



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

## TESIS DE GRADO

Evaluación de sustratos e inductores de crecimiento en esquejes de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), variedad Pony

Sócrates, A; Martínez, A; Zeledón, A.

### Asesor/Tutor

MSc. Josué Tomas Urrutia Rodríguez /Dr. Kenny López Benavides

*¡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”

**Evaluación de sustratos e inductores de crecimiento en  
esquejes de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), variedad Pony**

Tesis para optar al grado de  
Ingeniero Agrónomo

**Autor/es**

Sócrates Josué Alonso Rivera  
Angie Stefanie Martínez Merlo  
Asly Ariana Zeledón Centeno

**Asesor/es**

MSc. Josué Tomas Urrutia Rodríguez  
Dr. Kenny López Benavides

Diciembre, 2024





## **Dedicatoria**

Dedicamos especialmente a nuestro Dios que llenó nuestra mente con sabiduría y nos brindó calma y el discernimiento para entender los planes que tienes para nosotros, siendo nuestro guía en cada paso y proceso que damos y confiar en mis capacidades.

A mis familiares Mayra Martínez Merlo, Clara Nimia Merlo Merlo, Ramón Martínez Merlo y Kevin Javier Hernández que son muestras de entrega y amor a lo largo de mi vida y mi carrera profesional y por impulsar mis logros.

A mis familiares Mery Janeth Centeno Rodríguez, Adrián Alexis Zeledón Gómez y a mi hermana Alisson Rachell Zeledón Centeno por su compañía, sus palabras de aliento y por creer en mí, incluso en los momentos más difíciles.

## **Agradecimientos**

En primera instancia agradecemos a Dios fuente inagotable de sabiduría y amor por haber sido nuestro guía incesante, fortaleza, y otorgarnos el conocimiento e iluminarnos en nuestro camino, en cada paso de este arduo proceso. Gracias por darnos la perseverancia en los instantes más difíciles, en esos momentos de incertidumbre donde calmaste nuestras ansiedades y nos diste paz. Todo lo que hemos conseguido es un reflejo de tus infinitas bendiciones hacia nosotros, es por ello que dedicamos a ti señor con humildad esta investigación.

Con profunda estima, respeto y reconocimiento, extendemos nuestra gratitud al Dr. Kenny López Benavides por su dedicación y si inestimable guía, gracias por compartir su tiempo, sus enseñanzas enriquecieron nuestra formación académica y nuestra pasión por el aprendizaje.

Al maestro Josué Tomas Urrutia por sus consejos y sabiduría a lo largo de este proceso académico, por su invaluable orientación y dedicación sus aportes han dejado una huella en nuestras vidas personales y profesionales.

A mis familiares Mery Janeth Centeno Rodríguez, Adrián Alexis Zeledón Gómez y a mi hermana Alisson Rachell Zeledón Centeno por ser el pilar fundamental en cada etapa de este proceso y por enseñarme el valor del esfuerzo

A mis familiares Mayra Martínez Merlo, Clara Nimia Merlo Merlo, Ramón Martínez Merlo y Kevin Javier Hernández por estar siempre a mi lado, celebrando mis logros y brindándome su apoyo incondicional lo cual fue mi mayor motivación. Este logro también es suyo, pues sin su respaldo nada de esto habría sido posible.

Nuestra gratitud se extiende al centro universitario regional por ser un hogar donde el conocimiento, la investigación y el crecimiento personal convergen. Agradecemos por brindarnos un entorno propicio para el aprendizaje.



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS TECNOLOGICAS Y SALUD

"2024: Universidad Gratuita y de Calidad para seguir en Victorias"

Estelí, 05/12/2024

## CONSTANCIA

Por este medio estoy manifestando que la investigación: Evaluación de sustratos e inductores de crecimiento en esquejes de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), variedad Pony, cumple con los requisitos académicos de la clase de Seminario de Graduación, para optar al título de Ingeniería Agrónoma.

Los autores de este trabajo son las/os estudiantes: Sócrates Josué Alonso Rivera (19502568), Angie Stefanie Martínez Merlo (20511995) y Asly Ariana Zeledón Centeno (20500214); y fue realizado en el II semestre de 2024, en el marco de la asignatura de Seminario de Graduación, cumpliendo con los objetivos generales y específicos establecidos, que consta en el artículo 9 de la normativa, y que contempla un total de 60 horas permanentes y 240 horas de trabajo independiente.

Considero que este estudio será de mucha utilidad para el sector agropecuario, la comunidad estudiantil y las personas interesadas en esta temática.

Atentamente,

Dr. Kenny López Benavides

<https://orcid.org/0009-0003-6736-3244>

CUR-Estelí, UNAN-Managua

## **Resumen**

El presente seminario de graduación aborda la evaluación de diferentes sustratos e inductores de crecimiento en el enraizamiento de esquejes de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), variedad Pony, con el objetivo de determinar las mejores condiciones para la propagación vegetativa de esta especie, el estudio se realizó bajo condiciones controladas, utilizando un diseño experimental completamente aleatorizado, donde se compararon tres tipos de sustratos (arena, suelo y mezcla suelo-compost) y dos tipos de inductores de crecimiento (ácido indolbutírico -AIB- y extracto de algas marinas) a diferentes concentraciones. Se midieron variables agronómicas como porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de raíz y vigor de los esquejes. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado se plantea este estudio a fin de poner en práctica técnicas de multiplicación acelerada, aprovechando al máximo toda el área foliar y obtener más material vegetativo. Así mismo se proyecta alcanzar altos índices de multiplicación, conservando la calidad sanitaria del material generado, al mismo tiempo que reduce la dependencia semillas costosas o de baja calidad. De la misma manera llevar a cabo el uso de inductores de crecimiento naturales, asociado a diferentes sustratos.

### **Palabras clave:**

Sustratos, esquejes, tomate, enraizamiento, reguladores de crecimiento

**Abstract**

This graduation seminar addresses the evaluation of different substrates and growth inducers in the rooting of tomato cuttings (*Solanum lycopersicum* L.), Pony variety, with the aim of determining the best conditions for the vegetative propagation of this species. The study was conducted under controlled conditions, using a completely randomized experimental design, where three types of substrates (sand, soil, and soil-compost mixture) and two types of growth inducers (indole-3-butyric acid -IBA- and seaweed extract) at different concentrations were compared. Agronomic variables such as rooting percentage, number of roots, root length, and cutting vigor were measured. Based on the above, this study was proposed in order to implement accelerated multiplication techniques, maximizing the use of the entire leaf area and obtaining more vegetative material. Likewise, the objective is to achieve high multiplication rates while maintaining the sanitary quality of the generated material and reducing dependency on expensive or low-quality seeds. Additionally, the study aims to promote the use of natural growth inducers associated with different substrates.

**Keywords:**

Substrates, cuttings, tomato, rooting, growth regulators

Índice	
<b>1. Introducción</b>	11
<b>2. Antecedentes</b>	13
<b>3. Planteamiento del problema</b>	15
<b>4. Justificación</b>	16
<b>5. Objetivos</b>	17
<b>6. Marco teórico</b>	18
<b>6.1 Técnicas de multiplicación vegetativa</b>	18
<b>6.2 Tipos de técnicas de multiplicación</b>	18
<b>6.2.1 Multiplicación por esquejes</b>	18
<b>6.2.2 Multiplicación por esquejes de plantas jóvenes</b>	18
<b>6.2.3 Multiplicación in vitro</b>	18
<b>6.3 Inductores</b>	19
<b>6.4 Tipos de inductores naturales</b>	19
<b>6.4.1 Inductor a base de sábila</b>	19
<b>6.4.2 Inductor a base de sauce (<i>Salix humboldtiana</i>)</b>	20
<b>6.5 ¿Qué son los esquejes?</b>	20
<b>6.6 Sustrato</b>	20
<b>6.6.1 Arena de río</b>	21
<b>6.6.2 Turba</b>	21
<b>6.6.3 Lombrihumus</b>	21
<b>7. Hipótesis</b>	23
<b>8. Operacionalización de variables</b>	24
<b>9. Diseño metodológico</b>	25
<b>9.1. Tipo de investigación:</b>	25
<b>9.2 Área de estudio:</b>	25
<b>Área del conocimiento:</b>	25
<b>Línea:</b>	25
<b>Área geográfica:</b>	25
<b>9.3 Población y muestra</b>	26

<b>9.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recopilación de datos</b> .....	26
<b>9.4.1. Métodos y técnicas</b> .....	26
<b>9.4.2 Instrumentos</b> .....	26
<b>9.5. Etapas de la investigación</b> .....	27
<b>Etapa 1: Planificación</b> .....	27
<b>Etapa 2: Experimentación y recolección de datos</b> .....	27
<b>Etapa 3 Análisis de datos y redacción de informe final</b> .....	28
<b>10. Análisis y discusión de los resultados</b> .....	30
<b>11. Conclusiones</b> .....	46
<b>13. Referencias bibliográficas</b> .....	47
<b>14. Anexos</b> .....	50

## **1. Introducción**

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es originaria de Sudamérica, (entre Perú, Bolivia, Chile y Ecuador). Es una de las principales fuentes de alimentación mundial y la segunda hortaliza de mayor importancia y consumo en el mundo, después de la papa, pues representa aproximadamente el 30% de la producción hortícola. Cabe destacar que está priorizado entre las hortalizas debido a su alta demanda y a la gran importancia que posee en la dieta de la población, tanto en consumo fresco como en conservas (Zamora et al., 2019)

El cultivo de tomate en Centroamérica representa una importante fuente alimenticia y de negocios para la agricultura familiar y empresarial. Se caracteriza por ser un cultivo intensivo, realizado todo el año por pequeños y medianos productores. Centroamérica disfruta de un rango variado de zonas agrícolas que permiten la siembra del cultivo de tomate, tanto en clima tropical como templado. Los países como Guatemala, Honduras y Nicaragua son grandes productores de dicho cultivo. Aproximadamente el 90% de las siembras de tomate son realizadas en campo abierto o un ambiente semiprotegido y el 10% restante se efectúa en un ambiente protegido.

En Nicaragua la producción de tomate es de gran importancia económica, tanto por su función como fuente generadora de divisas, fuente alimenticia, así como su potencial para generar empleos tanto rurales como urbanos, cultivándose en los departamentos de Jinotega, Estelí, Matagalpa, Masaya, Nueva Segovia. (Raudez Centeno & Rojas Mezas , 2023)

En las últimas décadas la producción de semilla de tomate ha experimentado grandes avances, debido al desarrollo de los métodos de multiplicación rápida, utilizando secciones del tallo enraizadas o plántulas in vitro propagadas masivamente.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado se plantea este estudio a fin de poner en práctica técnicas de multiplicación acelerada, aprovechando al máximo toda el área foliar y obtener más material vegetativo. Así mismo se proyecta alcanzar altos índices de multiplicación, conservando la calidad sanitaria del material generado, al mismo tiempo que reduce la dependencia semillas

costosas o de baja calidad. De la misma manera llevar a cabo el uso de inductores de crecimiento naturales, asociado a diferentes sustratos.

Por otro lado, este documento está estructurado primeramente por los antecedentes, donde se realizó una revisión bibliográfica detallada sobre diversa información referente a nuestro tema a abordar, así mismo el planteamiento del problema, el cual se describió a partir de diferentes factores o limitantes que enfrenta el cultivo de tomate, de igual forma se muestra justificación, donde se refleja los motivos e importancia cerca de la investigación, también se encuentran los objetivos del estudio, hipótesis y marco teórico, por otro lado se reflejan el diseño metodológico y los métodos, técnicas e instrumentos utilizados en la recolección de datos para dicho estudio.

