Evaluación comparativa de enraizantes en maracuyá en la época lluviosa del trópico húmedo

Silva Mesa, José Luis y Mendoza Rocero, Jhonny Rafael

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención al título de

Ingeniero Agropecuario

MSc. Ing. Vaca Pazmiño, Eduardo Patricio

31 de Julio de 2026

Reporte de verificación de contenido

Certificado de análisis
Compilatio Magister+ | ESPE-ECU

_Evaluación comparativa de enraizantes en maracuyá en la época lluviosa del trópico húmedo
ID : 3561492f7da681b153116ce33d2ea39240717e06

10%
Textos sospechosos

Nombre del fichero : _Evaluación comparativa de enraizantes en maracuyá en la época lluviosa del trópico húmedo.txt
Tamaño del archivo original : 6,47 MB
Número de palabras : 23.262

Depositante : SANTIAGO MIGUEL ULLOA CORTAZAR
Fecha de depósito : 4 de agosto de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 4 de agosto de 2026

Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :

Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Similitudes 1%
Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.

Detección de IA 5%
Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.
Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.

Idiomas no reconocidos 4%
Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua.
Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.

No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Textos entre comillas 0%
Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

Firma

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
EDUARDO PATRICIO VACA PAZMINO

MSc. Ing. Vaca Pazmiño, Eduardo Patricio

Director

Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular "**Evaluación comparativa de enraizantes en maracuyá en la época lluviosa del trópico húmedo**" fue realizado por los señores **Silva Mesa José Luis, Mendoza Rocero Jhonny Rafael,** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; Además, fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 31 de julio de 2026

Firma

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
EDUARDO PATRICIO
VACA PAZMINO

MSc. Ing. Vaca Pazmiño, Eduardo Patricio

Director

C.C.: 1802127355

Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Silva Mesa José Luis** con cédula de ciudadanía n° **0850833666** y **Mendoza Rocero Jhonny Rafael,** con cédula de ciudadanía n°**2350706814** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular**: Evaluación comparativa de enraizantes en maracuyá en la época lluviosa del trópico húmedo** nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 31 de julio de 2026

Firma	**Firma**
Silva Mesa, José Luis	**Mendoza Rocero, Jhonny Rafael**
C.C.: 0850833666	**C.C.: 2350706814**

Departamento de ciencias de la vida y agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Nosotros **Silva Mesa José Luis** con cédula de ciudadanía n° **0850833666** y **Mendoza Rocero Jhonny Rafael,** con cédula de ciudadanía n°**2350706814** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación comparativa de enraizantes en maracuyá en la época lluviosa del trópico húmedo** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 31 de julio de 2026

Firma **Firma**

Silva Mesa, José Luis

C.C.: 0850833666

Mendoza Rocero, Jhonny Rafael

C.C.: 2350706814

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a las personas que siempre estuvieron apoyándome, mi padre, Luis Rafael Silva Mancheno, y a mi madre, Ana Mercedes Mesa Rodríguez, que siempre me dieron su respaldo y ánimos, a todos mis hermanos, a mi novia, Ing. Raquel Garces Cagua, que, sin importar las circunstancias, me dio su apoyo y consejos, y también me ayudó a no rendirme y seguir con mi camino, a mis compañeros Ing. Allan Jaya, Zahid Villarreal, Paola Domínguez y Michael Loor, que también me dieron ánimos de seguir y verme como ingeniero.

José Silva

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a mis padres, Segundo Mendoza y Marcia Rocero, y a mis hermanas, Verónica Mendoza, Alexandra Mendoza y Jenny Mendoza, personas que me han respaldado y brindado su apoyo en el transcurso de mi formación académica y de vida, así como a mis compañeros de clase y mis docentes por su acompañamiento y contribución en este proceso de aprendizaje; de igual manera, a mi amiga Mishell. Se logró, colega…

Jhonny Mendoza

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de estar aquí, día a día fuí aprendiendo cosas nuevas sobre mi carrera , que sin importar las circunstancias, él permitió que llegue a este día.

