento inicial de las plántulas. Esta dependencia incrementa los costos de producción, limita la rentabilidad y dificulta la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, especialmente en comunidades rurales donde el acceso a insumos especializados es restringido.

Ante esta situación, surge la necesidad de explorar materiales alternativos disponibles localmente que puedan sustituir, parcial o totalmente, a los sustratos comerciales sin comprometer la calidad de las plántulas. Entre estos materiales destaca el raquis de olote de maíz, un residuo agrícola abundante y frecuentemente subutilizado, cuyas propiedades físicas—como su baja densidad, porosidad y capacidad de aireación—lo convierten en un posible componente para la formulación de sustratos. Sin embargo, existe limitada evidencia científica que evalúe su desempeño como sustrato principal o en combinación con enmiendas orgánicas como vermicompost o biochar, particularmente en la producción de plántulas de tomate bajo condiciones de invernadero.

La escasez de información técnica impide que los productores adopten alternativas más económicas y sostenibles, lo que justifica la necesidad de investigaciones orientadas a determinar la eficiencia del raquis de olote en diferentes proporciones. Por ello, esta investigación se plantea evaluar el efecto de este material en el crecimiento vegetativo y la calidad de plántulas de tomate, con el fin de determinar su viabilidad como sustrato alternativo que contribuya a la reducción de costos, el aprovechamiento de residuos agrícolas y la sostenibilidad de los sistemas de producción locales.

IV. Justificación

La agricultura moderna exige la implementación de sistemas de producción más sostenibles, capaces de optimizar los recursos disponibles y disminuir la dependencia de insumos comerciales de alto costo. En este contexto, la búsqueda de sustratos alternativos para la producción de plántulas se ha convertido en una necesidad prioritaria, especialmente en regiones donde el acceso a materiales especializados es limitado. Entre los residuos agrícolas subutilizados destaca el olote de maíz, un recurso orgánico generado en grandes volúmenes y que, pese a su abundancia, rara vez se incorpora en procesos productivos de valor agregado. Su estructura física, caracterizada por una porosidad elevada y una textura ligera, lo convierte en un potencial candidato para ser empleado como componente principal en la formulación de sustratos destinados al desarrollo inicial de plántulas.

El aprovechamiento del olote de maíz como sustrato representa una oportunidad para reducir la dependencia de materiales comerciales, disminuir los costos asociados a la producción en semilleros y mitigar el impacto ambiental generado por el desecho inadecuado de este residuo agrícola. Utilizar un recurso que comúnmente se considera desecho no solo favorece la sostenibilidad del sistema productivo, sino que también promueve prácticas agrícolas más responsables y alineadas con los principios de economía circular. Asimismo, su incorporación puede incentivar la innovación tecnológica a nivel local, al fomentar la experimentación con materiales alternativos que respondan a las necesidades y limitaciones de los productores.

La presente propuesta constituye un aporte relevante para el sector agrícola, pues evalúa el potencial del olote de maíz como sustrato para la producción de plántulas, analizando sus beneficios económicos, ambientales y agronómicos. Con ello se busca generar evidencia científica que permita valorar su viabilidad y promover su adopción como una alternativa sostenible en la agricultura moderna.

V. Objetivos de investigación

5.1 Objetivos general

Evaluar el efecto de diferentes mezclas de sustratos elaborados con biochar de arroz, lombrihumus, olote y suelo sobre el crecimiento vegetativo y la calidad de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de invernadero en la Finca Guantánamo, La Concordia, Jinotega, durante el mes de Noviembre de 2025

5.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades físicas de los sustratos formulados con biochar de arroz, lombrihumus, olote y suelo (Capacidad de retención de agua, densidad aparente y capacidad de aireación).
- Analizar el efecto de las mezclas de sustratos elaborados con biochar de arroz, lombrihumus, olote y suelo sobre el porcentaje de germinación, de semillas de tomate bajo condiciones de invernadero.
- Determinar el efecto de cada mezcla de sustrato sobre el crecimiento vegetativo de las plántulas de tomate, evaluando variables como altura, número de hojas, diámetro del tallo y biomasa aérea y radicular.

VI. 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.

VII. Hipótesis

Las mezclas de sustratos elaboradas con biochar de arroz, lombrihumus, olote y suelo incrementan significativamente el porcentaje de germinación de semillas de tomate bajo condiciones de invernadero

El uso de diferentes proporciones de olote de maíz y biochar de arroz en combinación con suelo y lombrihumus, produce diferencias significativas en el crecimiento y desarrollo vegetativo de tomate en etapa de vivero bajo condiciones de invernadero

VIII. Operacionalización de Variables

| Objetivo específico | Variable conceptual | Subvariables / Dimensiones | Variable operativa / Indicador | Instrumentos / Técnica |
|---|------------------------------------|--|--|---|
| <p>Caracterizar las propiedades físicas de los sustratos formulados con biochar de cascarilla de arroz, lombrihumus, olete y suelo (Capacidad de retención de agua, densidad aparente y capacidad de aireación).</p> | <p>Calidad física de sustratos</p> | <p>-Capacidad de retención de agua, densidad aparente, aireación</p> | <p>- Capacidad de retención de agua (%) - Densidad aparente (g/cm³) - Porcentaje de aireación (%)</p> | <p>- Método del cilindro y análisis de laboratorio estandarizado - Balanza de precisión para mediciones de masa - Hoja de cálculo Excel para registro de resultados</p> |
| <p>Evaluar el efecto de las mezclas de sustratos elaborados con biochar de cascarilla de arroz, lombrihumus, olete y suelo sobre el porcentaje de germinación, de semillas de tomate bajo condiciones de invernadero.</p> | <p>Germinación</p> | <p>Calidad del sustrato</p> | <p>- Porcentaje de germinación (%)</p> | <p>- Guía de campo para seguimiento de germinación - Registro en hoja de campo Excel - Observación directa bajo condiciones controladas</p> |

| | | | | |
|--|-------------------------------|---|--|---|
| <p>Determinar el efecto de cada mezcla de sustrato sobre el crecimiento vegetativo de las plántulas de tomate, evaluando variables como altura, número de hojas, diámetro del tallo y biomasa aérea y radicular.</p> | <p>Crecimiento vegetativo</p> | <p>Desarrollo morfológico y fisiológico</p> | <p>-Altura de planta (cm) -Diámetro del tallo (mm)- Número de hojas - Biomasa aérea (g)</p> | <p>- Flexómetro y calibrador Vernier para medición de plantas - Hoja de campo Excel para registro de datos- Balanza de precisión para biomasa aérea</p> |
|--|-------------------------------|---|--|---|

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1. Origen y taxonomía del Tomate (*Solanum lycopersicum*)

El jitomate o "tomate rojo" es originario de América del Sur, aunque se considera a México como centro de su domesticación. Con la llegada de los españoles se expandió al viejo continente y de ahí a todo el mundo; con su comercialización y difusión. Actualmente forma parte de la dieta alimenticia de varias culturas de todo el mundo.

Se considera a nivel internacional, que las hortalizas junto con las frutas ocupan en nuestros días el segundo lugar de los productos agropecuarios, apenas aventajadas por los cereales.

Se estima que tan solo dos hortalizas contribuyen con el 50% de la producción en el mundo: la papa y el jitomate, lo cual nos indica el enorme

Tabla 0-1: Taxonomía

valor que este

último cultivo representa no solo en el comercio, sino también en el sistema alimentario mundial. (Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, 2007)

| Taxonomía | Clasificación |
|-----------|-----------------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| División | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase | <i>Magnoliopsida</i> |
| Subclase | <i>Asteridae</i> |
| Orden | <i>Solanales</i> |
| Familia | <i>Solanaceae</i> |
| Género | <i>Solanum</i> |
| Especie | <i>Solanum lycopersicum</i> |
| Fuente | (Burbano, 2025) |

2.2. Generalidades.

El Tomate es una planta de clima cálido, pero se adapta muy bien a climas templados; por lo que en Nicaragua se puede sembrar en gran parte del territorio, prefiriéndose aquellos ubicados en alturas entre los 1 000 y 1 5 0 0 m.s.n.m. En el período de lluvias la incidencia de enfermedades es mayor mientras que durante la época seca las plagas son el mayor problema. Sin embargo, dichos problemas son superables mediante un conjunto de prácticas agrícolas que incluyan métodos de manejo y controles adecuados, los cuales tienen que ser realizados en el momento y la forma precisa en que se indican, ya que de éstas depende el éxito de una buena cosecha (Chemonics Internacional , 2008).

2.2.1. Tallo

Es grueso, pubescente, anguloso y de color verde. Mide entre 2 y 4 cm de ancho y es más delgado en la parte superior. En el tallo principal se forman tallos secundarios, nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se ubica el meristemo apical, de donde surgen nuevos primordios florales y foliares (Marin & Ramirez Cartín, 2017)

Inicialmente el tallo tiene una apariencia herbácea; está compuesto de epidermis con pelos glandulares, corteza, cilindro vascular y tejido medular

2.2.3 Hoja

Es pinnada y compuesta. Presenta de siete a nueve foliolos peciolados que miden 4-60 mm x 3-40 mm, lobulados y con borde dentado, alternos, opuestos y, por lo general, de color verde, glanduloso-pubescente por el haz y ceniciento por el envés. Se encuentra recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo. La posición de las hojas en el tallo puede ser semirrecta, horizontal o inclinada (Marin & Ramirez Cartín, 2017).

2.2.4 Flor

Es perfecta y regular. Los sépalos, los pétalos y los estambres se insertan en la base del ovario. El cáliz y la corola constan de cinco o más sépalos y de cinco pétalos de color amarillo, que se encuentran dispuestos de forma helicoidal. Poseen cinco o seis estambres que se alternan con los pétalos, formando los órganos reproductivos. El ovario tiene dos o más segmentos.

Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimo, en grupos de tres a diez en variedades comerciales de tomate medianas y grandes. Las inflorescencias se ubican en las axilas, cada dos o tres hojas (INTA 2014). Es normal que se forme la primera flor en la yema apical, mientras que las demás aparecen en posición lateral y por debajo de la primera, siempre colindándose alrededor del eje principal, siendo el peciolo el que une la flor al eje floral (López Marin, Ramirez Carín, Bolaños , & INTA, 2017).

2.2.5 Fruto

Es una baya bilocular o plurilocular, globosa (figura 4) o alargada, que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 g. El fruto está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. En estado inmaduro es verde y, cuando madura, es rojo (EDIFORM 2006). Existen cultivares de

tomate con frutos de color amarillo, rosado, morado, naranja y verde, entre otros (López Marin, Ramirez Carín, Bolaños , & INTA, pág. 2017).

Frutos del tomate en estado verde. El fruto contiene las semillas, que tienen un tamaño promedio de 5 x 4 x 2 mts Son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginoso. Cada semilla está compuesta por el embrión, el endospermo y la cubierta seminal.

2.2.6 Sistema radicular

Ayuda a la planta a anclarse al suelo o al sustrato, absorbe y transporta nutrientes y agua a la parte superior de la planta. Está constituido por la raíz principal y las raíces secundarias y adventicias; estas últimas son numerosas y potentes y no superan los 30 cm de profundidad. El interior de la raíz presenta tres partes: epidermis, córtex y cilindro vascular. La epidermis contiene pelos que absorben el agua y los nutrientes, mientras que el córtex y el cilindro vascular cumplen la función de transportar los nutrientes (López Marin, Ramirez Carín, Bolaños , & INTA, pág. 2017).