## 2. Antecedentes

Con respecto a la investigación de (Robles Cervantes , 2023) se llevó a cabo con el propósito de comparar tres tipos de enraizadores con diferentes dosis en el cultivo de tomate. Se estableció un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y un testigo sin aplicación, con seis repeticiones cada uno, Los tratamientos que se utilizaron fueron “Alfa Min R” dosis: 10 ml/L, “Alfa Min R” dosis: 20 ml/L, “Root-Factor” dosis: 5 ml/L. “Pro-Root” dosis: 10 gr/L, (Testigo) sin producto. Los resultados mostraron que las distintas dosis de aplicación de enraizadores, Alfa Min R tuvo y su dosis en 20 ml/L fue el que presento más influencia en el crecimiento y desarrollo de la plantación.

Por otro lado, la investigación (Carhuas Salgado & Davila Falcon, 2023), referido a determinar el efecto de inductores de brotamiento y de enraizadores en la producción de plántulas de mashua en condiciones de vivero, en la localidad de Yanahunca Pasco. En esta investigación estudiaron en la primera fase dos inductores de brotamiento de tubérculos Ethrel® y Activo®, en la segunda fase tres enraizadores Root-hor®, Auxigen® y Ryzogen Se usó un Diseño Completamente al Azar en ambas fases de la investigación. En este sentido se considera a Ethrel y Activol como mejores inductores de brotamiento y el mejor enraizador fue Root-hor, todos a la dosis recomendada por los fabricantes.

El estudio de (Leszczano Bello et al, 2022) referido a comparar cuatro sustratos en dos concentraciones de la solución nutritiva Steiner y un enraizador en plántulas de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en invernadero. Se estableció un experimento factorial con 16 repeticiones en un diseño completamente al azar. Los resultados mostraron que los sustratos que propiciaron las mejores características de calidad de plántula fueron: peat moss y tezontle, aunque no se presentaron diferencias significativas entre 50% y 100%, a la solución nutritiva, la concentración al 100% mostró plantas con mayor calidad.

En cuanto al proyecto elaborado por (Abad Nieto, 2019) Evaluó la respuesta del cultivo de tomate Chonyo (*solanum Lycopersicum*) en dos sustratos (arena- sustrato de coco- tierra) diferentes bajo

un sistema hidropónico y un convencional como control con el fin de determinar el comportamiento de la planta en sus diferentes etapas de crecimiento. Se utilizó un diseño completo al azar y 16 repeticiones por tratamiento. Las variables que se estimaron fueron: altura en las diferentes etapas vegetativas, diámetro del tallo basal, número de racimos por planta, rendimiento de tomates por planta. La investigación refleja que no se encontraron diferencias significativas entre el sustrato de coco y arena, sin embargo, el sustrato de tierra se observó un menor rendimiento.

Con respecto al estudio de (Arebalo Madrigal et al., 2019) determino el desarrollo de plántula de tomate indeterminado bajo condiciones protegidas, aplicando tres enraizadores y un testigo para aumentar la producción del cultivo en la región. Para esto se utilizó bajo un diseño experimental en bloques completamente al azar, el cual consistió de cuatro tratamientos correspondiendo a cada uno de los bloques con sustrato de BM2 con un total de 60 unidades experimentales, teniendo una suma de 240 plántulas, Como resultado se obtuvo que el enraizador de Phyto Root tuvo un gran efecto en cuanto al desarrollo de altura, grosor de tallo, número de hojas, biomasa aérea y peso del cepellón.

En la investigación de (Franco, 2011) plantea que realizaron dos experimentos usando esquejes de tallo lateral de diferentes genotipos de (*Solanum phureja* Juz et Buk) a fin de evaluar sustratos e inductores de crecimiento en Colombia, concluyendo que la aplicación de ácido alfa-naftalenacético al 0.4% junto con sustrato de turba en el curso 30 días presenta mejores resultados que el uso que la penca de sábila como inductor de enraizamiento.

De acuerdo con la revisión bibliográfica se han encontrado una variedad de investigaciones relacionadas a nuestro tema de estudio, en los cuales se abordaba la implementación del sistema autotrófico hidropónico en los cuales obtuvieron resultados exitosos tanto en tubérculos como en otros cultivos. Por otro lado, se destacó la interacción de sustratos e inductores de crecimiento para evaluar el comportamiento para la propagación acelerada y el rendimiento en campo. Sin embargo, no se obtuvo mucha información sobre evaluación de técnicas de multiplicación asociadas a sustratos e inductores de crecimiento.

### **3. Planteamiento del problema**

El cambio climático o variación climática ha influido de manera negativa en las condiciones agroclimáticas, tanto que las temperaturas superiores a 30°C tienen una variedad de efectos perjudiciales en el cultivo de tomate, entre ellos se puede destacar la desaceleración del crecimiento, la viabilidad del polen, la floración, así mismos daños fisiológicos, lo que conlleva a un bajo rendimiento productivo y poca adaptabilidad.

De igual forma estas condiciones pueden afectar a la distribución de plagas y enfermedades, debido a que la mayoría de las variedades de tomate no están adaptadas a las condiciones del cultivo provocadas por el cambio climático, lo que resulta a disminuciones drásticas de los rendimientos e incluso en los peores casos la pérdida total de las cosechas.

Estas alteraciones en el medio, sumando a la mala calidad del suelo radican en los bajos rendimientos, a causa de la limitada adaptación que tienen los esquejes de tomate al momento de germinar y ser trasplantados, así mismo la inadecuada elección de esquejes de buena condición no favorecen a las características deseables para una alta producción.

#### **Pregunta general**

¿Qué efectos tiene el tipo de sustratos e inductores de crecimiento en el prendimiento y desarrollo de esquejes de tomate?

#### **Preguntas específicas**

¿Qué tipo de sustrato permite un enraizamiento más rápido y eficiente en esquejes de tomate?

¿Cómo influyen diferentes combinaciones de sustratos en el enraizamiento y crecimiento de esquejes de tomate?

¿Qué combinación de sustrato e inductor de crecimiento genera la mayor biomasa aérea y radicular en esquejes de tomate?

#### **4. Justificación**

Esta investigación permitirá responder con alternativas de propagación y multiplicación vegetativa para evaluar el método apropiado, y de esta manera obtener plántulas de calidad de manera acelerada, utilizando inductores de crecimiento naturales que son de beneficio en a la proliferación, formación y desarrollo del sistema radicular, debido a que la generación de raíces es vital para diferentes funciones de la planta como absorber agua, conducir minerales disueltos, de igual manera trasladar nutrientes y como tal sujetar la planta al suelo.

Con esta investigación se pretende alcanzar altos índices de multiplicación preservando las cualidades sanitarias del material generado, así como la implementación de inductores de crecimiento (sábila, sauce de río) coligado con sustrato (arena de río, turba) haciendo relevancia al uso de material orgánico.

De igual manera aporta a la sostenibilidad ambiental, debido a que promueve prácticas respetuosas en donde se disminuye la contaminación del suelo, haciendo uso eficiente de los recursos que nos brinda el medio ambiente, así como minimizar la emisión de gases de efecto invernadero asociados con la aplicación de insumos.

Por otro lado, es de beneficio para la sociedad, dado a la transferencia de conocimientos y herramientas que se pretenden proporcionar, a fin de fortalecer sus capacidades, promover el desarrollo agrícola sostenible en la comunidad, así como la resiliencia ante condiciones climáticas adversas o enfermedades que afecten a este cultivo. Debe señalarse que el aumento de producción de este cultivo de demanda contribuye a la seguridad alimentaria y a la disponibilidad de alimento.

## **5. Objetivos**

### **General**

Evaluar el efecto de diferentes inductores de crecimiento vegetal y combinaciones de sustratos con respecto a la sobrevivencia, calidad, desarrollo de biomasa aérea y radicular en esquejes de tomate variedad Pony.

### **Específicos**

- ✚ Comparar el efecto de inductores de crecimiento vegetal y combinaciones de sustratos en la sobrevivencia de esquejes.
  
- ✚ Analizar diferentes inductores de crecimiento vegetal y combinaciones de sustratos que permita producir plántulas de mayor calidad a partir de esquejes.
  
- ✚ Determinar el efecto de inductores de crecimiento vegetal y combinaciones de sustratos en el desarrollo de biomasa aérea y radicular en esquejes

## **6. Marco teórico**

### **6.1 Técnicas de multiplicación vegetativa**

Las técnicas de multiplicación o propagación vegetativa, se refiere a las diferentes actividades que se realizan para la producción de un nuevo individuo a partir de un fragmento del propio organismo. Es decir, la producción de una planta a partir de una célula, un tejido, un órgano partiendo de una planta madre. Algunas partes de una planta pueden originar un nuevo individuo, siempre que se den determinadas condiciones de crecimiento, como luz, temperatura, humedad, nutrientes, entre otras (Nebreda, 2023).

### **6.2 Tipos de técnicas de multiplicación**

#### **6.2.1 Multiplicación por esquejes**

Un esqueje es un fragmento de planta, normalmente un corte del tallo, que se ha obtenido de una planta sana y adulta con el objetivo de reproducirla o incluso injertarla en otra para que se desarrolle. La multiplicación por esquejes consiste precisamente en realizar un corte limpio de esos fragmentos con el fin de obtener más plantas. Permite alcanzar altas tasas de multiplicación durante un periodo muy corto de tiempo (Fundación Global Nature., 2020)

#### **6.2.2 Multiplicación por esquejes de plantas jóvenes**

Esta técnica consiste en seleccionar plantas jóvenes de invernadero que contengan entre cinco y seis nudos para cortarlas a nivel de la base del vástago, dejando una hoja basal con su respectiva yema. Luego, se elimina la yema apical y se seccionan porciones de tallo para obtener esquejes constituidos por una hoja y su yema axilar, los cuales, al ser tratados con hormonas y sembrados en arena, inducirán su enraizamiento (Gonza, 2020)

#### **6.2.3 Multiplicación in vitro**

Se obtiene mediante técnicas de biotecnología que permiten regenerar plantas completas a partir de cualquier parte de la planta en especial de meristemos en un medio nutritivo especial bajo condiciones estériles y ciertos regímenes de luz, de acuerdo a la variedad de planta a multiplicar (Chuquillanqui , 2017)

### **6.3 Inductores**

Los inductores de crecimiento naturales se utilizan en agricultura para favorecer crecimiento de las raíces principales y el desarrollo de un mayor número de raíces secundarias. Son productos muy utilizados sobre todo cuando se van a plantar esquejes ya sean leñosos o herbáceos. En esos casos es esencial que la planta desarrolle un sistema radicular fuerte y sano (tanto para su sujeción como para la absorción de nutrientes), y los inductores naturales pueden ser grandes aliados para conseguirlo.

Tradicionalmente se han utilizado inductores químicos o artificiales, pero actualmente se ha descubierto que hay plantas que los producen de manera natural, por lo que podemos usarlas para hacer extractos o inductores naturales vegetales. (García, 2019)

### **6.4 Tipos de inductores naturales**

#### **6.4.1 Inductor a base de sábila**

Un inductor a base de sábila es un producto utilizado en jardinería y horticultura para promover el enraizamiento de esquejes de plantas. La sábila, también conocida como aloe vera, es una planta que contiene compuestos naturales que tienen propiedades estimulantes del enraizamiento y promueven el desarrollo de raíces en esquejes de plantas.