Agradezco a mi padre y madre, que siempre me han apoyado y guiado, no solo en mi carrera, sino en toda mi vida, dando sus buenos ánimos cuando más lo necesitaba, gracias por siempre haberme ayudado, y sacrificado tanto para poder verme aquí.

Agradezco a mi novia que sin importar el día o la hora siempre buscó la manera de ayudarme, dándome consejos, sobre cómo hacer mejor las cosas en el día a día, dentro y fuera de mis estudios de carrera.

También agradezco a todos los docentes que impartieron sus conocimientos, por tener la paciencia de explicar hasta que lograra entender las partes más importantes, porque gracias a eso pude obtener los conocimientos necesarios para estar aquí.

José Silva

Agradecimiento

Primeramente, agradecido con Dios por brindarme la oportunidad de seguir con mis estudios pese a los problemas que he pasado en mi vida, y a mis padres y hermanas, que estuvieron cuando más necesitaba su ayuda.

Agradecido con el apoyo y ayuda brindada por nuestro director de tesis Ing. Patricio Vaca, por la comprensión y el acompañamiento en la elaboración del respectivo trabajo.

Agradezco de igual manera a mis docentes que tuvieron la paciencia de enseñarme durante mi formación académica, así como a algunos que, pese a sus palabras algo hirientes, pero con un poco de verdad, ayudaron a formar un poco más mi carácter; pese a que ciertamente tuve ciertos fallos, les estoy muy agradecido.

De igual manera le estoy muy agradecido con las personas que me ayudaron en la universidad, en diferentes áreas, se agradece un montón señor Tejada.