2.3 Requerimientos del cultivo.

En el establecimiento de un cultivo se toman en cuenta muchos factores y uno de estos son los requerimientos edáficos y climáticos del cultivo, de manera que antes de elegir un cultivo debemos de considerarlos, y si estos no son los apropiados debemos de acondicionarlos a los requerimientos del cultivo, a continuación, se describen cada uno de estos elementos, en base al establecimiento del cultivo de tomate.

2.3.1 Luminosidad o Radiación

El tomate es un cultivo que no lo afecta el fotoperíodo o largo del día, sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 16 horas luz al día (Chemonics Internacional , 2008).

2.3.2 Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre 20 °C y 30 °C durante el día y entre 10 °C y 17 °C durante la noche. Temperaturas superiores a los 30 °C reducen la fructificación y la fecundación de los óvulos, afectan el desarrollo de los frutos y disminuyen el crecimiento y la biomasa de la planta. Las plantas de tomate se desarrollan mejor con temperaturas de entre 18 °C y 24 °C, (López Marin, Ramirez Carín, Bolaños , & INTA, 2017).

De la misma forma otros actores sugieren que, los rangos para un desarrollo óptimo del cultivo oscilan entre los 28 - 30° C durante el día y 15 - 18° C durante la noche. Temperaturas de más de 35° C y menos de 10°

C durante la floración provocan caída de flor y limitan el cuajado del fruto, aunque existen materiales genéticos que cuajan a altas temperaturas (Chemonics Internacional , 2008)

La temperatura, influye en todas las funciones vitales de la planta como la: transpiración, fotosíntesis, germinación, entre otras. Es una planta de clima cálido que requiere de mucho calor; para el tomate las temperaturas óptimas según el ciclo de vida es: temperaturas nocturnas entre 15 y 18 °C, temperaturas diurnas 24 a 25 °C y temperatura ideal en la floración de 21 °C. La temperatura óptima para la maduración del fruto es entre 18 - 24 °C. según (Amador, 2021)

2.3.3 Humedad Relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo de tomate oscila entre 65 - 70 %; dentro de este rango se favorece el desarrollo normal de la polinización, garantizando así una buena producción.

También la humedad relativa (HR) óptima, que se ubica entre 60 % y 80 %, favorece el desarrollo normal de la polinización y garantiza una buena producción. El exceso o déficit de HR produce desórdenes fisiológicos y favorece la presencia de enfermedades. Una humedad relativa superior al 80 % favorece la permanencia de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificulta la fecundación, ya que el polen se humedece y hay aborto floral. Una alta humedad relativa y una baja iluminación reducen la viabilidad del polen y pueden limitar la evapotranspiración, disminuir la absorción del agua y los nutrientes, generar déficit de elementos como el calcio e inducir desórdenes fisiológicos. Una humedad relativa menor al 60 % dificulta la polinización (López Marin, Ramirez Carín, Bolaños , & INTA, 2017)

2.3.4 Suelo

El suelo provee cuatro necesidades básicas de las plantas: agua, nutrientes, oxígeno y soporte. Los suelos aptos para cultivar tomate son los de media a mucha fertilidad, profundos y bien drenados, pudiendo ser franco-arenosos, arcillo arenosos y orgánicos. El pH del suelo tiene que estar dentro de un rango de 5.9 a 6.5, para tener el mejor aprovechamiento de los fertilizantes que se apliquen (Chemonics Internacional , 2008).

2.4 Manejo agronómico del cultivo de tomate

Al establecer un cultivo, hay que tomar en cuenta los diferentes aspectos agronómicos que requiere el cultivo, a fin de tener un mayor control sobre el cultivo, hay que destacar la importancia de las condiciones climáticas y edáficas antes de elegir una variedad, de manera que esta se adapte lo más pronto posible a su nuevo entorno. El establecimiento inicia con la elección de variedad, semillero, preparación de suelo, trasplante,

MIP (Manejo integrado de plagas y enfermedades), nutrición, hasta la cosecha. A continuación, se describen más a detalle cada uno de estos elementos, que a su vez nos permiten una guía al querer o el tener establecido el cultivo.

2.4.1 Manejo de plagas

El control de plagas en un vivero de tomate requiere un enfoque integral que combine prevención, monitoreo y tratamientos efectivos.

| Plaga | Agente causal | Daños | Control |
|--|----------------------------|--|--|
| Araña roja (Equipo Editorial INTAGRI, 2001 - 2024) | Tetranychus urticae (Koch) | Se desarrolla en el envés de las hojas, causando decoloraciones y manchas amarillentas que pueden observarse en el haz como primeros síntomas. | Control cultural: <ul style="list-style-type: none"> • Desinfección del suelo. • Eliminación de malas hierbas y restos de cultivo. • Vigilancia de los cultivos en las primeras fases de desarrollo. Control químico: <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de acaricidas específicos. |
| Mosca blanca (Instituto Nacional Tecnológico , 2018) | Bemisia tabaci (Genn.) | Provoca amarillamiento y debilitamiento de las plantas, causado por las larvas y los adultos que succionan la savia. | Control cultural: <ul style="list-style-type: none"> • Colocación de mallas en las bandas de los invernaderos. • Eliminación de malas hierbas y restos de cultivo. • Evitar asociar cultivos en el mismo |

| | | | |
|---------------------------------------|------------------------|---|--|
| | | | invernadero. • Colocación de trampas cromáticas amarillas. |
| Pulgón (INATEC, Enero 2018) | Aphisgossypii (Sulzer) | Se alimenta de órganos jóvenes, tiernos y en desarrollo, formando colonias que se distribuyen por toda la planta. | Control cultural: • Colocación de mallas en las bandas del invernadero. • Eliminación de malas hierbas y restos del cultivo anterior. • Colocación de trampas cromáticas amarillas. |

Tabla:2: Manejo de enfermedades

2.5 Establecimiento de semillero

Establecimiento del semillero

El semillero debe desinfectarse antes de realizar la siembra por diferentes métodos:

- A. -Físicos (agua caliente)
- B. -Orgánicos (cal 0.5 kg/m² de semillero).
- C. -Orgánicos (cal 0.5 kg/m² de semillero).
- D. -Químicos (Benlate 15 g/bomba aspersor, Carboxin + Captan) 5 g/L de agua).

Puede realizarse en bancos de 1m de ancho por 0.15 a 0.20 m de alto, dependiendo de la disponibilidad del área; también se pueden utilizar bandejas las que tienen diferentes dimensiones para 128 o 200 plántulas. (Instituto Nacional Tecnológico , 2018)

El éxito en la producción del almácigo lo determina el sustrato. Un sustrato es de calidad cuando permite un buen desarrollo radical, mantiene la integridad de las raíces, posibilita extraer la plántula de la celda con facilidad y sin dañarla, además de que adopta la forma y el tamaño del recipiente (Salinas & Laguna Lagun, 2020).

2.5.1 Fertilización

Los cultivares modernos de tomate son consumidores de minerales pesados; utilizan grandes cantidades de nutrientes minerales y recompensan al productor con un abundante rendimiento. Como los frutos de tomate son ricos en azúcares y ácidos orgánicos, su producción requiere una gran nutrición de potasio porque este elemento es instrumental en la síntesis de aquellos ingredientes. (© All rights reserved SQM S.A.)

En la primera etapa de crecimiento, el trasplante y la semilla deben desarrollar un sistema radicular sustancial, el cual respaldará el desarrollo de los tallos y el follaje que constituyen la condición previa para lograr el rendimiento de la planta. Los tres macronutrientes, es decir, N, P y K, deberían estar disponibles en cantidades suficientes para permitir el desarrollo de este sistema de raíces. También debe destacarse a este respecto que la forma ideal de nitrógeno, que se suministrará durante todo el ciclo de crecimiento del cultivo de tomate, es el nitrato (NO_3^-). La proporción máxima de nitrógeno amoniacal que la planta puede captar, sin que esto ocasione un rendimiento reducido, es del 20% en condiciones de campo, y solo del 5-7% en nutrición hidropónica (© All rights reserved SQM S.A.)

Principales funciones de los nutrientes en el cultivo de tomate

| Nutriente | Principales funciones en la planta de tomate |
|----------------------|---|
| Nitrógeno (N) | Favorece el crecimiento vegetativo, desarrollo de hojas y tallos; esencial para la síntesis de proteínas y clorofila. |
| Fósforo (P) | Estimula el desarrollo radicular, la floración y la maduración de frutos; participa en la transferencia de energía (ATP). |
| Potasio (K) | Regula la apertura estomática, mejora la calidad del fruto y la resistencia a enfermedades. |
| Calcio (Ca) | Fortalece las paredes celulares y previene fisiopatías como la pudrición apical. |
| Magnesio (Mg) | Componente central de la clorofila, interviene en la fotosíntesis y la activación enzimática. |

| | |
|-----------------------|--|
| Nutriente | Principales funciones en la planta de tomate |
| Azufre (S) | Participa en la formación de aminoácidos y proteínas, además de mejorar el sabor del fruto. |
| Hierro (Fe) | Necesario para la síntesis de clorofila y la respiración celular. |
| Zinc (Zn) | Interviene en la síntesis de hormonas de crecimiento (auxinas) y en la formación de clorofila. |
| Cobre (Cu) | Participa en la fotosíntesis y en el metabolismo de carbohidratos y proteínas. |
| Manganeso (Mn) | Actúa en la fotosíntesis y en la activación de enzimas. |
| Boro (B) | Favorece la floración, la formación del fruto y el transporte de azúcares. |
| Molibdeno (Mo) | Participa en la asimilación del nitrógeno. |

(Función de los nutrientes por fase de desarrollo del tomate, 2025)

2.5.2 Riego

El tomate presenta tres períodos críticos de necesidad hídrica: emergencia de plántulas, floración, y cuando los frutos han alcanzado una quinta parte de su crecimiento, aunque otro criterio indica que los tres períodos importantes con relación al riego abarcan: desde el trasplante al inicio de formación del fruto, desde la formación del fruto hasta el primer corte, y el periodo de cosecha que requiere el mayor número de riegos.

El exceso de agua, especialmente en los suelos fértiles, causa también un crecimiento considerable de las ramas y baja productividad; por el contrario, si el suelo se seca excesivamente, puede ser la causa de que los frutos se revienten. El éxito o fracaso de un sistema de cultivos en particular puede muy bien depender del programa de manejo del agua seguido. El agua debe estar disponible en el suelo para reponer las pérdidas por evaporación del suelo y por transpiración de los cultivos, aunque es difícil determinar el contenido óptimo de humedad, y más difícil aún es mantener este contenido de humedad específico durante cierto período de tiempo (Gonzales Meza & Hernandez, 2000)

Para determinar el déficit de agua en el suelo a reponer con el riego y la frecuencia con que ello debe hacerse, se requiere conocer las necesidades de agua de los cultivos. Esto ayudará a mantener su rendimiento, acorde con los beneficios que se esperan del regadío. Las necesidades de agua de los cultivos

y la utilización del agua dependen de la integración de factores climáticos, botánicos y edáficos. Los dos primeros determinan la demanda de agua, mientras que la interacción de los dos últimos establece la oferta de agua porque afectan la retención y movimiento de agua en las raíces, (Gonzales Meza & Hernandez, 2000)

2.6 Sustrato

El suelo es el medio más utilizado para la producción de cultivos; sin embargo, problemas como salinidad, compactación, baja fertilidad, patógenos, malezas y otros factores han limitado los rendimientos de los cultivos. Una alternativa para producir en áreas donde el crecimiento de los cultivos se ve restringido por problemas en el suelo es el uso de sustratos. Se entiende por sustrato a todo material sólido de origen orgánico o mineral diferente al suelo, el cual colocado en un contenedor provee un medio adecuado para el crecimiento a las plantas, pudiendo o no intervenir en la nutrición del cultivo; también proporciona oxígeno, agua y dióxido de carbono (Intagri, 2024)

Hay muchas formas de definir qué es un sustrato, pero la más sencilla sería afirmar que es cualquier material diferente al suelo que se utiliza para retener el agua y los nutrientes y para servir de anclaje al sistema radicular (las raíces) de la planta. Los sustratos pueden estar formados por materiales orgánicos, inorgánicos o por una combinación de ambos tipos (Sistemas Hortícolas Almería S.L., 2022).