El Inductor de aloe vera es un agente hormonal que promueve la formación de raíces, debido a que su gel es rico en aminoácidos (Ácido glutámico y arginina) lactatos y ácidos orgánicos (Alvarado & Munzón, S\_Cielo, 2020)

#### **Hormonas activas**

**Auxinas:** Actúa en la formación y elongación de los tallos, así mismo está presente en la producción de diferentes raíces adventicias, así como el aumento de la dominancia apical.

**Giberelinas:** Estimula la elongación celular en respuesta a condiciones de luz y oscuridad. Promociona el crecimiento embrionario. Producida de manera endógena durante los procesos de germinación y desarrollo apical. (Alcantara, 2019)

**Ácido indol-3-butírico:** es un promotor para el crecimiento de las raíces laterales de las plantas, así como la formación de nuevos brotes y hojas, permitiendo que la planta tenga un sistema radicular más numeroso y resistente. (Baez Pérez, 2015)

#### **6.4.2 Inductor a base de sauce (*Salix humboldtiana*)**

Es un árbol que crece sobre los ríos y su infusión ha sido utilizada como un inductor de crecimiento de las raíces debido a sus diferentes hormonas activas las cuales favorecen el enraizamiento de las plantas.

#### **Hormonas activas**

**Acido Abscísico:** es una fitohormona clásicamente asociada con la inhibición de varios procesos. El ABA es importante en la aclimatación de las plantas a condiciones de sequía, frío y salinidad, así mismo regula el balance de agua en plantas en condiciones de estrés: con el cierre estomático y con la manutención de absorción de agua por la raíz. (Ramirez, 2019)

**Acido Salicílico:** El ácido salicílico (AS) es un regulador de crecimiento de las plantas, se ha reportado que incrementa la productividad de cultivos hortícolas tales como pepino, tomate, pimiento morrón, entre otros. De igual manera incrementa el crecimiento radical de las citadas plantas, lo cual favorece la absorción de nutrientes, agua, entre otros. (Gonzalez, 2015)

#### **6.5. ¿Qué son los esquejes?**

Los esquejes, también llamados gajos en algunas zonas, son fragmentos de plantas que se utilizan en horticultura con fines reproductivos. Se considera una forma de propagación vegetativa, un tipo de reproducción asexual típica de plantas que se produce sin la producción ni de esporas ni de semillas.

Según las características de la planta y del estado de desarrollo, los esquejes pueden ser fragmentos de tallos, brotes, trozos de raíces, ramas lignificadas e incluso hojas en algunos casos, por ejemplo, en plantas crasas. Estos fragmentos se ponen en un medio adecuado con un sustrato húmedo, y si las condiciones son adecuadas, el esqueje desarrollará raíces y la planta comenzará a crecer como un nuevo individuo independiente, aunque con la misma información genética que la planta progenitora. (Curiosando, 2017)

#### **6.6 Sustrato**

Es todo material sólido, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, distinto del suelo in situ, que puro o en forma de mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de las plantas, actuando como soporte. Estos sirven para la retención de agua y nutrientes, es un lugar de intercambio de

gases y nutrientes. Cabe destacar que las características físicas de un sustrato están determinadas por los componentes que se usan y la proporción en la que se encuentran en la mezcla (Barbaro, 2021)

### **6.6.1 Arena de río**

Es un material ampliamente utilizado en la jardinería y la horticultura como sustrato para diversas plantas. Su composición granular y su capacidad de drenaje hacen de ella una opción ideal para mejorar la estructura del suelo y promover el crecimiento de las raíces. La arena es buen elemento para ser mezclado, ya que garantiza la distribución de la humedad. Además, la arena de río es rica en minerales y nutrientes esenciales para las plantas, lo que contribuye a su desarrollo saludable. (Rodriguez, 2021)

### **6.6.2 Turba**

Es un compuesto o conjunto de materiales procedentes de la descomposición de distintos vegetales, cuya naturaleza depende de las condiciones medioambientales de su formación. Al hablar de turberas, se hace referencia a la materia orgánica acumulada que se genera en un entorno anaeróbico. Es decir, son formaciones sedimentarias con exceso de humedad y pobres en oxígeno. Como resultado, esta materia se descompone parcialmente. La turba será diferente dependiendo del lugar de su procedencia y de las condiciones climáticas (Leroy , 2022).

Características de la turba:

- ✓ Posee bajo pH.
- ✓ Permeabilidad alta.
- ✓ Aireación alta.
- ✓ Retención hídrica variable.
- ✓ Rica en materia orgánica.
- ✓ Contenido de lignina y celulosa. (Perez, 2019)

### **6.6.3 Lombrihumus**

El lombrihumus o humus de lombriz es el resultado final de la lumbricultura, el cual es estiércol de las lombrices. El humus es materia orgánica granulosa e inodora de color café oscuro; posee un pH neutro, lo que favorece a aplicar dosis altas sin tener el riesgo de quemar los cultivos. Cabe

destacar que posee altas concentraciones de micro y macro elementos disponibles para los cultivos. Así mismo su capacidad fitohormonal tiene efectos sobre semillas en germinación y plántulas en crecimiento para favorecer el desarrollo radicular.

### **Características del lombrihumus**

- ✓ pH de 7-7.5
- ✓ Humedad
- ✓ Nitrógeno
- ✓ Potasio
- ✓ Carbonato de calcio
- ✓ Magnesio (Gonzales, 2023)

## **7. Hipótesis**

Ho: Los sustratos e inductores aplicados, no presentan diferencia significativa en el crecimiento y desarrollo de biomasa aérea y radicular de esquejes de tomate.

Ha: Al menos uno de los sustratos e inductores aplicados, presentan diferencia significativa en el crecimiento y desarrollo de biomasa aérea y radicular de esquejes de tomate.

## 8. Operacionalización de variables

Objetivo general	Objetivos específicos	Variable	Definición	Sub variable	Indicador	Técnicas	Instrumentos	Fuente
Evaluar el efecto de diferentes inductores de crecimiento vegetal y combinaciones de sustratos con respecto a la sobrevivencia, calidad y desarrollo de biomasa aérea y radicular en esquejes de tomate variedad pony	Determinar el efecto de diferentes inductores de crecimiento vegetal y combinaciones de sustratos en la sobrevivencia de esquejes	Adaptabilidad	Las plantas han de adaptarse a su entorno para sobrevivir como el resto de los seres vivos (Perez, 2023)	Sobrevivencia	% de sobrevivencia	Observacion directa	Ficha de observacion	Esquejes de tomate
	Evaluar el efecto de diferentes inductores de crecimiento vegetal y combinaciones de sustratos que permita producir plántulas de mayor calidad a partir de esquejes	Calidad	La calidad de las plántulas se refiere a un conjunto de características físicas, fisiológicas y sanitarias que determinan la capacidad de las plántulas para establecerse y desarrollarse con éxito después de su trasplante al campo (Hartmann, 2014).	Vigor y salud de las plántulas	Peso fresco total de los esquejes y peso fresco total	Índice de calidad de Dickson e Índice de Esbeltez	Pie de rey, cinta metrica, horno, balanza de precision, y ficha de observacion	Esquejes de tomate
	Determinar el efecto de diferentes inductores de crecimiento vegetal y combinaciones de sustratos en el desarrollo de biomasa aérea y radicular en esquejes	Desarrollo de la biomasa aérea y radicular en los esquejes	Es un indicador esencial para evaluar la efectividad de tratamientos de inductores de crecimiento y combinaciones de sustratos. (Davies, F. T., 2020)	Relación entre la biomasa aérea y radicular	Peso seco de la biomasa aérea y radicular	Índice de Dickson	Balanza de precisión, horno de secado, bisturí, cinta métrica, pie de rey	Esquejes de tomate

## 9. Diseño metodológico

### 9.1. Tipo de investigación:

El tipo de investigación es de tipo Experimental, Cuantitativa y transversal.

En términos de análisis y alcance de los resultados es un estudio experimental dado que estamos tomando técnicas y parámetros para la comprobación de hipótesis planteada permitiendo de esta manera cumplir y explicar los objetivos propuestos en la investigación. Cabe resaltar que será diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, puesto que este es el que mejor se adapta a las características y necesidades de la investigación.

Según el periodo y la secuencia del estudio son de tipo transversal, debido a que la toma de datos se hizo en un periodo de tiempo previamente determinado donde se evaluaron inductores de crecimiento para la producción de esquejes en condiciones de vivero.

### 9.2 Área de estudio:

#### Área del conocimiento:

Ciencias agropecuarias

#### Línea:

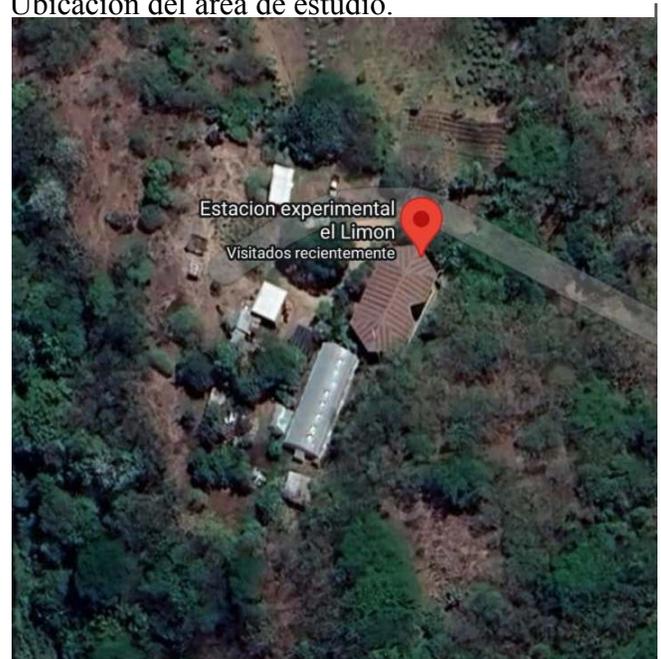
Sistemas de producción agrícola.

#### Área geográfica:

El estudio se realizó en la estación experimental para el estudio del trópico seco El limón Estelí, ubicado en la región central norte de Nicaragua, dentro del municipio de Estelí, departamento de Estelí. Se encuentra aproximadamente entre las coordenadas geográficas 13° 05' 31" de latitud norte y 86° 21' 14" de longitud oeste, con una altitud de 890 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es de 23,3 °C (16-33°C) y una precipitación anual de 804 mm. El suelo franco arcilloso con abundantes rocas blancas.

**Figura 1.**

Ubicación del área de estudio.



### **9.3 Población y muestra**

**Población:** Esta constituida por 396 esquejes de tomate de la variedad Pony, los cuales, constituyeron la muestra para realizar todas las mediciones de las variables de interés del estudio.

#### **Muestreo y criterios de selección**

El periodo establecido para esta investigación está previsto para 30 días, en donde se realizarán muestreos cada 15 días.

### **9.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recopilación de datos**

#### **9.4.1. Métodos y técnicas**

Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron diferentes métodos y técnicas para la recopilación de datos como la observación directa, el cual es un método de estudio y análisis que implica examinar, registrar las características y comportamientos de las plantas sin intervenir ni alterar su entorno natural, seguidamente se hizo medición y recuento de raíces, esta técnica permite obtener información detallada sobre el desarrollo y función de las raíces que son cruciales para la absorción de agua y nutrientes.

Por otro lado, se realizó el índice de esbeltez, este se utiliza para determinar la relación entre la altura y el diámetro de la planta, así mismo se hará uso del índice de calidad de Dickson, este se refiere al porcentaje de peso seco con relación al contenido de agua en las plantas. Este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, lo que evita seleccionar plantas desproporcionadas y descartar ejemplares de menor altura, pero con mayor vigor.