2.6.1 Importancia en la utilización de sustratos

- A. Anclar y aferrar el sistema radical
- B. Protegerlo de la luz.
- C. Proporcionar una libre circulación de oxígeno para la respiración radical y difusión del dióxido de carbono
- D. Contener el agua que la planta necesite.
- E. Puede intervenir o no en la nutrición mineral de la planta.
- F. En el primer caso actúa como depósito de reserva de nutrientes almacenándolos cediéndolos según las exigencias de la planta.
- G. En el segundo, solo actúa como soporte de la planta. (BARBARO, 2023)

2.6.2 Origen del sustrato

La técnica de cultivo en agua, con o sin sustratos ya se experimentaba en el siglo XVII, empleándose para conocer los requerimientos en fertilizantes de las plantas, su desarrollo comercial se inició en 1930. El cultivo en sustrato mayormente lana de roca comienza su expansión en Holanda a principio de los años 70. En España la utilización de los sustratos en cultivos empieza en la década de los 80 principalmente en el este peninsular disponiéndose bajo invernaderos de climas pasivo (J López – Gálvez, 1996).

2.6.2.1 Sustrato orgánico

Los sustratos orgánicos son materiales naturales que se utilizan para mejorar la estructura del suelo, retener la humedad y proporcionar nutrientes a las plantas. Algunos ejemplos de sustratos orgánicos incluyen compost, estiércol, turba, humus y otros residuos orgánicos. Estos materiales contienen nutrientes esenciales, microorganismos beneficiosos y otros componentes que pueden mejorar la salud del suelo y promover el crecimiento de las plantas. (minerales, 2023)

2.6.2.2 Sustratos inorgánicos

Son aquellos elaborados a partir de materiales artificiales que ofrecen características únicas para favorecer el crecimiento de las plantas en condiciones controladas. Ejemplos comunes de este tipo de sustratos son la perlita, la vermiculita y la fibra de coco, conocidos por su capacidad de drenaje, aireación y estabilidad en el medio de cultivo. Estos sustratos son ampliamente utilizados en la hidroponía y en cultivos en macetas en interiores. (Hortalan, junio, 2024)

2.6.2.3 Características para determinar un buen sustrato.

A. El Retención de humedad y drenaje:

Un buen sustrato debe ser capaz de retener suficiente agua para mantener las raíces hidratadas, pero también permitir un buen drenaje para evitar el encharcamiento y la asfixia radicular.

B. Textura adecuada:

La textura del sustrato debe ser porosa y permitir una buena aireación de las raíces, lo que facilita el intercambio de gases y el crecimiento saludable.

C. pH adecuado:

El pH del sustrato debe ser compatible con las necesidades de las plantas que se van a cultivar. Algunas plantas prefieren un pH ácido, mientras que otras se desarrollan mejor en un pH neutro o ligeramente alcalino.

D. Libre de plagas y enfermedades:

Un buen sustrato debe estar libre de patógenos, maleza y semillas de malas hierbas que puedan afectar el desarrollo de las plantas.

E. Nutrientes:

Un sustrato ideal debe contener los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas o facilitar la incorporación de fertilizantes.

F. Estabilidad:

Un buen sustrato debe mantener su estructura y propiedades a lo largo del tiempo, sin degradarse rápidamente.

2.7 olote de maíz

Olote es un residuo o subproducto agrícola que se genera en grandes cantidades en el proceso de separación del grano de la mazorca y se estima que por cada tonelada de maíz se obtienen 170 kg de olote. Datos recientes sobre la producción mundial de maíz en el 2010 (844 millones de toneladas) puede estimarse que se generan alrededor de 144 millones de toneladas de olote por año. Molidos o enteros los olotes de maíz son usados como cobertura de rosas en invernadero. (Rodríguez-Martínez, Junio 2016)

El olote del maíz (*Zea mays*) se encuentra entre las fuentes de recursos no maderables con un alto contenido de xilanas, por lo que ha sido considerado de interés como fuente alternativa de diferentes compuestos químicos de interés comercial o industrial, entre otras fuentes de biomasa. En este sentido, el uso o aplicación química del olote ha estado muy restringido debido a la dificultad que existe para acceder a sus componentes (carácter recalcitrante) e incompleta caracterización química, así como la valoración de sus principales productos (lignina, celulosa y hemicelulosas).

Entre los usos del olote que han sido reportados en la literatura se encuentran la aplicación como forraje para rumiantes, soporte para disminuir la erosión en la tierra y también como sustratos para la producción de la enzima xilanasa. Sin embargo, hay pocos reportes en la literatura sobre su potencial para la obtención de compuestos orgánicos, u otros productos de uso industrial (Rodríguez-Martínez, Junio 2016)

El olote del maíz (*Zea mays*) tiene un alto contenido de xilanos, y ha sido considerado de interés como fuente alternativa de biomasa (1). Su bajo costo y alta disponibilidad lo ha vuelto un residuo atractivo para fermentación, sin embargo, el principal impedimento para su utilización industrial es la falta de una tecnología de bajo costo para degradar la fracción recalcitrante de la biomasa. Una alternativa prometedora son los métodos biológicos que utilizan organismos celulíticos para obtener azúcares fermentables.

2.8 Biochar de cascarilla de arroz

El biochar de cascarilla de arroz es un excelente componente para sustratos de plantas, ya que mejora la aireación, el drenaje y la retención de humedad del suelo, además de aportar nutrientes. También puede ayudar a reducir la compactación del suelo y a mejorar la actividad microbiana beneficiosa (Bioespasio, 2025)

Beneficios del biochar de cascarilla de arroz en sustratos:

A. Mejora la estructura del suelo:

El biochar, con su estructura porosa, ayuda a airear el suelo, lo que facilita el movimiento del aire y el agua, y reduce la compactación (Bioespasio, 2025).

B. Retención de humedad:

A pesar de mejorar el drenaje, el biochar también ayuda a retener agua, lo que es beneficioso para las plantas, especialmente en climas secos o durante períodos de sequía (Bioespasio, 2025).

C. Liberación lenta de nutrientes:

El biochar puede adsorber nutrientes y liberarlos gradualmente a las plantas, actuando como un reservorio de nutrientes (Bioespasio, 2025).

D. Mejora la actividad microbiana:

La estructura porosa del biochar proporciona un hábitat para los microorganismos beneficiosos del suelo, lo que puede aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Bioespasio, 2025).

E. Control de pH:

El biochar puede ayudar a regular el pH del suelo, lo que puede ser beneficioso para ciertas plantas que son sensibles a cambios en el pH (Montero, Pizarro, & Rastrero, 2021).

F. Sustituto de otros materiales:

La cascarilla de arroz quemada puede ser una alternativa sostenible a materiales como la perlita o la turba, que pueden ser costosos o tener un impacto ambiental negativo (Bioespacio, 2025).

2.9 Lombrihumus

El lombrihumus, también conocido como humus de lombriz, es un excelente mejorador de suelo y fertilizante natural para usar en sustratos. Se obtiene mediante el análisis de materia orgánica por lombrices, principalmente lombriz roja californiana, y es rico en nutrientes y microorganismos beneficiosos para las plantas (Purplant, 2024).

Capítulo III

3. Diseño metodológico

El diseño metodológico evalúo el efecto del raquis de maíz como sustrato en el crecimiento de plántulas de tomate en finca perteneciente al departamento de Jinotega, con el propósito de validar resultados desde un contexto real, y condiciones propias de esa localidad, debido a que representa una zona potencial para el cultivo de hortalizas, lo que genera una alta demanda de plántulas sanas y de buena calidad, y sobre todo disminuir los costos de producción.

3.1 Área de estudio

La investigación pertenece al Área de conocimiento de:

Tecnología, innovación, y energías renovables (Vicerrectorado de investigación, 2018)

La línea de investigación pertenece a la línea;

154 estudio de innovación agropecuaria y agroindustria (Vicerrectorado de investigación, 2018)

3.2 Ubicación del estudio

La investigación se realizará en el municipio de La Concordia, departamento de Jinotega, en la Finca Guantánamo, ubicada en la comunidad Colón Abajo (13.1153235, -86.1652843). La finca es propiedad del señor Andrés Avelino Chavarría y pertenece a una familia de siete miembros, quienes se dedican a trabajos de construcción y a las labores agrícolas para mantener la finca en funcionamiento.

La finca tiene una extensión de 1.40 hectáreas,

divididas en tres áreas: vivienda o traspatio, área de cultivo y área de bosque. Es una finca orgánica certificada por el INTA, dedicada principalmente a la agricultura de

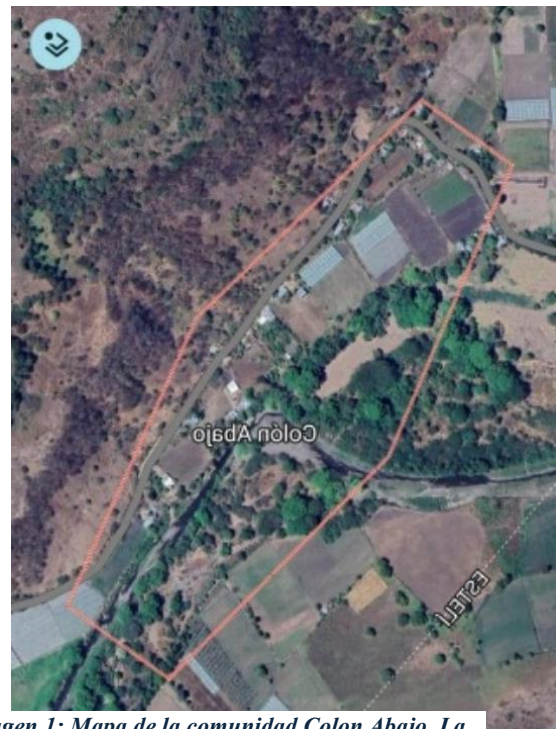


Imagen 1; Mapa de la comunidad Colon Abajo, La Concordia Jinotega

subsistencia, y cuenta con el apoyo de distintas instituciones que acompañan sus actividades productivas.

Se cultivan granos básicos como maíz y frijol, y hortalizas como tomate, chiltoma, pipián, ayote, chile, sandía, melón y cebolla. Además, dispone de un sistema de riego por goteo automatizado alimentado con energía solar y una casa maya destinada al cultivo de tomate y chiltoma

3.3 Clima

El municipio de la Concordia se caracteriza por ser de clima tropical de sabana, con una estación seca y una estación lluviosa bien definida. La estación seca que va de diciembre a abril y la estación lluviosa, de mayo a noviembre, es húmedo y nublado. La temperatura oscila entre 16° C y los 31° C durante todo el año. (Weather Spark, 2025).