#### **9.4.2 Instrumentos**

De acuerdo a los instrumentos se utilizará ficha de observación, la cual sirve para llevar un registro de los datos de la muestra, así mismo, cinta métrica para medir el desarrollo radicular y desarrollo de los esquejes, también se hará uso de pie de rey, a fin de medir el grosor del cuello de la raíz, así mismo se usará el horno a una temperatura de 105°C por 24 horas, donde posteriormente se introducirá en un horno de aire secado que contiene silicato a fin de obtener materia seca.

## 9.5. Etapas de la investigación

### **Etapa 1: Planificación**

Primeramente, se llevó acabo de recolección de datos con respecto al tema, seguidamente se planteó la finalidad de la investigación, se redactó el objetivo general y los objetivos específicos del tema en estudio, de igual manera se hizo una revisión bibliográfica de una variedad de investigaciones nacionales, internacionales y locales relacionadas a nuestro tema de estudio. Así mismo se definieron los métodos técnicas e instrumentos de recolección de datos que se emplearon en el transcurso de la investigación que son de utilidad.

### **Etapa 2: Experimentación y recolección de datos**

Para la obtención de los esquejes se realizó una poda a un cultivo de tomate de la variedad Pony con un aproximado de 45 días de establecido en condiciones de invernadero, se cortaron esquejes apicales en un ángulo de 45 grados, con bisturí previamente desinfectados con alcohol al 90%.

Se recolectó material vegetativo *Salix humboldtiana* (sauce de rio) a partir de cogollos jóvenes. El material previamente lavado se pesará, se macerará y se almacenara en 300 cm<sup>3</sup> de agua en refrigeración con una temperatura aproximada a 25°C. Transcurridos 8 días de almacenaje, se procederá a separar el material vegetal del agua, para incorporarle otros 300 cm<sup>3</sup> de agua nueva el cual se hervirá junto al material a fin de que desprenda todos sus componentes. Por último, se mezclará el agua inicial con el agua hervida.

Por otro lado, el extracto de *Aloe vera* (sábila), se realizará de la “pulpa” de las hojas eliminando la epidermis y tejidos subepidérmicos de las mismas. El mismo se ejecutará a partir de material fresco, en donde se licuará la pulpa de aloe considerando su contenido de humedad con un 90 % aproximadamente. Cabe destacar que el extracto se utilizara el mismo día de su preparación.

Con respecto a los sustratos que se utilizaron fueron arena de rio, turba y lombrihumus, la cual se desinfectó con agua hervida y cloro antes de su uso. Seguidamente se establecieron bandejas de 22 alveolos por tratamiento con una relación de 90% turba y 10% de arena para el primer tratamiento, para el segundo tratamiento de lombrihumus más arena con la misma relación, para el tercer tratamiento solo se utilizó turba.

A continuación, los esquejes serán introducidos en los extractos de los inductores de crecimiento por 20 minutos, posteriormente se sembrarán colocando un esqueje por celda, los riegos se realizaron diarios por la mañana con regadora manual de manera de evitar la erosión del sustrato en las bandejas y el descubrimiento de las raíces.

15 días después de la siembra se observó que el material vegetativo (esquejes) fueron afectados por una enfermedad damping off (muerte del talluelo) la cual es causada por un conjunto de hongos como Rhizoctonia, Fusarium y Pythium. Esta enfermedad fue tratada con un fungicida Mancozeb el cual es un protector que está indicado para la prevención de numerosas enfermedades fungosas de una amplia variedad de cultivos.

Una vez transcurridos 30 días se llevó a cabo el recuento y medición de raíces, así mismo se tomó la altura de la planta hasta su primer brote y se midió el diámetro del cuello de la raíz con un pie de rey.

Seguidamente se registraron los pesos secos de cada esqueje de tomate, donde se utilizó bisturí para separar las raíces tallos y hojas y pesarlas en la balanza y luego introducir el material en las bolsas de papel previamente rotuladas, luego de esta acción se llevaron al horno de secado a una temperatura de 105°C por 24 horas. Una vez transcurridas las 24 horas se pesaron nuevamente las muestras de material vegetal, lo que corresponde al peso seco llevando el registro de los datos.

### **Etapas 3 Análisis de datos y redacción de informe final**

#### **Plan de análisis estadístico**

Se realizó análisis de varianza y comparación de medias a través de LSD Fisher,  $p < 0,5$  mediante el paquete estadístico INFOSAT. Por último, se comparará la biomasa aérea y radicular de los tratamientos, y el peso en balanza en gramos. De igual manera los datos prominentes de la investigación serán sometidos a diferentes pruebas estadísticas a fin de encontrar diferencias entre los tratamientos.

- Análisis de varianza.
- Separación de medias por Tukey al 5%.
- Homogeneidad de varianza.
- Normalidad de los datos.

**Redacción de informe**

Se desarrollará un informe con toda la información reunida a través de diferentes documentos consultados referentes a nuestra investigación, plasmando de esta manera los resultados y discusiones que se obtuvieron a lo largo del estudio de manera clara y concisa.

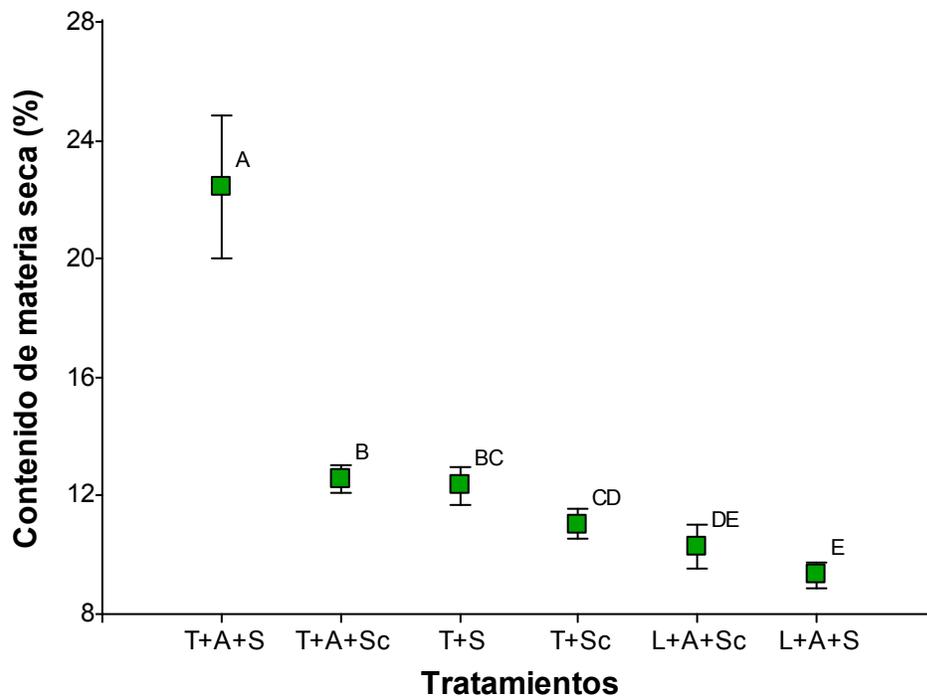
## 10. Análisis y discusión de los resultados

Los esquejes de tomate tuvieron un contenido de materia seca significativamente diferente entre sí por efecto de los tratamientos ( $F= 10.83$ ;  $P<0.0001$ ; Figura 2). Los esquejes del tratamiento T+A+S tienen el mayor porcentaje de materia seca ( $22.43 \pm 2.43$ ) y representó aproximadamente el doble de materia respecto a los demás tratamientos. Esto indica que los esquejes de turba con arena y sábila estaban más lignificados, lo cual podría posibilitar mayor sobrevivencia en campo.

Los resultados con valores intermedios de contenido de materia seca fueron para los sustratos T+A+Sc, T+S ( $12.58 \pm 0.46$  y  $12.36 \pm 0.64$ ) estos representan diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) del tratamiento T+A+S, a diferencia de T+Sc, L+A+Sc y L+A+S con un bajo porcentaje de materia ( $11.05 \pm 0.50$ ,  $10.29 \pm 0.74$  y  $9,33 \pm 0,43$ ) entre estos tratamientos no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ).

**Figura 2.**

Materia seca total de esquejes de tomate según los tratamientos evaluados.



Los resultados mostraron que los esquejes de tomate que tuvieron una fracción de masa de raíz significativamente diferente ( $F= 20.92$ ;  $P<0.0001$ ;) Los esquejes del tratamiento turba con arena y sábila tuvieron el mayor porcentaje de fracción de raíz ( $0.27 \pm 0.01$ ) y represento aproximadamente tres veces más respecto a los demás tratamientos, esto indica que los esquejes de turba con arena y sábila tuvieron una mayor inversión en las raíces con respecto a la biomasa seca total, lo cual indica que el esqueje prioriza la exploración del suelo para adquirir agua y nutrientes.

Por otro lado, los tratamientos experimentales de T+A+Sc, L+A+S tuvieron un promedio de ( $0.19 \pm 0.01$  y  $0.17 \pm 0.01$ ) y no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre sí ( $P> 0.05$ ).

Así mismo T+S, L+A+Sc. T+Sc tuvieron un promedio de ( $0.15 \pm 0.01$ ,  $0.15 \pm 0.01$  y  $0.14 \pm 0.01$ ) y no se encontraron diferencias significativas entre sí por efecto de los tratamientos, lo cual sugiere que los esquejes de estos tratamientos tuvieron una menor inversión de raíces con respecto a la biomasa total, lo cual indica que la planta dio prioridad a otro...

De acuerdo con (Leszciano Bello et al, 2022) en donde menciona que , al evaluar sustratos si se presentaron diferencias significativas. Los sustratos que propiciaron mayores valores fueron el peat moss (turba de musgo) y el tezontle, con valores de 0.49 g y 0.37 g respectivamente. Con relación al peso seco de raíz, con los mismos sustratos, se obtuvo un peso de 0.09 g. Las plántulas que se produjeron presentaron los valores más bajos para esta variable de 0.03 y 0.01 g. Los sustratos vermicompost y fibra de coco muestran algún tipo de deficiencia física o química que afecta el desarrollo de las plántulas.

En este contexto, de los sustratos evaluados en esta investigación los que presentaron mejores resultados en cuanto a fracción de raíz fueron principalmente turba coligado con arena, lo cual puede estar vinculado a las características físicas de la turba como la textura ligera y aireada que facilita la expansión de las raíces, promoviendo un crecimiento vigoroso, así mismo es capaz de almacenar grandes cantidades de agua, lo que ayuda a mantener la humedad en el suelo, beneficiando a la planta durante periodos de sequía.

De igual manera el uso de la arena con este sustrato favoreció al crecimiento de las raíces a causa de que mejoró las condiciones físicas del sustrato en el que crecieron estos esquejes, como la buena permeabilidad y estructura granular que permite que el agua fluya fácilmente a través del suelo evitando el encharcamiento y reduciendo el riesgo de asfixia radicular y enfermedades

como la pudrición de las raíces, así mismo permite mejorar la circulación de oxígeno en el sustrato lo que es esencial para la respiración de las raíces y su crecimiento saludable. En este aspecto evito la compactación y favoreció el enraizamiento.