3.4 Suelo

El municipio se encuentran suelos principalmente aptos para agricultura, ganadería y producción de hortalizas. Son parte del relieve de la zona, con valles estrechos y montañas, incluyendo la Cordillera Isabelia (EcuRed, 2025)

Se caracteriza por ser un suelo bastante arcilloso, de textura densa y pegajosa, especialmente cuando esta húmeda y cuenta una excelente retención de agua, lo que en ocasiones puede dificultar el drenaje y la aireación.

3.5 Descripción del diseño experimental

El experimento evaluó diferentes sustratos para el crecimiento de plántulas de tomate, usando un Diseño Completamente al Azar (DCA) compuesto. Se compararon sustratos a base de olote de maíz + lombrihumus, suelo agrícola, biochar de cascarilla de arroz en diferentes proporciones. El objetivo fue evaluar el efecto sobre el crecimiento vegetativo, calidad morfológica de las plántulas de tomate (variedad Pony Express F1) bajo manejo un convencional en invernadero, con 4 tratamientos y 16 repeticiones.

Para evaluar nuestra investigación (DCA), se diseñó cuatro tratamientos experimentales basados principalmente en proporciones y combinaciones, por lo que se busca encontrar cuál de estos es el más viable, para evaluar diferencias entre cada uno de ellos

Tabla 3: Diseño completamente al azar





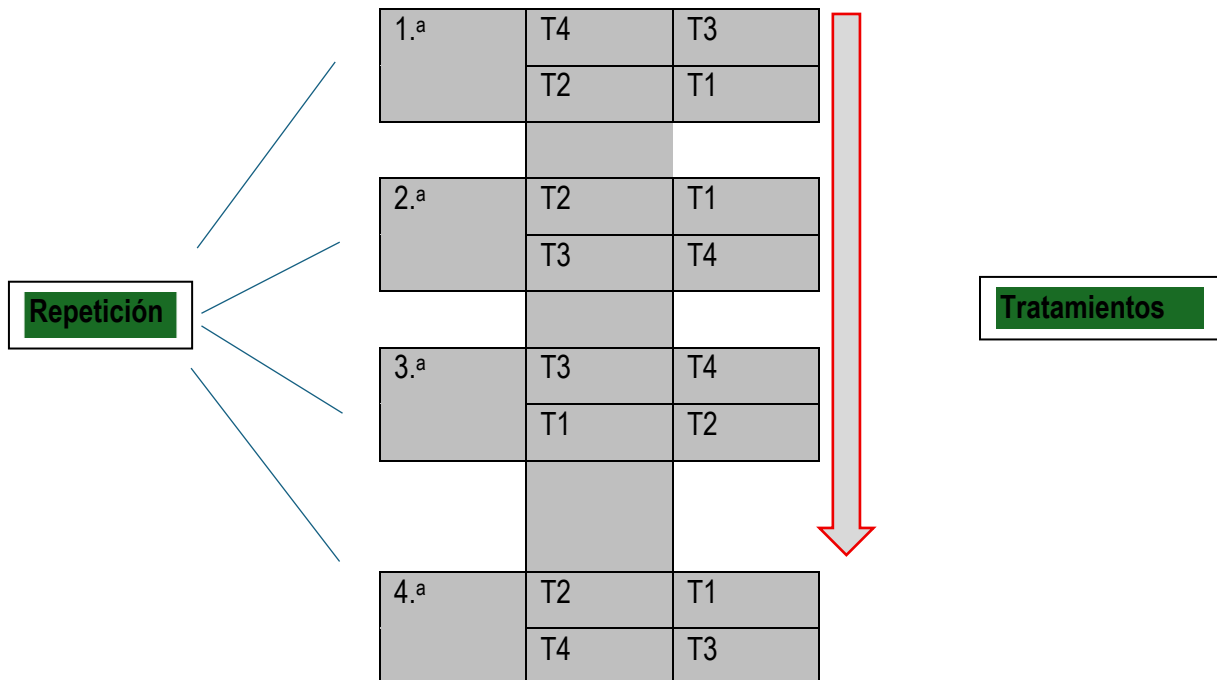
| | | | | |
|---|----|----|----|----|
| 1. ^a  | T4 | T3 | T2 | T1 |
| 2. ^a  | T2 | T1 | T3 | T4 |
| 3. ^a  | T3 | T4 | T1 | T2 |
| 4. ^a  | T2 | T1 | T4 | T3 |

Tabla 4: Distribución y ubicación de los tratamientos dentro del invernadero



3.6. Descripción de los tratamientos.

Descripción de los tratamientos

El experimento se estableció con cuatro tratamientos, cada uno compuesto por diferentes proporciones de materiales orgánicos y suelo agrícola, con el objetivo de determinar cuál combinación ofrece mejores condiciones para el crecimiento de las plántulas de tomate.

Tratamiento(T1)

Está formado por una mezcla de 60 % de cascarilla de arroz y 40 % de lombrihumus.

La cascarilla de arroz (biochar) mejora la aireación y el drenaje del sustrato, mientras que el lombrihumus aporta nutrientes esenciales y microorganismos benéficos que favorecen el desarrollo radicular y foliar de las plántulas.

Tratamiento(T2):

Compuesto por 60 % de olote de maíz (2 mm) y 40 % de lombrihumus. Este tratamiento busca aprovechar el olote de maíz como material alternativo de origen agrícola, combinándolo con lombrihumus para mejorar la fertilidad y las propiedades físicas del sustrato.

Tratamiento(T3):

Consiste en 60 % de olote de maíz (2 mm) y 40 % de suelo agrícola. Se utiliza el raquis para aumentar la porosidad del suelo, mientras que el suelo agrícola aporta estructura y microorganismos naturales, aunque con menor contenido de materia orgánica que los tratamientos anteriores.

Tratamiento(T4):

Contiene una mezcla balanceada de 25 % de olote de maíz (2 mm), 25 % de biochar de cascarilla de arroz, 25 % de lombrihumus y 25 % de suelo agrícola. Este tratamiento combina las ventajas de los materiales utilizados en los demás tratamientos, buscando un equilibrio entre aireación, retención de humedad y aporte de nutrientes para el crecimiento óptimo de las plántulas.

3.7 Variable a evaluar el sustrato a partir de cada tratamiento

3.7.1 Germinación de plántulas

Se contabilizó el número de semillas germinadas (DDS) y se registró esta información en una base de datos de Excel. Se documentó el recuento de semillas germinadas cada día, llevando un 7 registro detallado en una hoja de cálculo después de los primeros días después de la emergencia.

$\% \text{ De germinación} = \text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas} / \text{N}^\circ \text{ de semillas sembradas} \times 100$

Guía para evaluar propiedades físicas de un sustrato

Esta guía describe los procedimientos para determinar las propiedades físicas más importantes de un sustrato: porosidad total, capacidad de aireación, capacidad de retención de agua y densidad aparente, tomando en cuenta que se evaluará por cada uno de los tratamientos.

Materiales

- Sustrato (tratamientos)
- Cilindro graduado
- Balanza gr
- Agua
- Horno o estufa (105 °C)
- Papel absorbente
- Espátula
- Guantes
- Papel
- Marcador

Procedimiento pasó a paso

7.2.1 Densidad aparente (DA)

Fórmula:

$$DA = \text{Masa seca del sustrato (g)} / \text{Volumen del cilindro (cm}^3\text{)}$$

1. Pesar el cilindro vacío → P1.
2. Llenar el cilindro con sustrato sin compactar.
3. Pesar el cilindro con sustrato → P2.
4. Calcular la masa del sustrato: $Ms = P2 - P1$.
5. Medir el volumen del
6. cilindro → V.
7. Calcular DA: $DA = MS / V$. ((Anna R. Schwyter & Karen L. Vaughan, 2010))

3.7.2.2 Capacidad de retención de agua (CRA)

Fórmula:

$$CRA (\%) = (\text{Masa húmeda} - \text{Masa seca}) / \text{Masa seca} \times 100$$

- 1 Pesar la muestra seca → Ms.
- 2 Saturar el sustrato con agua y dejar drenar 24 h → pesar → Mh.
- 3 Secar a 105 °C para confirmar masa seca → Ms.
- 4 Calcular CRA usando la formula. ((Argentel, L.; González, L. M.; Ávila, C.; Aguilera, R))

Capacidad de aireación (CA/Dr) x 100

$$CA = (1 -)$$

Densidad aparente (o densidad seca) del sustrato en gramo/diámetro³ / c m cúbicos $g/cm^3 dr$

Densidad real de las partículas del sustrato (generalmente se usa 2.65gramo/diámetro³ 2.65 g / c m cubed $2.65g/cm^3$ como valor estándar).

Pasos para calcular la aireación

1. Determina la densidad aparente (*da*)

Mide el peso de una muestra de sustrato seco y divídelo por su volumen.

2. Determinar la densidad real (dr):

Usa un valor estándar de 2.65 g/cm³ o el valor específico para el material que estás usando (Troy Buechel, 2019)

Crecimiento vegetativo.} Índice de esbeltez

3.7.3 Diámetro del tallo:

Se midió el diámetro del tallo con un pie de rey, a nivel del suelo, a fin de conocer el diámetro del mismo por cada una de las repeticiones, a los 28 días después de la siembra, teniéndose una hoja de campo para la toma de datos de cada uno de los tratamientos. Un tallo grueso indica que la planta ha desarrollado una estructura fuerte y resistente, lo que es importante para la estabilidad y el transporte de nutrientes.

3.7.4 Altura de la planta:

Se midió la altura de las plántulas desde la base hasta la punta de la hoja con un flexómetro en centímetros en intervalos de 8 días, iniciando el día 8 después de la emergencia en cada una de las repeticiones de los tratamientos. Esta medida refleja el crecimiento vertical de la planta, lo que indica su capacidad para competir por la luz y el espacio.

3.7.5 Número de hojas:

Dentro de la misma área foliar, también se contabilizó el número de hojas por cada tratamiento y en cada una de las repeticiones, en los días (8,16,24,28) a partir de la germinación. Conociendo que las hojas son esenciales para la fotosíntesis, por lo que un mayor número de hojas indica una mayor capacidad para producir alimento y energía para la planta.

3.7.4 Calidad morfológica de las plántulas

3.7.4.1 Peso fresco y seco del área foliar

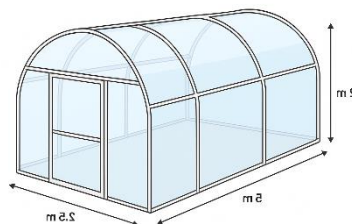
Se mide a partir de la separación de los órganos como raíz y área foliar, dejándose en un horno para eliminar el contenido de agua de cada una de las muestras por tratamiento, a temperatura de $\pm 105\text{ C}^\circ$ mediante el método del horno.

3.7.4.2 Peso fresco y seco de la raíz

Determinar el peso de la raíz después de secarlas para eliminar la humedad por medio del método del horno a una temperatura de 100 a 105° C por 24 horas. El peso fresco de la raíz incluye el agua que la raíz ha absorbido, por lo tanto, el aumento en la materia fresca generalmente indica un buen estado de hidratación y absorción de nutrientes, mientras que el peso seco de la raíz, después de eliminar toda el agua, refleja la cantidad de materia vegetal producida por la raíz.

3.8 Condiciones del cultivo para el experimento.

El experimento se llevó a cabo en la Finca Guantánamo, propiedad del señor Avelino Chavarría, bajo condiciones de invernadero, cuyas dimensiones se muestran en la imagen correspondiente.