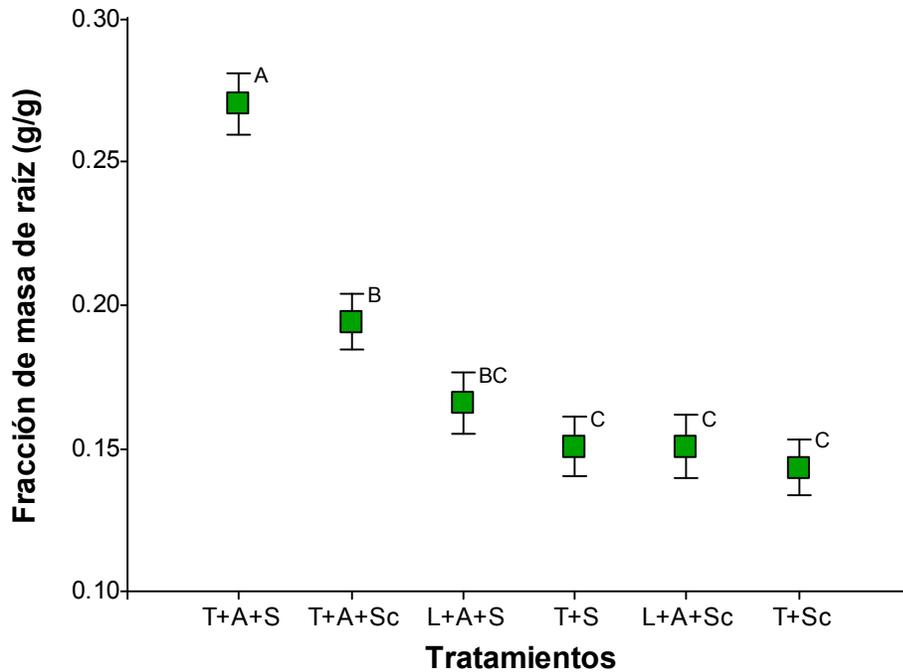
Estos resultados coinciden con lo reportado por (Fernando Garcia et al; 2024) donde reporta un mayor número de prendimientos y longitud de raíz en esquejes de tomate empleando enraizantes naturales. Y con el reporte de Pérez [21] donde el enraizante a base de sábila promovió el crecimiento y desarrollo en plantas de tomate.

Por su parte, Moreno-Pérez et al., (2016) recomienda manipular lo menos posible el esqueje para reducir la posibilidad de generar daños en la raíz, pues estos provocarían un flujo de foto asimilados hacia la raíz para tener una regeneración radicular, lo que provoca un menor flujo de azúcares hacia el desarrollo de tejido foliar, floral o el cuajado de los frutos.

Por otro lado, diferentes estudios señalan una fuerte relación entre un enraizamiento adecuado y un desarrollo vegetal adecuado (Rivera, 2018) remarcan la importancia de una raíz sana que le permite a la planta absorber minerales, agua y oxígeno del sustrato, además de proporcionar anclaje al suelo, y la producción compuestos foto asimilados que permiten el desarrollo vegetal en plantas esquejadas. En el caso de esquejes de *Solanum tuberosum* L. var. yungay, GonzaCarnero et al., (2020) señala una relación directa entre giberelinas y la elongación vegetal, producto de un buen desarrollo radical.

**Figura 3**

Fracción de masa de raíz



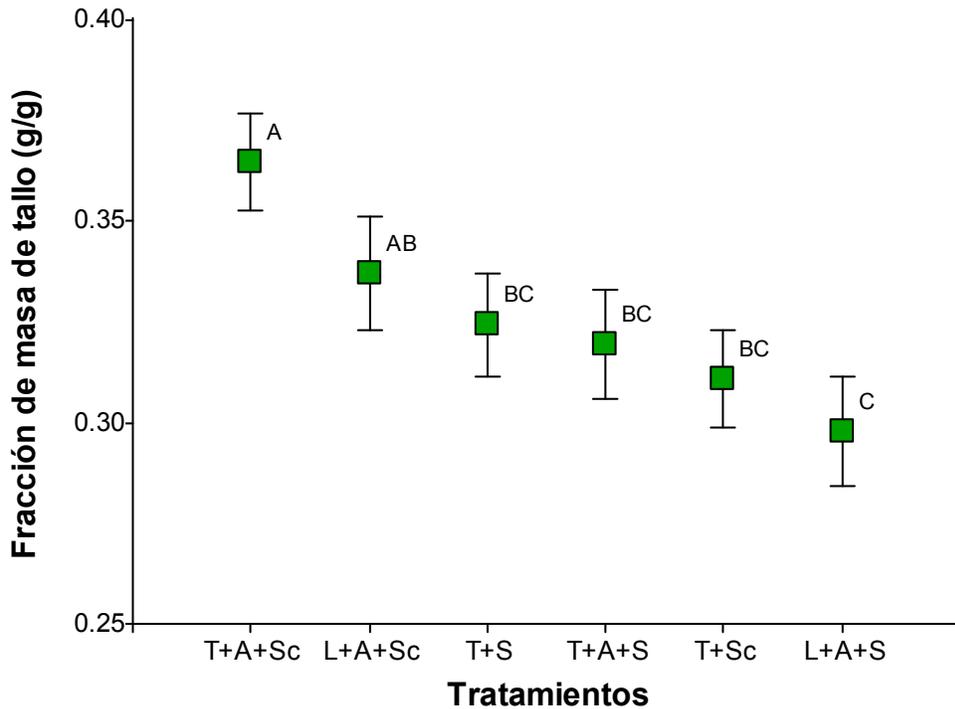
Los esquejes de tomate que tuvieron una fracción de masa de tallo significativamente diferente ( $F= 3.44$ ;  $P<0.0048$ ; figura3) Los esquejes del tratamiento T+A+Sc y L+A+Sc tuvieron un mayor porcentaje de fracción de tallo ( $0.36 \pm 0.01$  y  $0.34 \pm 0.01$ ). Esto muestra que hubo una mayor inversión en el tallo, lo cual podría estar relacionado a estrategias estructurales o competencia por luz no muestran diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), por otro lado, los resultados más bajos en cuanto a fracción de masa de tallo fueron para los sustratos T+S, T+A+S, T+Sc y L+A+S ( $0.32 \pm 0.01$ ,  $0.32 \pm 0.01$ ,  $0.31 \pm 0.01$  y  $0.30 \pm 0.01$ ), entre estos tratamientos no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ )

(Leszciano Bello et al, 2022) indica que los sustratos peat moss( turba de musgo) y tezontle obtuvieron mejor grosor de tallo, mientras que utilizandovermicompost (lombrihumus) y fibra de coco se obtuvo un grosor bajo indicando una menor calidad del tallo y con ello una menor posibilidad de éxito en el campo despues de trasplante.

Bajo esta perspectiva el tratamiento de Tm a ms invirtieron mas en el tallo, esto podria haberse reflejado por que el sustrato de turba coligado con arena mejoraron las condiciones generales del sustrato para el desarrollo de las raices, optimizar la absorcion de nutrientes y agua, asi mismo proporcionar un entorno adecuado para biomasa aérea. Su capacidad para mantener el equilibrio de las condiciones del suelo y su aporte gradual de nutrientes son factores clave que pueden promover un crecimiento saludable de los tallos.

**Figura 4**

Fracción de masa de tallo.



Los esquejes de tomate que tuvieron una fracción de masa de hoja significativamente diferente ( $F=16.63$ ;  $P<0.0001$ ; Figura 4) Los esquejes de los tratamientos T+Sc, L+A+S, T+S y L+A+Sc tienen la mayor fracción de masa de hojas ( $0.55 \pm 0.01$ ,  $0.54 \pm 0.01$ ,  $0.53 \pm 0.01$  y  $0.51 \pm 0.01$ ) Esto indica que, bajo estos tratamientos, la planta asigna más biomasa a las hojas, lo que puede reflejar una estrategia orientada a maximizar la fotosíntesis.

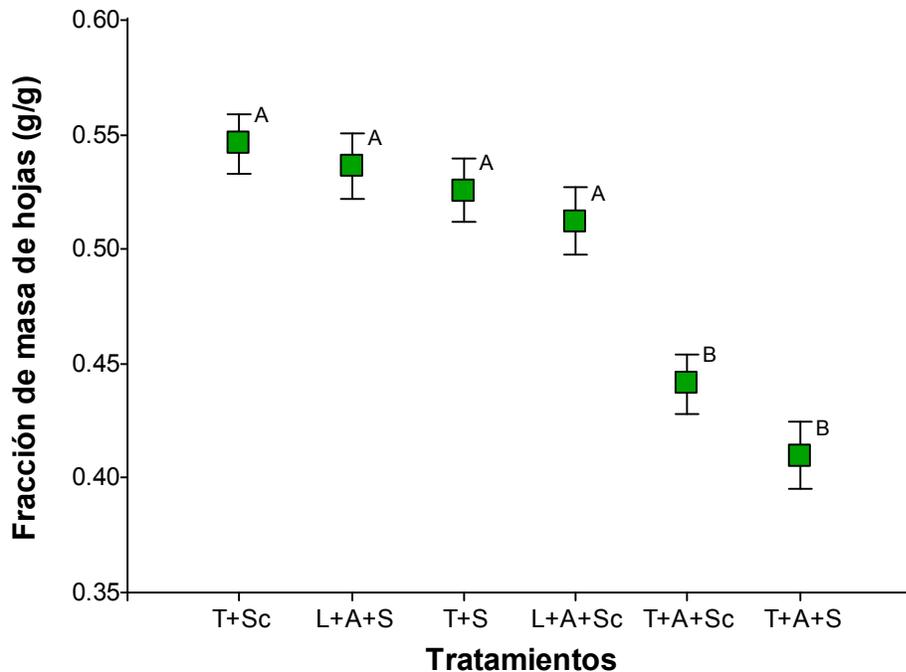
Por otra parte, T+A+Sc, T+A+S, obtuvieron una media de  $(0.44 \pm 0.01, 0.41 \pm 0.01)$  y presentaron diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos, esto sugiere que estos esquejes invirtieron la menor cantidad de biomasa en las hojas, relegando de esta manera que bajo estos tratamientos los esquejes invierten más en biomasa radical.

(Leszczano Bello et al, 2022) reporta que, se presentaron diferencias significativas entre los diferentes sustratos evaluados; as plántulas que presentaron más hojas fueron las que se sembraron en peat moss y tezontle, destacando los tratamientos 5 (T+S100) y 8 (P+S100) en los cuales se contabilizaron en promedio cinco hojas por plántula, por su parte, los sustratos a base de vermicompost y fibra de coco mostraron los valores más bajos, tres y dos hojas respectivamente, esto también debido a que en dichos sustratos las plántulas tardaron más tiempo en emerger.

Así mismo (Jiménez, 2020) muestra que el vástago, el cual es un sustrato que presenta características similares con la turba generó la mayor acumulación de biomasa seca en hojas, frutos y toda la planta de tomate fue el PV, diferenciándose significativamente de las otras combinaciones. PV acumuló 44% más de biomasa foliar y 28% más de biomasa seca en toda la planta, lo que se puede relacionar positivamente con el IAF más alto alcanzado en estadio fenológico 704 por este tratamiento

### **Figura5**

fracción de masa de hojas (g/g)



Los esquejes tuvieron un índice de esbeltez significativamente diferente ( $F= 12.14$ ;  $P<0.0001$ ) Los esquejes de los tratamientos T+A+S y T+A+Sc tuvieron índices bajos ( $0.65 \pm 0.03$ ,  $0.67 \pm 0.03$ ), lo cual, significa una planta más robusta y equilibrada, con mejor adaptabilidad estructural (relación más equilibrada entre diámetro y altura), lo que puede determinar un balance entre la superficie de transpiración y la resistencia mecánica de los esquejes, siendo recomendable para una mayor sobrevivencia y crecimiento pos establecimiento.