Las plántulas se establecieron en bandejas de 128 alvéolos, con dimensiones aproximadas de 53 a 54 cm de largo, 26 a

28 cm de ancho y una profundidad de 4 a 5 cm. Estas bandejas, elaboradas en polipropileno negro, poseen un volumen de 24 a 46 cm³ por alvéolo y estarán colocadas sobre bancos de madera a 90 cm de altura, para mantenerlas aisladas del suelo y facilitar el manejo (Termoformados , 2025)

Cada tratamiento y repetición será rotulado y etiquetado para su fácil identificación durante el desarrollo del experimento. El sistema de riego será manual, utilizando una regadera metálica para garantizar una distribución uniforme del agua. Además, se aplicó un programa de fertilización y se implementará un manejo integrado de plagas (MIP).

3.8.1 Plan de fertilización

El siguiente programa de fertilización fue elaborado en base a dosis para bomba de mochila de 20lt, reflejándose dosificaciones específicas para 2lt de una solución.

Tabla 5: Programa de fertilización

| Semana | Etapas de Plántula | Productos | Dosis para 2 L | Objetivo Principal |
|----------------|--------------------------------|--|--------------------------|---|
| 1 (0-7 días) | Germinación / Emergencia | Kalex + Nutrirapid 10-30-10 + Oligomix | 5 cc + 5 cc + 1 g | Enraizamiento inicial, buena emergencia, aporte de micronutrientes |
| 2 (8-15 días) | Plántula joven (2 a 3 hojas) | Nutrirapid 10-30-10 + Albamin + Activa | 5 cc + 5 cc + 5 cc | Crecimiento inicial, mejor absorción, vigor |
| 3 (16-22 días) | Desarrollo vegetativo | Albamin + Nutrirapid + CalciBorozinc + Lonite Humus + Oligomix | 5 cc + 5 cc + 5 cc + 1 g | Balance nutricional, corrección de carencias, raíces y tallos fuertes |
| 4 (23-30 días) | Endurecimiento y pretrasplante | Silimax + Mi Potasio + Albamin | 5 cc + 2.5 cc + 5 cc | Fortalecer tejidos, resistencia y preparación para trasplante |

3.9 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo cuantitativa experimental, por lo que se buscó establecer una relación entre una variable y otra, o si se ven afectadas por un determinado fenómeno y así evidenciar una idea objetiva, que permita validar nuestros objetivos propuestos.

3.10 Población y selección de la muestra

Para nuestra experimentación estuvimos utilizando la variedad Poni F1, para lo que se ha diseñado un invernadero, teniéndose 8 bandejas de 128 alveolos cada una, divididas en 2 apartados para el establecimiento de 56 plántulas por repetición, por lo que tuvimos un total de 896 plántulas de tomate para la experimentación.

La muestra, que es un subconjunto de la población, se toma seleccionando 10 plántulas por cada repetición, que representa el 17.85% por repetición y el 1.11% de la población total.

Población= 896 plántulas (56 plántulas por cada repetición)

Muestra = 10 plántulas por repetición.

3.11 Técnicas, instrumentos para el procesamiento y análisis de datos.

El presente apartado, detalla las técnicas aplicadas, los instrumentos utilizados y el procedimiento empleado, para la recolección de datos, en el experimento Olot de maíz como sustrato, en el crecimiento de plántulas de tomate, en finca Guantánamo, la Concordia Jinotega 2025.

Se empleó la observación directa y la medición cuantitativa, las cuales permitieron, evaluar, el comportamiento del crecimiento de plántulas de tomate, bajo los diferentes tratamientos de sustrato, con incorporación de olot de maíz. La observación científica, es una técnica, fundamental para obtener datos precisos, en experimentos de campo y vivero. (Codming, 2023).

La recolección de datos, se realizó de manera semanal, durante el período de vivero (aproximadamente 25 días). En cada evaluación se seleccionaron todas las plántulas de la muestra, de cada tratamiento y se midieron las variables, de altura, diámetro del tallo, número de hojas y biomasa. Los datos se anotaron en fichas de campo y posteriormente se transfirieron, a hojas de cálculo, para su análisis estadístico.

3.12 Técnicas e instrumentos:

Hoja de campo, flexómetro, calibrador vernier, horno de secado (Biomasa fresca y seca)

Detalle el procedimiento de recolección de datos

3.12 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

3.12.1 Hoja de *campo*:

También denominado registró de fitosanitarios o cuaderno de explotación, es el documento en el que debes registrar todos los tratamientos fitosanitarios que realices en tu explotación (Agroptima Blog, 2019)

3.12.2 Flexómetro:

Es una herramienta de medición que consiste en una cinta flexible y retráctil que esta graduada en unidades métricas (centímetros metros) o imperiales (pulgadas y pies). Se utiliza para medir dimensiones lineales, como longitud, el ancho y las alturas de los objetos (Entaban , 2025)

3.12.3 Calibrador vernier:

Es un instrumento de medición utilizado para medir dimensiones externas, internas y de profundidad de objeto pequeños con alta precisión. Consiste en una regla graduada con una escala principal y una escala vernier móvil, la cual permite realizar medidas mucho más precisas que las ofrecidas por una regla común (Grupo ferre-max, 2023)

3.12.4 Horno de secado:

Es un equipo que se utiliza calor y un flujo de aire controlado para evaporar y eliminar la humedad de un material o producto, acelerando el proceso de secado de forma uniforme. Estos hornos se emplean en laboratorios, la industria y para aplicaciones caseras, con el fin de secar o curar objetos, esterilizar equipos, y en la fabricación de pinturas, productos alimenticios y farmacéutico (Cromtek, 2021)

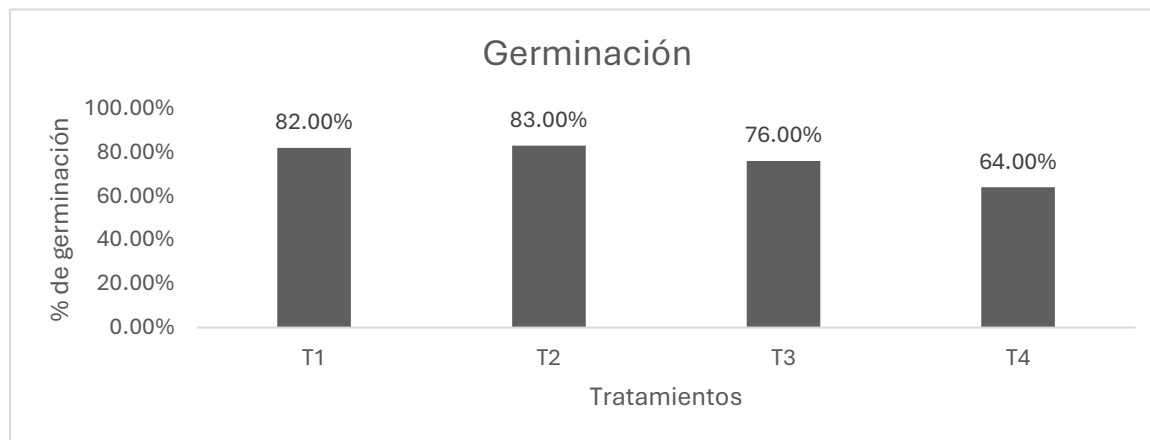
Capítulo IV

4. Resultados y discusión

4.1 Evaluación de germinación.

La Figura 1 presenta el comportamiento del porcentaje de germinación de semillas de tomate bajo cuatro formulaciones de sustrato. Los datos muestran que el tratamiento T2, compuesto por 60 % de raquis de maíz con granulometría fina y 40 % de lombrihumus, obtuvo el valor más alto de germinación con 83 %. En segundo lugar aparece el tratamiento T1, formulado con biochar de cascarilla de arroz y lombrihumus, con 82 %. El tratamiento T3, que combina suelo agrícola con raquis de maíz, alcanzó 76 %, mientras que el valor más bajo se observó en el tratamiento T4 (mezcla balanceada de olote, cascarilla de arroz, lombrihumus y suelo), con 64 %. Estos resultados indican que las mezclas con mayor proporción de materia orgánica estabilizada (T1 y T2) facilitan la emergencia de las semillas, mientras que las formulaciones con mayor heterogeneidad estructural (T4) limitan el proceso de germinación.

Figura 1. Porcentajes de germinación del cultivo de tomate



El desempeño superior del tratamiento T2 sugiere que el olote triturado, cuando se combina con lombrihumus, genera una estructura física que mejora la aireación y retención de humedad alrededor de la semilla, elementos clave en la fase de imbibición. La capacidad del lombrihumus para liberar nutrientes disponibles y mantener una micro biota benéfica también podría favorecer el proceso germinativo.

Estos hallazgos concuerdan con los resultados encontrados por (Cerdas A. , 2007), quien reportó porcentajes de germinación cercanos al 80 % en mezclas orgánicas empleadas en tomate, cifra similar a la encontrada para T1 y T2. Del mismo modo, estudios recientes han demostrado que los residuos lignocelulósicos finamente triturados mejoran la germinación debido a su baja densidad aparente y adecuada aireación (García-Sánchez, 2020)

Además, el uso de lombricompost como mejorador del sustrato ha mostrado efectos positivos en la emergencia de semillas de hortalizas, probablemente por su capacidad de retener humedad y liberar nutrientes de forma gradual (Lim, 2015)

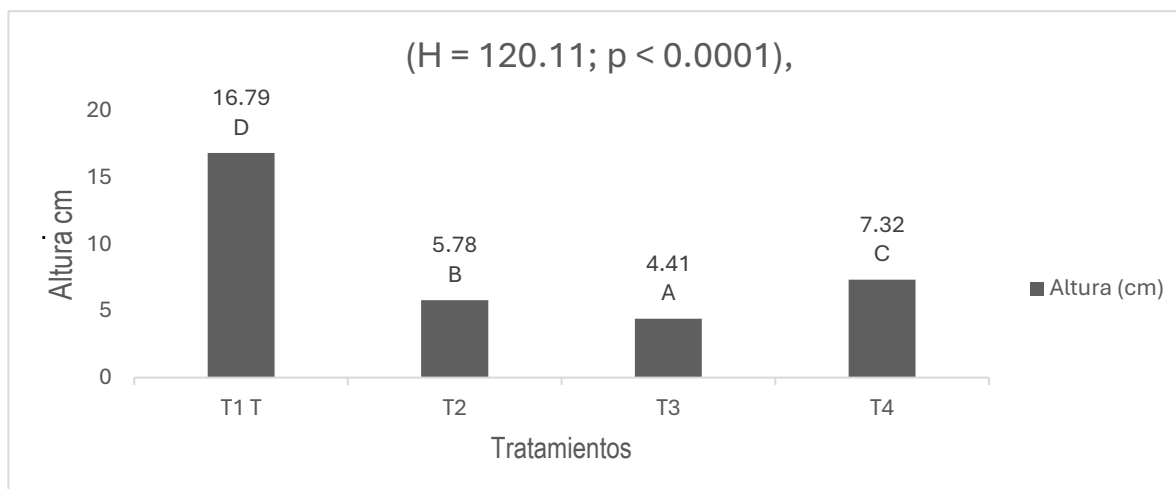
En contraste, los valores más bajos observados para T4 podrían asociarse a una mezcla con menor estabilidad estructural y condiciones físicas menos favorables para la germinación, fenómeno también reportado por (Sánchez-Hernández, 2020), quienes encontraron que sustratos muy heterogéneos tienden a compactarse o drenar en exceso, afectando la emergencia de plántulas

De lo anterior, podemos afirmar que, el raquis de maíz procesado a granulometría fina, combinado con una fuente orgánica de alta calidad como el lombrihumus, representa una opción económica y funcional para viveros rurales. Este sustrato no solo es accesible y de bajo costo, sino que además mostró un comportamiento competitivo frente al biochar, lo que evidencia su potencial para ser adoptado por pequeños productores que buscan reducir la dependencia de insumos comerciales sin comprometer la germinación.