Así mismo, los tratamientos experimentales T+S, L+A+Sc, T+Sc Y L+A+S presentaron una media de ( $0.90 \pm 0.03$ ,  $0.84 \pm 0.03$ ,  $0.83 \pm 0.03$  y  $0.83 \pm 0.03$ ). Estos valores indican una planta más delgada y alta, lo que puede reflejarse como más susceptible a fracturarse por factores abióticos como el viento y daños mecánicos.

En este sentido, se evidencia en especies forestales coinciden en señalar valores bajos para el índice de esbeltez, así mismo se considera que el valor de esbeltez no debe de ser mayor a seis, así mismo aseveran que mientras menos valor se obtenga entre las relaciones diámetro/ altura existirá más vigor en la planta.

Debe tenerse en cuenta el limitado número de reportes de este índice en cultivos hortícolas. A este respecto de (Pérez, 2019) al estudiar el efecto de microorganismos eficientes y Fitomas- E en la

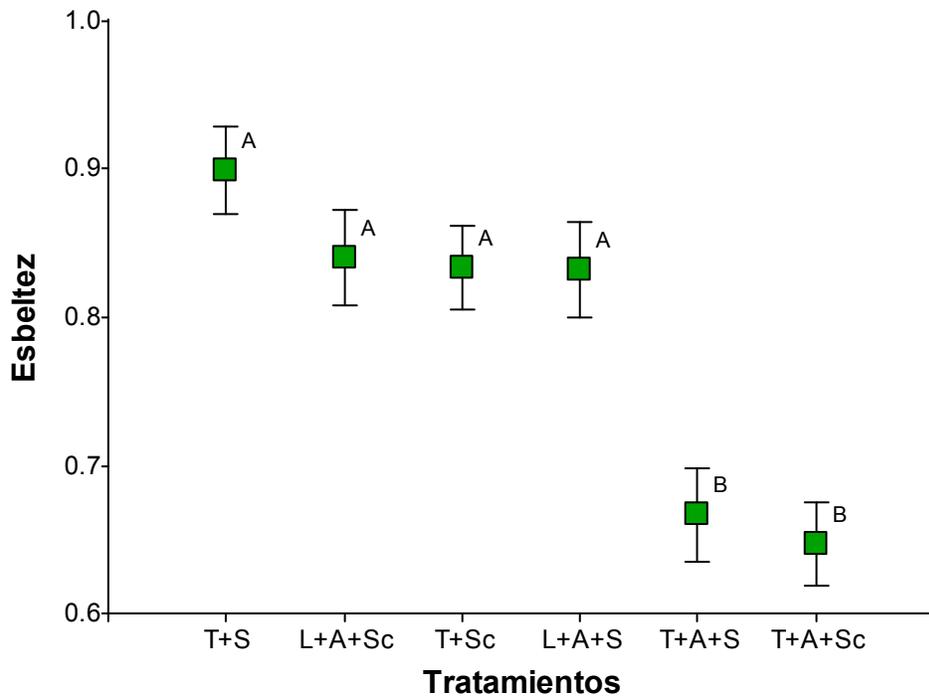
producción de plántulas de *Capsicum annum* L. en la agricultura urbana, Suburbana y familiar, en donde reporta valores de índice de esbeltez entre 4.32 y 4.56.

Así mismo Terán (2014) al estudiar el efecto el humus de lombriz en el cultivo de tomate en la etapa de semillero reporta valores de índice de esbeltez entre 3.16 y 3.71 y destaca que la mayor calidad de las plántulas se ven favorecidas por la relación proporcional entre la altura y grosor del tallo, lo cual sugiere un mejor sostén de las plántulas y estar mejor preparadas para responder con mayor eficiencia biológica a las condiciones de estrés que son sometidas durante el trasplante.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado en este estudio los resultados obtenidos de índice de esbeltez con respecto a los esquejes mostraron valores desproporcionado en cuanto a la altura, posiblemente porque que no se utilizaron plántulas y el diámetro de dichos esquejes correspondía a plantas con alturas aproximadas de 1.5 metros.

**Figura 1**

Índice de esbeltez



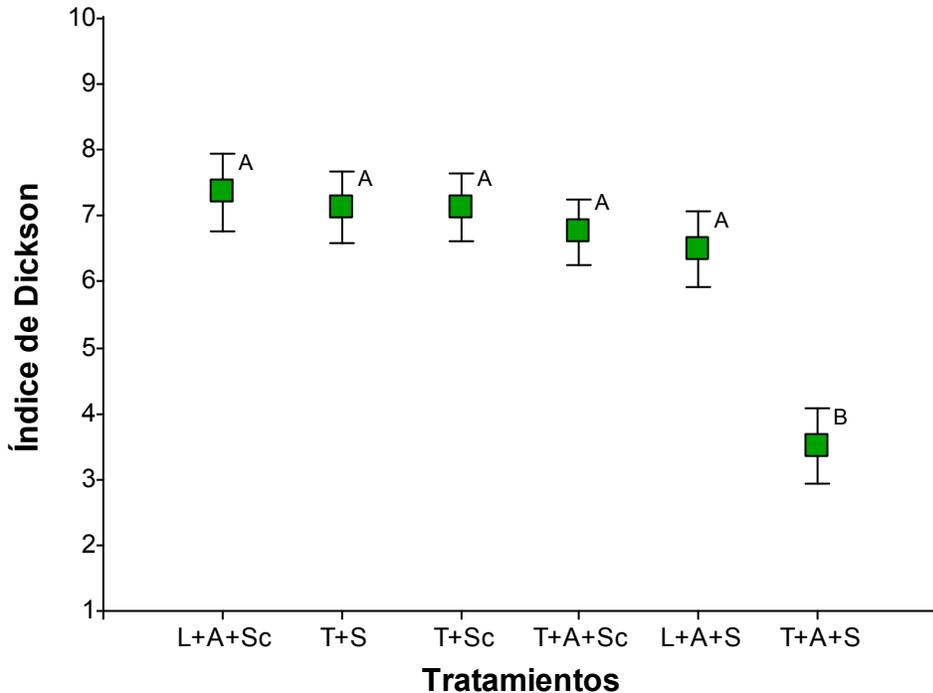
Los esquejes de tomate tuvieron un índice de Dickson significativamente diferente ( $F=6.51$ ;  $P<0.0001$ ) Los esquejes de los tratamientos L+A+S, T+S, T+Sc, T+A+Sc, L+A+S tuvieron un mayor porcentaje de índice de calidad de Dickson ( $7.37 \pm 0.59$ ,  $7.15 \pm 0.54$ ,  $7.12 \pm 0.51$ ,  $6.76 \pm 0.51$ ,  $6.49 \pm 0.58$ ) y no reflejaron diferencias significativas entre ellos, esto indica una planta de calidad, con una distribución equilibrada de biomasa y mayor probabilidad de éxito en campo, sin embargo T+A+S reflejó un índice de calidad significativamente más bajo ( $3.49 \pm 0.58$ ) esto evidencia plantas menos robustas, posiblemente con desequilibrios que afecten su desempeño

De conformidad con (Dzib, 2017) de igual forma el índice de calidad de Dickson mostró diferencias estadísticas significativas con el uso del ácido salicílico, en comparación a los demás tratamientos en donde no se utilizó esta hormona, esto indica mayor sobrevivencia al momento de trasplante, desempeño de las plantas trasplantadas y puede garantizar un desarrollo óptimo en campo.

De este modo en este análisis se muestra que las mezclas evaluadas que presentan un mejor índice de calidad de Dickson fueron las que tenían presente el inductor de crecimiento sauce de rio y no difirió estadísticamente entre los sustratos utilizados, de esta manera sugiere que estos esquejes podrían adaptarse al trasplante y crecer adecuadamente, teniendo en cuenta que se toman parámetros como el crecimiento vegetativo así como la estructura de la planta, proporcionando una medida de salud y vigor.

**Figura 6**

Índice de calidad de Dickson



Los esquejes de tomate tuvieron una relación de biomasa de raíz y tallo significativamente diferente tratamientos ( $F= 16.20$ ;  $P<0.0001$ ; Figura 9). En este sentido los esquejes del tratamiento Turba arena y sábila tuvieron el mayor porcentaje de relación entre la biomasa de raíz y tallo ( $0.39 \pm 0.02$ ) esto indica que los esquejes bajo este tratamiento invierten proporcionalmente más recursos en el sistema radicular que en el tallo y muestra diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ).

Por otro lado, los tratamientos T+A+Sc y L+A+S ( $0.26 \pm 0.02$  y  $0.21 \pm 0.02$ ), presentan una relación intermedia entre biomasa de raíz y tallo, esto puede indicar un balance moderado en la asignación de recursos fomentando un reparto más equilibrado entre la biomasa aérea y biomasa radicular no muestran diferencias significativas entre B y BC ( $P > 0.05$ ). No obstante, los tratamientos L+A+Sc+ T+S, T+Sc ( $0.19 \pm 0.02$ ,  $0.18 \pm 0.01$  y  $0.17 \pm 0.01$ ) no presentan diferencias significativas entre sí ( $P > 0.05$ ), esto señala que hay más recursos en el tallo que en las raíces.

Conforme (Guzman 2023) demuestra que el uso de giberelinas estimulan el crecimiento de las raíces en los esquejes de tomate, de igual manera evidencia que la biomasa desarrollada a partir de esquejes fue poco más de la mitad que la desarrollada a partir de semilla. Esto debido a que el Índice de Biomasa también considera el follaje desarrollado, así mismo la parte aérea generada a partir de semilla se desarrolló de forma homogénea, pero al mismo tiempo, en una tasa menor que la del esqueje.

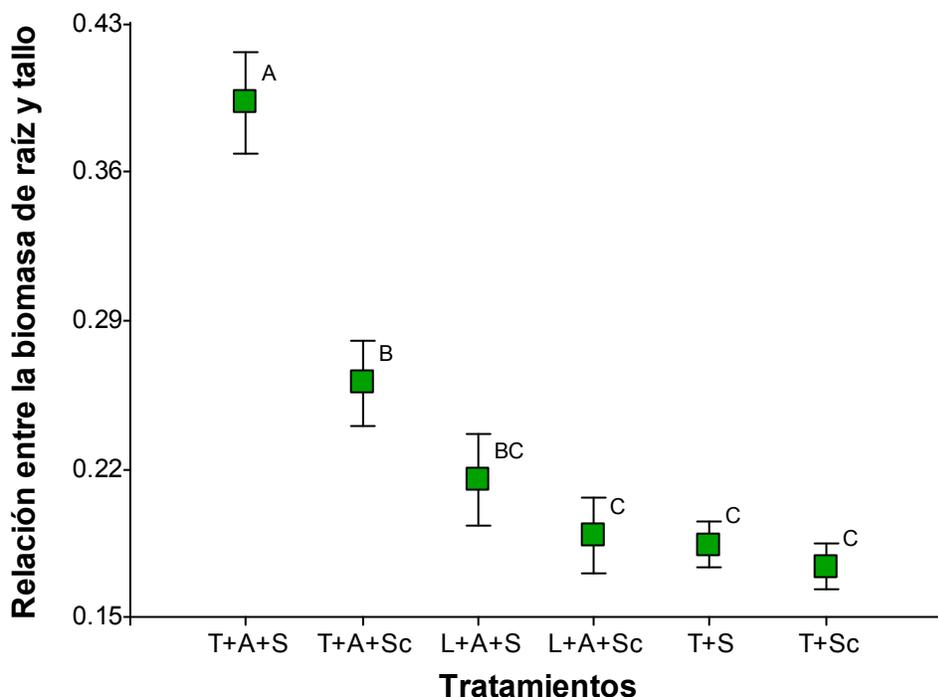
En este sentido, en este estudio se demuestra que el tratamiento de turba con arena y ssábila presenta mayor cantidad de biomasa de raíz, esto puede deberse a la presencia de las giberelinas y auxinas que contiene el inductor de sábila, las cuales desempeñan un papel importante en los procesos de crecimiento vegetal. Cabe destacar que las giberelinas estimulan el crecimiento del tallo y el tejido aéreo, debido a que es más relevante en la elongación celular. Cabe destacar que las giberelinas interactúan con las auxinas, las cuales son cruciales para la formación de raíces adventicias y laterales, en este sentido las giberelinas pueden potenciar los efectos de las auxinas en la formación de raíces.