4.2 Altura de las plántulas por tratamiento

La Figura 2 muestra el comportamiento de la altura de las plántulas de sandía en los cuatro tratamientos evaluados. El análisis de varianza evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($F = 10.54$; $p < 0.0001$), lo que confirma que la composición del sustrato influyó de manera determinante en el crecimiento en altura. El tratamiento 1 alcanzó la mayor altura promedio (10.38 cm), conformando el grupo estadístico "A", mientras que los tratamientos 2, 3 y 4 registraron valores inferiores, ubicándose en el grupo "B" con promedios de 8.97 cm, 8.87 cm y 9.11 cm, respectivamente. Estos resultados indican que el sustrato empleado en T1 proporcionó condiciones más favorables para la elongación del tallo en comparación con los demás tratamientos.

Figura 2. Altura promedio de plántulas de sandía por tratamiento



El desempeño superior del tratamiento 1 en la variable altura sugiere que la combinación de materiales carbonizados y enmiendas orgánicas generó una estructura física más adecuada para el crecimiento inicial. En particular, sustratos con mayor aireación, buena porosidad y adecuada disponibilidad de humedad facilitan la expansión celular y la absorción de nutrientes necesarios para el desarrollo temprano (Shaheen, 2015),

Estudios previos respaldan esta tendencia. (Federico E. &.M., 2014), Destacaron que el uso de vermicompost mejora significativamente la elongación de plántulas de hortalizas, debido a su capacidad de retener humedad y aportar nutrientes de liberación gradual. Asimismo, (Montiel J. , 2022), reportó que los sustratos con alta porosidad promueven el vigor y la altura de plántulas de cucurbitáceas.

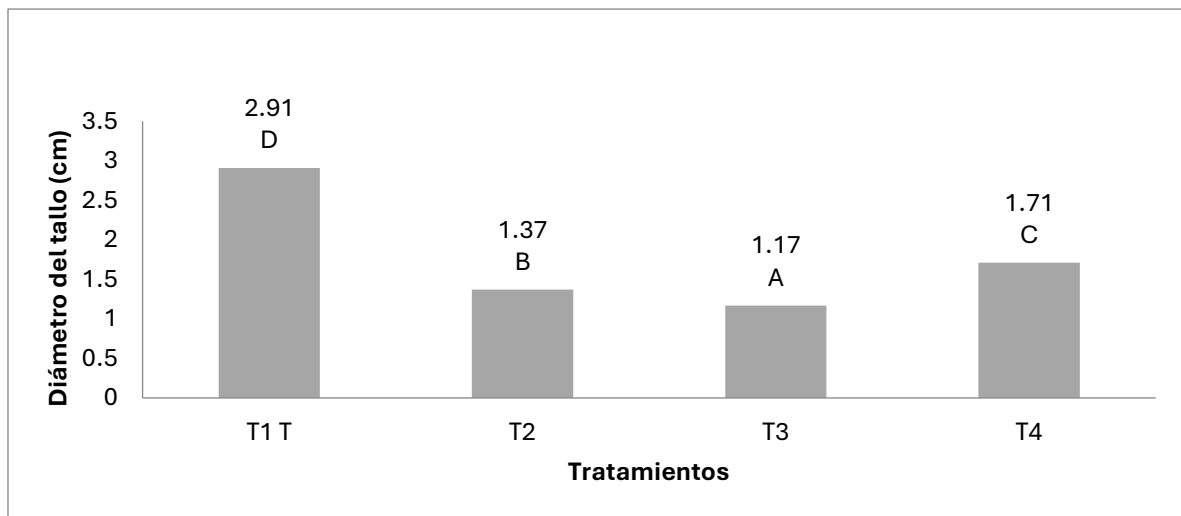
La altura lograda en T1 coincide con lo documentado para sustratos ricos en materia orgánica estabilizada y materiales fibrosos, los cuales mejoran la aireación y reducen la compactación. Por el contrario, los tratamientos con mayor proporción de suelo agrícola tienden a limitar el desarrollo en altura debido a su menor aireación y mayor densidad aparente.

Desde la perspectiva del investigador, el comportamiento observado en la altura refleja que el tratamiento 1 genera un ambiente físico más adecuado para el crecimiento inicial de la sandía, favoreciendo plántulas más vigorosas y homogéneas para la etapa de trasplante. Esto permite inferir que sustratos con mayor proporción de materiales ligeros y orgánicos representan una alternativa viable para optimizar la producción de plántulas en vivero.

4.3. Diámetro del tallo

La Figura 3 muestra el comportamiento del diámetro del tallo de las plántulas de tomate bajo los cuatro tratamientos evaluados. El análisis de varianza (ANDEVA) evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos utilizados ($F = 4.66$; $p = 0.0037$), lo que confirma que la composición física y química de cada mezcla afectó de manera directa el engrosamiento del tallo. El tratamiento T3 presentó el mayor diámetro promedio (2.46 mm), lo que lo ubica dentro del grupo estadístico de mejor rendimiento. En contraste, los tratamientos T1 (2.34 mm), T2 (2.31 mm) y T4 (2.27 mm) mostraron valores inferiores y se agruparon en una categoría distinta según la prueba de Tukey. Estos resultados señalan que la mezcla del tratamiento T3 proporcionó condiciones más favorables para el desarrollo estructural de las plántulas.

Figura 3. Diámetro del tallo de plántulas de tomate bajo diferentes tratamientos de sustratos



Los resultados obtenidos indican que el tratamiento T3 favoreció significativamente el engrosamiento del tallo, característica fundamental para asegurar la resistencia mecánica de las plántulas durante el trasplante y las primeras etapas de establecimiento. La superioridad del T3 podría estar asociada a una relación óptima entre aireación, retención de humedad y estabilidad física del sustrato, factores reportados como determinantes para el engrosamiento del tallo en especies hortícolas.

Estudios previos han señalado que sustratos con buena estructura física promueven una mayor acumulación de tejidos en el tallo, debido a una mayor disponibilidad de oxígeno y nutrientes (Raviv, 2008). Asimismo, investigaciones como la de (Montiel J. , 2022) reportan que mezclas con partículas medianas y alta porosidad generan tallos más robustos en plántulas de cucurbitáceas, debido a un equilibrio adecuado entre agua y aire en el sistema radicular. De igual manera, Federico y (Federico & G.-M., 2014), Documentaron que la combinación de materiales orgánicos estabilizados, como el lombrihumus, incrementa el diámetro del tallo al mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales, especialmente calcio y potasio, relacionados con la firmeza estructural.

En este contexto, el desempeño superior del T3 coincide con lo planteado en la literatura, apoyando la hipótesis de que los sustratos con mejor aireación y textura más uniforme favorecen un crecimiento vegetativo más vigoroso.

Desde el punto de vista práctico, el mayor diámetro observado en T3 sugiere que este tratamiento podría ofrecer ventajas agronómicas en etapas posteriores, ya que plántulas con tallos más gruesos suelen mostrar mejor tolerancia al estrés y mayor supervivencia después del trasplante. Los autores consideran que este comportamiento convierte al tratamiento T3 en una alternativa viable para viveros que buscan producir plántulas de mayor vigor estructural sin incrementar significativamente los costos de producción.

4.4 Biomasa área y radicular y calidad de plántulas

La **Tabla 5.** presenta los porcentajes de biomasa seca de raíz, biomasa seca aérea y la relación raíz/tallo, obtenidos bajo los cuatro tratamientos evaluados. Los datos revelan diferencias claras en el comportamiento de las plántulas según el tipo de sustrato. El tratamiento T1 (60 % cascarilla de arroz + 40 % lombrihumus) registró un 20.32 % de biomasa seca radicular y 14.73 % en la parte aérea, con una relación raíz/tallo de 0.37. El sustrato T2 (60 % de raquis de maíz + 40 % lombrihumus) mostró incrementos importantes, alcanzando 26.60 % de biomasa seca de raíz y 23.70 % aérea, aunque con una relación raíz/tallo menor (0.28). El tratamiento T3 (60 % raquis de maíz + 40 % suelo agrícola) presentó el mayor aporte a la biomasa radicular (27.30 %) y una relación raíz/tallo de 0.41, la más alta registrada. Finalmente, T4 (mezcla equilibrada de cuatro componentes) obtuvo valores intermedios, con 25.15 % de biomasa radicular, 15.97 % aérea y una relación raíz/tallo de 0.29.

Tabla 5. Biomasa seca y relación raíz/tallo en plántulas bajo diferentes tratamientos de sustrato

| Tratamientos | % Biomasa seca de raíz | % Biomasa seca aérea | Relación raíz/tallo |
|---|------------------------|----------------------|---------------------|
| T1- 60 % de cascarilla de arroz + 40 % de lombrihumus | 20.32 | 14.73 | 0.37 |
| T2- 60 % de raquis de maíz (2 mm) + 40 % de lombrihumus | 26.60 | 23.70 | 0.28 |
| T3- 60 % de raquis de maíz (2 mm) + 40 % de suelo agrícola | 27.30 | 22.13 | 0.41 |
| T4- mezcla balanceada de 25 % de raquis de maíz (2 mm) + 25 % de cascarilla de arroz + 25 % de | 25.15 | 15.97 | 0.29 |

lombrihumus + 25 % de
suelo agrícola.

Los tratamientos basados en raquis de maíz (T2 y T3) promovieron una mayor acumulación de biomasa, lo que sugiere que este residuo agrícola mejora la aireación, la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes, factores que influyen directamente en la expansión del sistema radicular. La relación raíz/tallo, utilizada como indicador de vigor y estabilidad fisiológica de la plántula, mostró que T3 generó las plántulas más equilibradas estructuralmente. Una relación raíz/tallo mayor indica un sistema radicular más robusto capaz de sostener un crecimiento aéreo progresivo, lo que se asocia con mayor supervivencia al trasplante. Estos hallazgos se alinean con los criterios de calidad establecidos por el Índice de Dickson (DQI), el cual señala que la calidad de una plántula aumenta cuando existe un balance adecuado entre el desarrollo de la raíz y el tallo, acompañado de una distribución uniforme de biomasa. Estudios recientes también han demostrado la importancia de la biomasa radicular como predictor de éxito en vivero. (Pérez-Gutiérrez, 2021), reportaron que sustratos orgánicos mejoran significativamente la asignación de biomasa hacia la raíz, favoreciendo el vigor; mientras que (Morales-Hernández, 2022), confirmaron que sustratos con mayor porosidad generan relaciones raíz/tallo, similares a las observadas en T3. Asimismo, (Rivas-Córdoba, 2021), encontraron que plántulas con relaciones raíz/tallo, superiores a 0.35 presentan mejor desempeño post-trasplante, comportamiento que coincide con los valores obtenidos en los tratamientos T1 y T3.

Desde la perspectiva de los autores, los resultados de la tabla indican que los tratamientos con raquis de maíz, especialmente T3. Ofrecen mejores condiciones para formar plántulas de calidad superior. La mayor asignación de biomasa hacia la raíz y una relación raíz/tallo, elevada sugieren que estas plántulas pueden enfrentar con mayor éxito el estrés del trasplante y alcanzar un crecimiento más uniforme en campo. Este comportamiento reafirma el potencial del raquis de maíz como un insumo agrícola sostenible y de bajo costo para fortalecer la producción de plántulas en viveros locales.

4.5 Evaluación de propiedades físicas de los sustratos

| Propiedades físicas de los sustratos | Densidad aparente (DA) | Capacidad de retención de agua (CRA) | Capacidad de aireación (CA) |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| DA T1 | 0.56 gr/cm ³ | 31% | 16% |
| DA T2 | 0.55 gr/cm ³ | 75% | 18% |
| DA T3 | 0.67 gr/cm ³ | 21% | 12% |
| DA T4 | 0.62 gr/cm ³ | 32% | 14% |

Tabla 6: Evaluación de propiedades físicas del sustrato

La densidad aparente (DA) es una propiedad física fundamental del sustrato que expresa la relación entre la masa del material seco y el volumen que ocupa, incluyendo los espacios porosos. Esta característica permite determinar el grado de compactación y la porosidad total del sustrato, factores que influyen directamente en la aireación y en la disponibilidad de agua para las raíces (*Universidad de Málaga*)

Autores como (*Manuel Abad Noguera*) establecen que los sustratos ideales para germinación y producción de plántulas presentan densidades aparentes menores de 0.60 g/cm³, ya que valores dentro de este rango aseguran una adecuada porosidad y un balance favorable entre agua y aire en el medio de cultivo.

La densidad aparente de los sustratos presentó valores entre 0.55 y 0.67 g/cm³. Los tratamientos T1 (60% biochar de arroz y 40 % de lombrihumus) (0.56 g/cm³) y T2 (60% de olote y 40% de lombrihumus) (0.55 g/cm³) mostraron las densidades más bajas, indicando sustratos más porosos y adecuados para el desarrollo inicial de las raíces. El tratamiento T3 (60% de olote y 40% de suelo) registró el valor más alto (0.67 g/cm³), evidenciando una mezcla más compacta con menor porosidad. T4 (25 olote +25% lombrihumus +25%biochar de carilla de arroz y 25% de suelo) (0.62 g/cm³) se ubicó en un nivel intermedio. Según (*Manuel Abad Noguera*) densidades menores de 0.60 g/cm³ se consideran apropiadas para la producción de plántulas, por lo que T1 y T2 cumplen con este criterio. (Ver tabla 6)

La capacidad de retención de agua mostró diferencias marcadas entre los sustratos, con valores entre 21 % y 75 %. El tratamiento T2 (60% de olote y 40% de lombrihumus) presentó la CRA más alta (75 %), indicando una mezcla con gran disponibilidad de humedad para el desarrollo inicial del cultivo. (Ver tabla 4) En contraste, T3 (60% olote y 40% suelo) registró el valor más bajo (21 %), lo que refleja una limitada capacidad para almacenar agua. Los tratamientos T1 (60% de biochar de arroz + 40% de lombrihumus) (31 %) y T4

(25% biochar de cascarilla de arroz, 25% de olote ,25% lombrihumus y 25% suelo) (32 %), mostraron valores intermedios, considerados adecuados para mantener un equilibrio entre humedad y aireación. Según, los sustratos con buena retención de agua favorecen la germinación y el crecimiento temprano, siempre que no reduzcan la porosidad.

La capacidad de aireación presentó valores entre 12 % y 18 %. El tratamiento T2 mostró la mayor aireación (18 %), indicando mejor oxigenación para el desarrollo radicular (Julio Vega). El valor más bajo se registró en T3 (12 %), asociado a una mezcla más compacta. Los tratamientos T1 (16 %) y T4 (14 %) presentaron niveles moderados. Según, una adecuada aireación es esencial para evitar condiciones de anoxia y favorecer el crecimiento de las raíces. (Ver tabla 4)

La siguiente tabla muestra el comportamiento de cada uno de los tratamientos entre cada uno, permitiéndonos conocer e identificar desde parámetros agronómicos las características físicas de cada uno de los tratamientos que se evaluaron.

| Tratamiento | DA | CRA | CA | Evaluación general |
|-------------|-------------|-------------|--------------|--|
| T1 | ✓ Adecuada | ■ Moderada | ✓ Buena | Buen equilibrio, adecuado con riego controlado |
| T2 | ✓ Adecuada | ☆ Excelente | ✓ Excelente | El mejor desempeño físico |
| T3 | ✗ Alta DA | ✗ Baja CRA | ✗ Baja CA | Menor calidad física del grupo |
| T4 | ■ Aceptable | ■ Moderada | ■ Intermedia | Sustrato funcional, pero con limitantes |

Tabla 7: Evaluación física de los tratamientos

Capítulo V

5. Conclusiones

El análisis general de los tratamientos evidencia que las mezclas con mayor proporción de olote asociado a lombrihumus (T2) y olote con suelo agrícola (T3) promovieron una mayor acumulación de biomasa seca tanto en raíces como en parte aérea, lo cual sugiere un efecto positivo sobre la eficiencia fisiológica de las plántulas. Los valores superiores de materia seca indican que estos sustratos favorecen la diferenciación celular y la formación de tejidos estructurales, condiciones clave para el establecimiento posterior al trasplante. Asimismo, el tratamiento T1 mostró mayor retención hídrica, pero no se tradujo en incremento proporcional de biomasa. Esto confirma que la humedad por sí sola no garantiza calidad morfológica.

La evaluación de la relación raíz/tallo reveló que T3 obtuvo el valor más alto (0.41), indicador de plántulas robustas con mayor equilibrio funcional entre órganos de soporte y absorción. Este comportamiento coincide con estándares de calidad utilizados internacionalmente, como el índice de Dickson, que asocia relaciones radiculares altas con mayor supervivencia en campo. En contraste, T2 destacó por su estabilidad en la distribución de materia seca, lo que podría representar una alternativa adecuada cuando se busca un crecimiento más uniforme en condiciones controladas. T4, por su mezcla balanceada, presentó valores intermedios pero consistentes, lo que sugiere un desempeño aceptable.

Las propiedades físicas del sustrato confirmaron que T1 y T2 poseen densidades dentro del rango ideal para viveros ($<0.60 \text{ g/cm}^3$), facilitando aireación y menor compactación del medio. Los resultados de la capacidad de retención de agua demostraron variabilidad marcada entre tratamientos, lo cual permitió identificar mezclas que optimizan el balance aire-agua necesario para el desarrollo radicular. En síntesis, T2 y T3 se perfilan como las alternativas más eficientes para la producción de plántulas, ya que integran una adecuada arquitectura radicular, biomasa equilibrada y propiedades físicas compatibles con la producción sostenible de plantas en vivero.

6. Recomendaciones

- Utilizar el tratamiento T3 cuando el objetivo sea maximizar la robustez radicular y obtener plántulas con relación raíz/tallo favorable para trasplante.
- Emplear el tratamiento T2 en viveros que requieran mayor acumulación de biomasa foliar y crecimiento uniforme con buena disponibilidad de materia orgánica.
- Mejorar el uso del olote reduciendo su granulometría (≤ 2 mm) para optimizar aireación y retención de humedad en futuras formulaciones.
- Realizar análisis químicos complementarios en estudios posteriores para relacionar nutrientes específicos con las respuestas de crecimiento observadas.
- Validar los tratamientos en campo, evaluando supervivencia y adaptación pos-trasplante para determinar su verdadero potencial en sistemas productivos comerciales.

7 Anexos

Tabla N° Resultados de la evaluación de las variables de cada uno de los tratamientos

| Tratamiento | Altura (cm) | Diámetro (mm) | Numero de hojas |
|--------------------|--------------------|----------------------|------------------------|
| T1 T | 16.79 | 2.91 | 4.08 |
| T2 | 5.78 | 1.37 | 2.7 |
| T3 | 4.41 | 1.17 | 2.33 |
| T4 | 7.32 | 1.71 | 3.65 |
| | | | |

Infraestructura





Preparación de los sustratos



Tratamientos



Montaje de bandejas y llenado

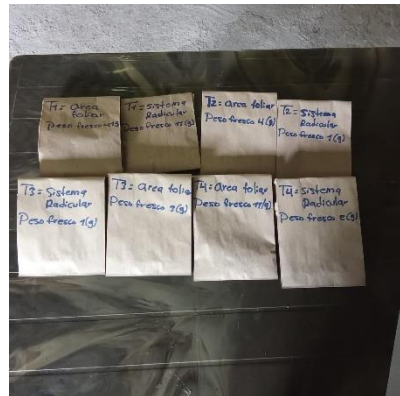
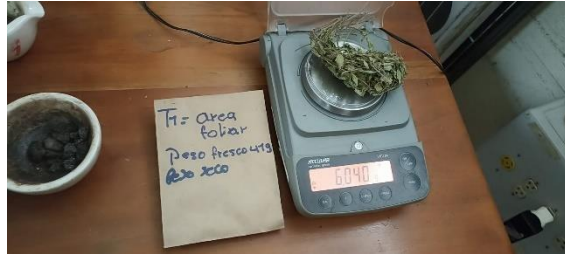


Manejo agronómico

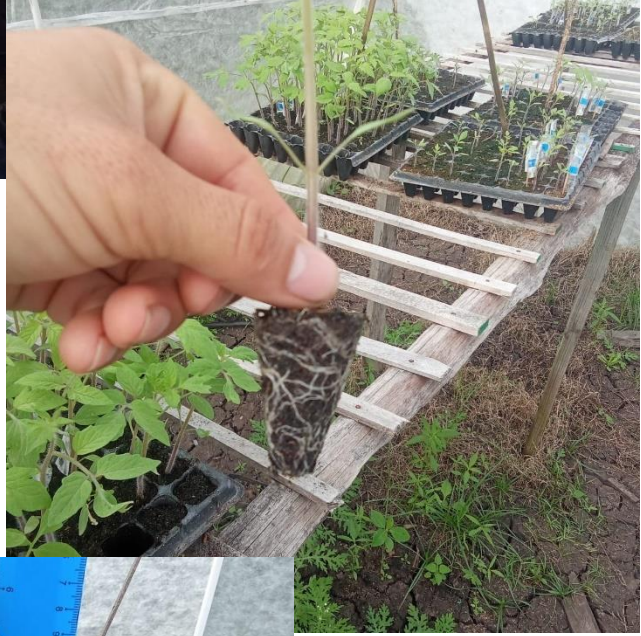


Muestreo









Resultados



Prueba de Kruskal Wallis

Los datos no son normales, se hizo un análisis NO paramétrico por **Kruskal Wallis**

Nueva tabla: 23/11/2025 - 18:25:24 - [Versión: 30/4/2020]

Altura de la planta

| Variable | Tratamiento | N | Medias | D.E. | Medianas | H | p |
|----------|-------------|----|------------|-------|----------|---|---------|
| Altura | T1 | 40 | 16.79 1.88 | 16.80 | 120.11 | | <0.0001 |
| Altura | T2 | 40 | 5.78 1.38 | 6.00 | | | |
| Altura | T3 | 40 | 4.41 0.87 | 4.20 | | | |
| Altura | T4 | 40 | 7.32 1.60 | 7.20 | | | |

| Trat. | Medias | Ranks |
|-------|--------------|-------|
| T3 | 4.41 31.43 | A |
| T2 | 5.78 61.29 | B |
| T4 | 7.32 88.79 | C |
| T1 | 16.79 140.50 | D |