Por el contrario, el tratamiento de T+A+Sc, reflejo una relación equilibrada entre la biomasa de raíz y del tallo, esto podría originarse por las citoquininas presentes en el inductor sauce de rio, el cual estimula la división celular, retrasan la senescencia y regulan el equilibrio entre el crecimiento de raíces y brotes. Seguido de L+A+S que de la misma manera presento un equilibrio, en este caso puede estar relacionado con el sustrato lombrihumus, debido a que este promueve un equilibrio a través de diferentes mecanismos como macronutrientes, donde se destacan el nitrógeno el cual favorece el crecimiento de la parte aérea (tallos y hojas), así mismo el fósforo que estimula el desarrollo radicular, por último el potasio mismo que regula la traslocación de nutrientes, favoreciendo el balance entre raíces y tallos.

Igualmente, el lombrihumus puede mejorar la porosidad y la retención de agua del suelo, facilitando la penetración y el desarrollo de las raíces. Esto permite a las raíces explorar un mayor volumen de suelo para absorber agua y nutrientes, estabilizando el crecimiento de la parte aérea. Así mismo contiene fitohormonas naturales como auxinas, giberelinas y citoquininas que regulan los crecimientos.

**Figura7**

Relación entre la biomasa de raíz y tallo



Los esquejes de tomate tuvieron un contenido de materia seca significativamente diferente entre sí por efecto de los tratamientos ( $F= 8.68$ ;  $P<0.0001$ ; figura) Los esquejes del tratamiento turba más arena y sauce tuvieron un mayor porcentaje de materia seca del tallo ( $13.27 \pm 0.54$ ) con una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) esto indica que tiene una mayor proporción de materia seca en relación con el agua, lo cual propone que el tallo es más denso y puede estar adaptado para mayor fortaleza estructural.

Los resultados con valores intermedios de contenido de materia seca del tallo fueron para T+S, T+Sc, L+A+Sc, y T+A+S, ( $10.50 \pm 0.58$ ,  $9.91 \pm 0.54$ ,  $9.78 \pm 0.62$  y  $9.29 \pm 0.80$ ) no muestran diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ), a diferencia de L+A+S ( $8.31 \pm 0.61$ ) indica que hay diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

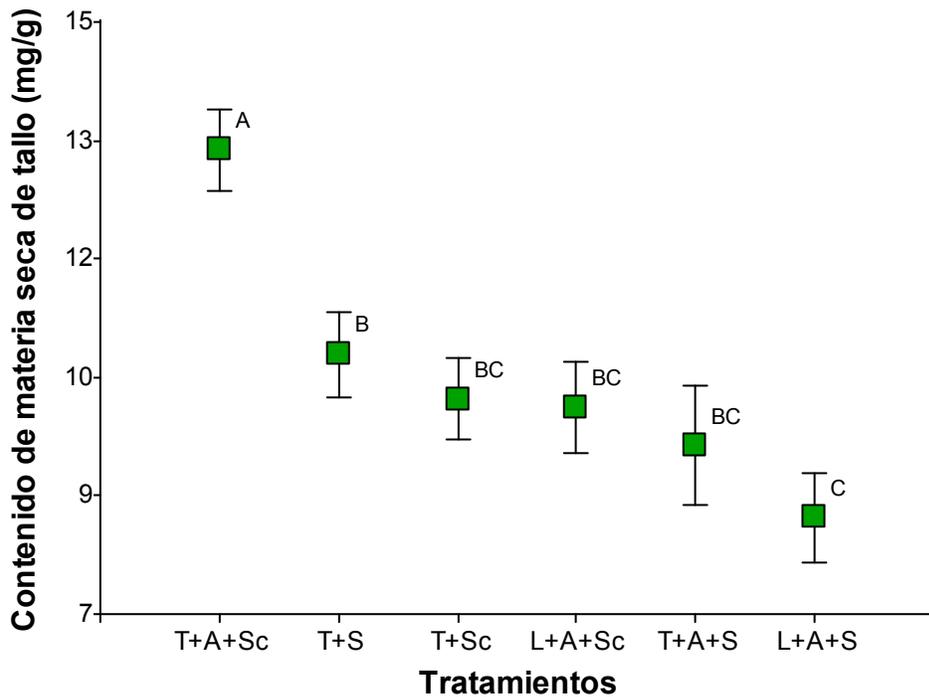
En concordancia con (Dzib, 2017) el cual destaca que se el uso de ácido salicílico, influye en procesos como desarrollo radicular, mayor grosor de tallo, entre otros, así mismo puede modificar

el equilibrio hormonal al interactuar con otras hormonas vegetales como ácido abscísico y las auxinas.

En este aspecto los efectos obtenidos demuestran que el sauce de rio tiene como hormona activa el ácido salicílico, por lo tanto, promovió en el tratamiento de T+A+Sc un mayor contenido de materia seca. En este sentido presentó un efecto estimulante en el grosor del tallo, el cual es de relevancia, debido a que contenidos más altos de materia seca en este refleja una planta madura y desarrollada, Así mismo, un contenido alto de materia seca en los tallos puede indicar una adaptación a condiciones ambientales extremas como sequias, debido a que puede relacionarse con una mayor cantidad de almacenamiento de agua o nutrientes.

**Figura8**

Contenido de materia seca de tallo (mg/g)



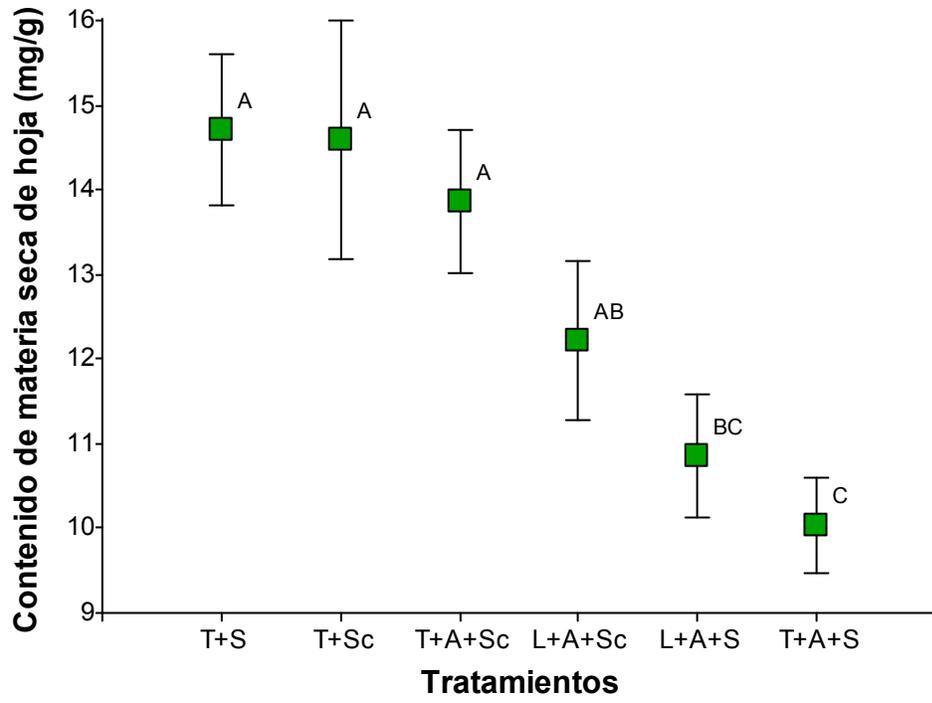
Los esquejes de tomate tuvieron un contenido de materia seca significativamente diferente entre sí ( $F=6.46$ ;  $P<0.0001$ ; figura) Los esquejes de los tratamientos T+S, T+Sc, T+A+sc y L+A+Sc ( $14.70 \pm 0.89$ ,  $14.59 \pm 1.41$  y  $13.85 \pm 0.85$ ,  $12.22 \pm 0.94$ ) tienen el mayor contenido de materia seca de hojas sin diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). Esto sugiere que la planta prioriza tejidos más densos. Por otro lado, se muestran los resultados con valores bajos L+A+S y T+A+S ( $10.85 \pm 0.73$  y  $10.04 \pm 0.55$ ) no muestran diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, en los tratamientos de T+S, T+Sc, T+A+sc y L+A+Sc muestran diferencias estadísticas significativas de L+A+S y T+A+S.

Del mismo modo (Dzib, 2017) indica que las concentraciones ácido salicílico presenta una influencia en el contenido de materia seca de las hojas, debido a que actúa como una molécula señalizadora que regula diferentes procesos fisiológicos y de defensa.

En razón a esto los tratamientos que contienen sauce de río en esta investigación muestran que tuvieron un mayor contenido de materia seca en las hojas, el cual podría ser un indicador en varios aspectos relacionados con la calidad nutricional, debido a que las hojas son una fuente importante de nutrientes, de esta manera un mayor contenido de materia seca puede reflejar una planta de mayor calidad. Del mismo modo actúa en la capacidad de fotosíntesis, debido a que son los principales órganos de las plantas encargados de la fotosíntesis y su contenido de clorofila determina la eficiencia con la que la planta convierte la luz solar en energía.

**Figura 9**

Contenido de materia seca de hoja (mg/g)

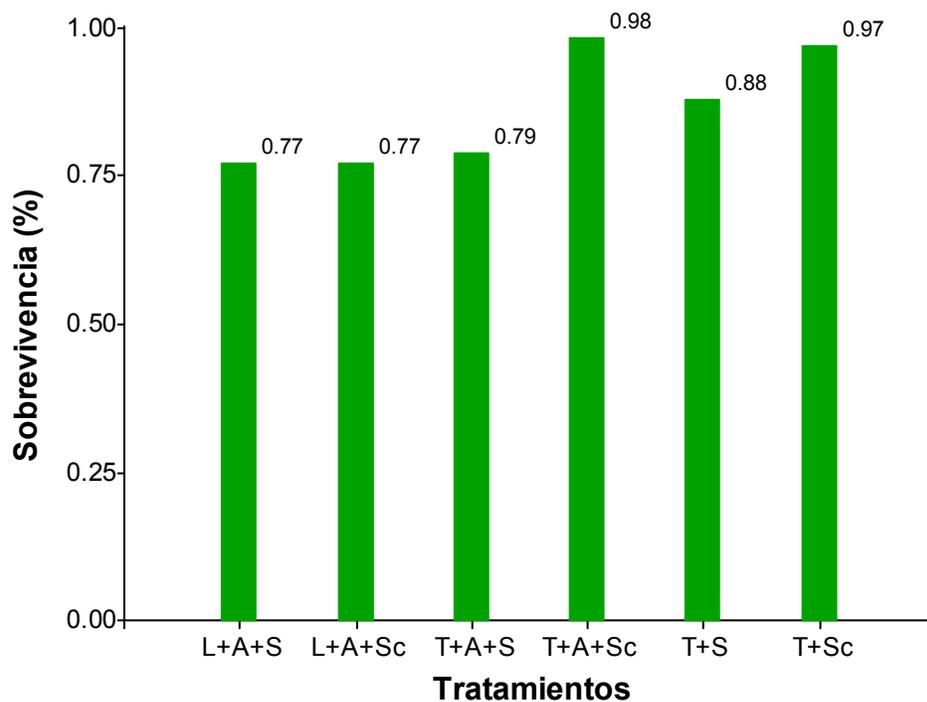


Los tratamientos aplicados mostraron diferencias en la sobrevivencia (%), siendo los más efectivos T+A+Sc y T+Sc, con valores de 0.98% y 0.97%, respectivamente. El tratamiento T+S también presentó una tasa alta de sobrevivencia (0.88%), mientras que los tratamientos que incluyen lodo (L+A+S y L+A+Sc) obtuvieron valores menores (0.77%). El tratamiento T+A+S alcanzó un 0.79%, situándose en un punto intermedio. Estos resultados sugieren que el uso de turba, arena y sauce favorece condiciones óptimas para la sobrevivencia, destacando la importancia de la turba y sauce como componente clave.