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

DIAMETRO DE TALLO

| Variable | Tratamiento | N | Medias | D.E. | Medianas | H | p |
|----------|-------------|----|-----------|------|----------|---|---------|
| Dimatro | T1 | 40 | 2.91 0.32 | 2.91 | 114.54 | | <0.0001 |
| Dimatro | T2 | 40 | 1.37 0.32 | 1.37 | | | |
| Dimatro | T3 | 40 | 1.17 0.24 | 1.16 | | | |
| Dimatro | T4 | 40 | 1.71 0.34 | 1.64 | | | |

| Trat. | Medias | Ranks |
|-------|------------|-------|
| T3 | 1.17 35.86 | A |
| T2 | 1.37 57.80 | B |
| T4 | 1.71 87.98 | C |

T1 2.91 140.36 D

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

Numero hojas emitidas

| Variable | Tratamiento | N | Medias | D.E. | Medianas | H | p |
|----------|-------------|----|-----------|------|----------|---------|---|
| No hojas | T1 | 40 | 4.08 0.53 | 4.00 | 89.98 | <0.0001 | |
| No hojas | T2 | 40 | 2.70 0.56 | 3.00 | | | |
| No hojas | T3 | 40 | 2.33 0.53 | 2.00 | | | |
| No hojas | T4 | 40 | 3.65 0.70 | 4.00 | | | |

| Trat. | Medias | Ranks |
|-------|-------------|-------|
| T3 | 2.33 38.28 | A |
| T2 | 2.70 55.90 | A |
| T4 | 3.65 103.71 | B |
| T1 | 4.08 124.11 | C |

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

Referencias

© All rights reserved SQM S.A. (n.d.). Manejo de nutrición del tomate. Retrieved from <https://sqmnutrition.com/essays/manejo-de-nutricion-del-tomate/>

Agroptima Blog. (2019, 05 14). *Agroptima Blog*.

Amador, K. D. (2020 2021). Riego por goteo convencional y automatizado en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), a campo abierto, UNA,.

Andrades Chavarría, D. D. (2013). *Evaluación del crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) variedad Shanty en tres distancias de siembra, en condiciones de casa malla, finca Las Mercedes, UNA, Managua, 2013. Ingeniería thesis, Universidad Nacional Agraria Managua.*

Anna R. Schwyter & Karen L. Vaughan. (2010). Densidad aparente. (U. o. Wyoming, Ed.)

Argente, L.; González, L. M.; Ávila, C.; Aguilera, R. (n.d.). COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO RELATIVO DE AGUA Y LA CONCENTRACIÓN DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS DE VARIEDADES DE TRIGO CULTIVADAS EN CONDICIONES. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215825008.pdf#:~:text=EI%20CRA%20es%20la%20expresi%C3%B3n%20m%C3%A1s%20usada,conocer%20el%20estado%20h%C3%A1ndrico%20de%20la%20planta.>

BARBARO, L. A. (2023). *Sustratos: principales propiedades a tener en cuenta*. Cerro Azul-mision, Argentina: INTA Ediciones .

Bioespacio. (2025). Cascarilla de arroz semi-quemada. Retrieved from <https://bioespacio.co/sustratos/cascarilla-arroz-semiquemada-sustratos/#:~:text=Se%20emplea%20como%20enmienda%20del,e%20desarrollo%20de%20las%20ra%C3%ADces>

Burbano, E. A. (2025). *Taxonomía del tomate*. Mexico: ALL RIGHTS RESERVED.

Centeno, D., & Rojas, J. E. (2022). Manejo agronomico en tomate y chiltoma realizado por los socios de la Cop. de productores ortaliceros COPRAHOR, EN sebaco Matagalpa-Nicaragua.

Cerdas, A. (2007). Evaluacion de mezclas de sustratos organicos para la germinacion de tomate.

Cerdas, A. S. (2007). *EVALUACION DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE PLANTULAS DE TOMATE (LICOPELPERCICUM ESCULENTUM) MILL Y CHILE DULCE (CAPSICUM ANNUUM) LINN, MEDIANTE LA UTILIZACION DE SEIS SUSTRATOS Y TRES METODOS DE FERTILIZACION EN EL CANTON DE SAN CAELOS. COSTA RICA. SAN CARLOS.*

Chemonics Internacional. (2008). *Programa de diversificación hortícola, Proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agrícola*. Managua Nicaragua: CHEMONICS.

Codming. (2023). para que sirve la observacion. *Codming*.

Córdoba, J. A., Salcedo, E., & Rodríguez, R. (2013, Diciembre). Caracterización y valorización química del olote: degradación hidrotérmica bajo condiciones sub críticas. Retrieved from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-

necesidades hídricas del tomate. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57318105>

Grupo ferre-max. (2023, Agosto 28). *Grupo ferre-max.*

Hernández, F. (n.d.). Densidad Aparente Suelo o Sustrato y su Relación con los Programas de Fertilización y Riego. Retrieved from https://www.agro-tecnologia-tropical.com/densidad_aparente.html#:~:text=El%20peso%20de%20los%20frutos,el%20cultivo%20de%20la%20cebolla.

Hortalan. (junio, 5, 2024). Tipos de sustrato para el cultivo. *Hortalan.*

<https://doi.org/10.1016/j.anres.2015.03.001>. (2022). Evaluacion de sustratos porosos en el crecimiento de plantulas de cucurbitaceas . *Universidad Nacional Autonoma de Mexico* .

Huete Salinas, H., & Laguna Laguna, F. (2020, Diciembre). aracterización socioeconomica y agronómica en sistemas de producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L), La Trinidad Estelí, Nicaragua ,2019-2020.

INATEC. (Enero 2018). *CULTIVOS DE HORTALIZAS*. Informe de cultivos , Managua.

Instituto Nacional Tecnológico . (2018). Cartilla de hortalizas. Managua Nicaragua : INATEC.

Intagri. (2024). *La Caracterización de los Sustratos para la Horticultura*. Mexico. Retrieved from <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/la-caracterizacion-de-los-sustratos-para-la-horticultura>

Jiffygroup. (2025). *Características físicas clave de los sustratos de cultivo*. Estados Unidos de America . Retrieved from <https://jiffygroup.com/es/noticias/caracteristicas-fisicas-clave-de-los-sustratos-de->

https://indaga.ual.es/discovery/fulldisplay/alma991001388239704991/34CUBA_UAL:V
U1

Marin, I. L., & Ramirez Cartín, I. (2017). *Manual Técnico del cultivo de tomate (Solanum lycopersicum)*. San José de Costa Rica: Instituto Nacional e Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria.

Martinez , N., Ciriaco, L., Noguez, D. J., & Sanchez, J. (2016, Junio). Evaluación de sustrato de olote en la retención de humedad en el suelo para el cultivo de tomate.

MARTÍNEZ, A. E. (2019). *EVALUACIÓN DE DOS SUSTRATOS Y SUS MEZCLAS, PARA LA VILLAVICENCIO – META.*

minerales, B. o. (2023). sustratos organicos para mejorar la calidad del suelo. *bio espacios sustratos colombia.*

Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. (2007). *Ficha del Tomate*. Managua: www.mific.gob.ni.

Montero, R. G., Pizarro, P., & Rastrero, M. (2021, Abril 15). Biochar y sus aplicaciones potenciales en el suelo.

Montiel, J. (2022). Evaluacion de sustratos porosos en el crecimiento de plantulas de cucurbitaceas . *Unversidad Nacional Autonoma de Mexico .*

Montiel, J. (2022). Evaluacion de sustratos porosos en el crecimiento de plantulas de cucurbitaceas. *Univesidad Ncional Autonoma de Mexico.*

Morales-Hernández, M. P. (2022). Influencia de la porosidad del sustrato en el desarrollo radicular de hortalizas. *Agrociencia.*

- Muños, G. O. (2019, Noviembre). Evaluación de sustratos orgánicos a base de raquis de maiz y compost con dos programas de fertirrigación, en tomate Manzano Var Matias, bajo condiciones de macro tunel en Zmorano.
- Pérez-Gutiérrez, R. T. (2021). Asignacion de biomasa en plantulas bajo distintos sustratos organicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agricolas*.
- Purplant. (2024). Cómo usar humus de lombriz. Retrieved from <https://www.purplant.es/blog/como-usar-humus-lombriz/#:~:text=Algunos%20beneficios%20de%20usar%20humus%20de%20lombriz,-Antes%20de%20entrar&text=Estas%20y%20gracias%20a%20su,f%C3%A1cil%20asimilaci%C3%B3n%20para%20las%20plantas>.
- Quintero Gonzales , J. R., & Quintero Gonzales , L. E. (2015). *Biomasa: metodos de produccion, potencial energetico y medio amambiente* . Colombia .
- Raviv, M. &. (2008). *Soilless Culure: . Theory and Practice. Elsevier* .
- Rivas-Córdoba, J. G. (2021). Relacion raiz tallo como indicador de calidad en plantulas para trasplante . *Revista Colombiana de Horticultura* .
- RODRIGUEZ-MARTINEZ, N. L.-C.-E.-H. (Junio 2016). Evaluación del sustrato de olote en la retención de humedad en el suelo para el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 35.
- Salinas, H. J., & Laguna Lagun, F. J. (2020). *Caracterización socioeconómica y agronómica en sistemas de producción de tomate (Solanum lycopersicum L.)*, La Trinidad,. Estelí. Estelí: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA.

- Sánchez-Hernández, N. L.-M. (2020). Comportamiento físico de sustratos heterogéneos en la emergencia de plantas . *Iberoamerica Journal of Environmental Sciences* .
- Shaheen, M. A. (2015). Influence of substrate composition on seedling growth of cucurbits . *International Journal of Agriculture and Biology* .
- Sistemas Hortícolas Almería S.L. (2022). *¿Qué es un sustrato?* Retrieved from https://www.sistemashorticolasalmeria.com/blog/que-es-un-sustrato/?srsltid=AfmBOoq3RhQzYMvgYNaxc--uBA-FydiNpINP98s_RHWUDe1-b5fTBDhb
- Tecnológico Nacional . (2018). Manual del protagonista "Cartilla de hortalizas". Managua, Nicaragua: JICA. Retrieved from www.tecnacional.edu.ni
- Termoformados . (2025, Septiembre). *BANDEJA DE GERMINACIÓN 128 ALVEOLOS CUADRADA TERMOFORMADA*. Retrieved from <https://termoformadosantioquia.co/product/bandeja-de-germinacion-128-alveolos-cuadrada-termoformada/>
- Troy Buechel. (2019, Marzo). Aireación: ¿Qué es y cuán importante es? Retrieved from <https://www.pthorticulture.com/es-us/centro-de-formacion/aireacion-que-es-y-cuan-importante-es#:~:text=La%20aireaci%C3%B3n%20se%20refiere%20a,la%20densidad%20aparente%20del%20sustrato.>
- Universidad de Málaga. (n.d.). Porosidad DR Y DA. Retrieved from La densidad aparente (DA) es una propiedad física fundamental del sustrato que expresa la relación entre la masa del

material seco y el volumen que ocupa, incluyendo los espacios porosos. Esta característica permite determinar el grado de compactación y l

Vicerrectorado de investigación. (2018). *Lineas de investigación de la UNAN Managua*. UNAN MANAGUA , Managua.

Weather Spark. (2025, Agosto). *El clima en La Concordia Jonotega* . Retrieved from es.weatherspark.com