De acuerdo con (Franco, 2011) los porcentajes de sobrevivencia de los esquejes de tallo lateral se encontró que el tratamiento de turba con Hormonagro 1 presentó el valor más alto de sobrevivencia de esquejes con un 100%, seguido del tratamiento de suelo con Hormonagro 1, con un 90,54%. Los tratamientos Hormonagro 1 y Solucat diluidos en agua no ejercen un efecto positivo en la sobrevivencia donde se presentó un valor cercano al 0%.

**Figura 10**

Promedio de sobrevivencia en esquejes de tomate



## 11. Conclusiones

En esta investigación se concluye que el efecto de diferentes inductores de crecimiento vegetal y combinaciones de sustratos sobre la sobrevivencia, calidad y desarrollo de biomasa aérea y radicular en esquejes de tomate. Los resultados permitieron confirmar la hipótesis alternativa, ya que se observó que al menos uno de los inductores y combinaciones de sustratos aplicados presentó una diferencia significativa en el desarrollo de los esquejes, destacando la importancia de seleccionar los tratamientos adecuados para maximizar el enraizamiento y el vigor de las plántulas.

El éxito en el enraizamiento y crecimiento de esquejes de tomate depende de la interacción entre los sustratos utilizados y los inductores de crecimiento aplicados. El tratamiento con mejores resultados fue turba más arena más sábila en cuanto a su fracción de raíz lo que indica que la planta invirtió más en raíces, por otro lado el índice de esbeltez fue turba más arena más sauce lo que nos predice un esqueje más esbelto, más robusto y con mayor altura, así mismo el índice de calidad de Dickson el tratamiento con mejores índices fueron L+A+S, T+S, T+Sc, T+A+Sc y L+A+S estos no muestran diferencias significativas por lo tanto los esquejes con estos tratamientos tienen mayor calidad, mayor crecimiento y mayor biomasa, indicando el éxito de establecimiento de las plántulas en el campo.

El uso de inductores naturales como la sábila y el sauce, combinado con sustratos como arena de río, turba y lombrihumus, demostró ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia en la propagación vegetativa del tomate, contribuyendo al desarrollo de sistemas agrícolas más sostenibles y productivos. Esto proporciona una alternativa viable para los productores en regiones con condiciones agroclimáticas similares a las de la estación experimental El Limón, en Estelí.

Finalmente, este estudio resalta la relevancia de continuar investigando y optimizando el uso de recursos naturales en la agricultura, promoviendo prácticas más sostenibles y adaptadas a las necesidades del entorno agrícola nicaragüense.

### 13. Referencias bibliográficas

- Abad Nieto, E. (2019). Obtenido de file:///C:/Users/Sergio%20Rostran%20Z/Downloads/\_\_\_eabadn.pdf
- Alcantara, J. (26 de abril de 2019). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Alvarado , A., & Munzón, M. (20 de Mayo de 2019). Obtenido de [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v44n01\\_065.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v44n01_065.pdf)
- Alvarado, A., & Munzón, M. (Junio de 2020). Obtenido de S\_Cielo: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242020000100065](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242020000100065)
- Amigo, A. (27 de noviembre de 2018). Obtenido de <https://www.mundohuerto.com/esqueje>
- Arebalo Madrigal, M. (11 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1491>
- Baez Perez, A. (mayo de 2015). Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342015000300007#:~:text=El%20C3%A1cido%20indol%2D3%2Dbutir%3%ADco,producci%C3%B3n%20y%20calidad%20de%20trigo](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000300007#:~:text=El%20C3%A1cido%20indol%2D3%2Dbutir%3%ADco,producci%C3%B3n%20y%20calidad%20de%20trigo)
- Barbaro, I. (2021). Obtenido de Instituto nacional de tecnología agropecuaria: <https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/consejos/que-es-turba.html>
- Benitez , J., & Navarrete, j. (s.f.). Obtenido de <https://cipotato.org/wp-content/uploads/congreso%20ecuatoriano%201/j.benitez.doc>
- Carhuas Salgado, M. Y., & Davila Falcon, R. R. (6 de Enero de 2023). Obtenido de [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3078/1/T026\\_71262180\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3078/1/T026_71262180_T.pdf)
- Chuquillanqui , C. (Julio de 2017). Obtenido de <file:///C:/Users/Sergio%20Rostran%20Z/Downloads/victorw,+biociencias3-2-2.pdf>
- Cobos Mora, F. (21 de 11 de 2022). Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://dialnet.uniri.oja.es/descarga/articulo/8813552.pdf&ved=2ahUKEwjZ6ZW1vteFAxXUcDABHRz3AVIQFnoECBYQBg&usg=AOvVaw0zdVfoZ7TVbuOp1rGb011>
- Curasma, U. (2019). Obtenido de <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2eee9239-89cb-479c-ad56-ae03f57e6a9f/content>
- Curiosoando. (8 de noviembre de 2017). Obtenido de <https://curiosoando.com/que-son-los-esquejes>

Franco, L. A. (20 de Noviembre de 2011). Obtenido de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2103/1634>

Fundación Global Nature. (2020). Obtenido de [https://fundacionglobalnature.org/wp-content/uploads/2021/02/Guia-Basica-para-la-Produccion-de-esquejes-Dic2020\\_\\_compressed.pdf](https://fundacionglobalnature.org/wp-content/uploads/2021/02/Guia-Basica-para-la-Produccion-de-esquejes-Dic2020__compressed.pdf)

García, E. (27 de Abril de 2019). *AgroHuerto*. Obtenido de <https://www.agrohuerto.com/5-enraizantes-naturales-que-puedes-hacer-tu-mismo/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20los%20enraizantes%20naturales%3F%20Los%20enraizantes%20naturales,a%20plantar%20esquejes%20ya%20sean%20le%C3%B1osos%20o%20herb%C3%A1ceos.>

Gavilan Falcon, E. F., & Ombone Vasquez, F. M. (2020). Obtenido de [http://45.177.23.200/bitstream/undac/2034/4/T026\\_46742931\\_T.pdf](http://45.177.23.200/bitstream/undac/2034/4/T026_46742931_T.pdf)

Gonza, K. (03 de Noviembre de 2020).

Gonzales, R. (2023). Obtenido de <https://estoesagricultura.com/humus-lombriz/>

Gonzalez, G. (Marzo de 2015). Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792015000100063](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000100063)

La huertina . (21 de marzo de 2022). Obtenido de <https://www.lahuertinadetoni.es/enraizante-de-aloe-vera/>

Leroy , M. (28 de Octubre de 2022). Obtenido de <https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/consejos/que-es-turba.html>

Leszczano Bello, M. (21 de febrero de 2022). Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342021000100061](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342021000100061)

MEFCCA. (s.f.). Obtenido de <https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento4923501.pdf>

Nebreda, M. (08 de Febrero de 2023). Obtenido de <https://www.campustraining.es/noticias/que-es-multiplicacion-vegetativa/>

Ortega , L. (Octubre de 2023). Obtenido de [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/140225/TESIS%20LGO%20FINAL%20%28OCTUBRE2023%29\\_removed.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/140225/TESIS%20LGO%20FINAL%20%28OCTUBRE2023%29_removed.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Perez, R. (2019). Obtenido de <https://plantasyjardin.com/2021/01/caracteristicas-de-la-turba/>

Ramirez, H. (01 de octubre de 2019).

Raudez Centeno, D., & Rojas Mezas , J. (03 de febrero de 2023). Obtenido de <https://camjol.info/index.php/FAREM/article/view/15692>

Robles Cervantes , P. (Marzo de 2023). Obtenido de  
[file:///C:/Users/Sergio%20Rostran%20Z/Downloads/PAULA%20MARIANA%20ROBLES%20CERVANTES%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Sergio%20Rostran%20Z/Downloads/PAULA%20MARIANA%20ROBLES%20CERVANTES%20(1).pdf)

Robles, P. (Marzo de 2023). Obtenido de  
<http://51.143.95.221/bitstream/TecNM/5753/1/PAULA%20MARIANA%20ROBLES%20CERVANTES.pdf>

Rodriguez, C. (11 de mayo de 2021). Obtenido de  
<file:///C:/Users/Administrator/Downloads/Sustratos.pdf>

Univerdidad nacional de la plata. (s.f.). Obtenido de <https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/51/33751/3cd2590b7da51ba898e5d33639a3c6a1.pdf>

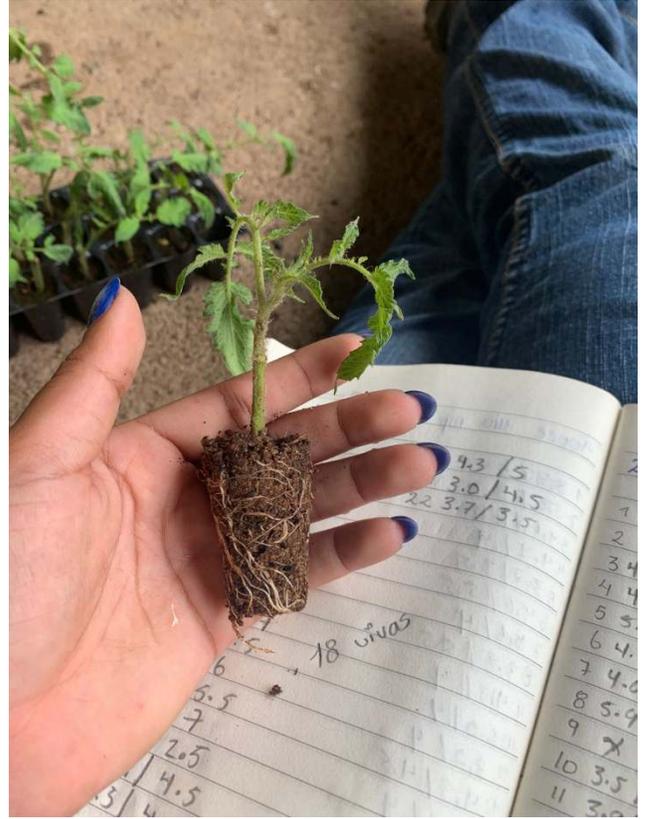
Valera, L., & Garay, V. (2017). Obtenido de <http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/wp-content/uploads/sites/9/2017/01/Tema-3-PVEP.pdf>

Zamora, D. (10 de Octubre de 2019). Obtenido de  
<https://www.redalyc.org/journal/1813/181363107005/html/>

## 14. Anexos









*¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!*