Jhonny Mendoza

ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria.....6

Agradecimiento.....8

Capítulo I: Introducción.....19

1.1. Introducción..... 19

1.2. Antecedentes..... 19

1.3. Problemática.....20

1.4. Justificación.....21

1.5. Objetivos..... 22

1.5.1. Objetivo general.....22

1.5.2. Objetivos específicos.....22

1.6. Limitaciones.....22

Capítulo II: Marco teórico.....23

2.1. El cultivo de maracuyá (Passiflora edulis L.).....23

2.1.1. Importancia económica y productiva del cultivo de maracuyá.....23

2.2. Sistema radicular de la planta maracuyá.....24

2.2.1. Morfología y arquitectura del sistema radicular.....24

2.2.2. Funciones del sistema radicular en el crecimiento y establecimiento del cultivo..
24

2.2.3. Desarrollo radicular de la planta durante la etapa de establecimiento..... 25

2.2.4. Relación entre sistema radicular, absorción de nutrientes y vigor vegetativo... 25

2.3. Factores que afectan el desarrollo radicular.....26

2.3.1. Compactación del suelo..... 27

2.3.2. Exceso de humedad.....27

2.3.3. Temperatura.....27

2.3.4. pH.....27

2.3.5. Conductividad eléctrica.....28

2.3.6. Oxigenación del suelo.....28

2.3.7. Materia orgánica (MO).....28

2.3.8. Hongos patógenos.....28

2.4. Bases fisiológicas del enraizamiento y rol de los enraizantes.....29

2.4.1. Tipos de enraizantes.....29

2.4.2. Enraizantes hormonales.....30

2.4.3. Bioestimulantes.....30

2.4.4. Microorganismos promotores.....31

2.4.5. Ácidos húmicos y fúlvicos.....31

2.4.6. Extractos de algas.....32

2.4.7. Micorrizas.....32

2.4.8. Trichoderma.....33

2.4.9. Rizobacterias PGPR.....33

2.4.10. Bioestimulantes enraizantes, composición y funcionalidad.....34

2.5. Influencia de la época lluviosa en el trópico húmedo y su influencia en la aplicación de enraizantes.....34

2.5.1. Exceso de humedad, hipoxia radicular y respuesta fisiológica del maracuyá....35

2.5.2. Implicaciones de la época lluviosa sobre la eficacia de enraizantes y bioestimulantes.....35

2.6. Vacío de conocimiento y perspectivas de investigación..... 36

Capítulo III: Metodología.....36

3.1. Ubicación del ensayo..... 36

3.1.1. Ubicación política..... 36

3.1.2. Ubicación geográfica.....37

3.1.3. Ubicación ecológica..... 37

3.2. Materiales..... 38

3.2. Enfoque de la investigación..... 38

3.3. Alcance.....39

3.4. Diseño experimental:.....39

Fuente: Elaboración propia..... 40

3.5. Fuentes de información:..... 40

3.6. Procedimiento para recolección de datos..... 40

3.7. Insumos implementados.....41

3.8. Tratamientos..... 41

3.9. Técnicas estadísticas..... 42

Capítulo IV: Resultados y discusiones.....42

4.1. Resultados..... 42

4.1.1. Efecto de los estimulantes en las raíces.....43

4.1.1.1. Biomasa radicular.....43

4.1.1.2. Arquitectura general del sistema radicular..... 48

4.1.1.3. Contenido de humedad general del sistema radicular..... 52

4.1.1.4. Observaciones del sistema radicular y estado sanitario de las raíces.....55

4.1.2. Efecto de los estimulantes en la base del tallo..... 56

4.1.3 Efecto de los estimulantes en los cojinetes florales..... 61

4.1.4. Efecto de los estimulantes en las flores.....64

4.1.5. Efecto de los estimulantes en los frutos..... 67

4.1.6. Producción por hectárea según la etapa fisiológica del cultivo.....71

4.2. Discusiones.....73

4.2.1. Raíces..... 73

4.2.2. Tallos..... 74

4.2.3. Botones..... 76

4.2.4. Flores..... 77

4.2.5. Frutos..... 77

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones..... 79

5.1. Conclusiones.....79

5.2. Recomendaciones.....80

Bibliografía..... 81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la Parroquia Luz de América, lugar de establecimiento del ensayo..... 37

Figura 2. Croquis del diseño experimental utilizado..... 40

Figura 3. Peso del sistema radicular. antes de la aplicación de tratamientos..... 43

Figura 4. Peso del sistema radicular a los 65 días de aplicar los tratamientos.....44

Figura 5. Peso fresco del sistema radicular al finalizar el ensayo.....45

Figura 6. Peso seco del sistema radicular al finalizar el ensayo.....46

Figura 7. Materia seca del sistema radicular al finalizar el ensayo.....47

Figura 8. Desarrollo del crecimiento de raíces bajo diferentes tratamientos..... 48

Figura 9. Desarrollo del crecimiento lateral de raíces en diferentes tratamientos..... 49

Figura 10. Resumen comparativo del desarrollo del sistema radicular (valores normalizados; máximo por variable = 100).....50

Figura 11. Humedad contenida por las raíces en diferentes tratamientos.....52

Figura 12. Agua perdida en diferentes tratamientos..... 53

Figura 13. Relación entre el Peso fresco y el Agua perdida en los diferentes tratamientos..53

Figura 14. Medias generales de botones florales por semanas en plantas de maracuyá (Passiflora edulis) durante el período de evaluación.....63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición, características técnicas de bioestimulantes utilizados en estudio..... 34

Tabla 2. Materiales utilizados durante el estudio del ensayo..... 38

Tabla 3. Bioestimulantes orgánicos que se emplearon en el ensayo..... 41

Tabla 4. Tratamientos propuestos para el ensayo..... 41

Tabla 5. Promedios las variables por cada uno de los tratamientos en el sistema radicular. 54

Tabla 6. Evaluación cualitativa del estado fitosanitario y desarrollo del sistema radicular..... 55

Tabla 7. Diámetro promedio del tallo de plantas de maracuyá a los 65 días después de la siembra bajo diferentes tratamientos de estimulantes radiculares..... 56

Tabla 8. Diámetro promedio del tallo de plantas de maracuyá 131 días después de la siembra bajo diferentes tratamientos de estimulantes radiculares..... 58

Tabla 9. Promedios las variables por cada uno de los tratamientos en el tallo..... 60

Tabla 10. Número promedio, cojinetes florales por tratamiento durante las 5 semanas de evaluación..... 61

Tabla 11. Promedios las variables por cada uno de los tratamientos en los botones florales... 61

Tabla 12. Número promedio de flores por tratamiento durante las cinco semanas de evaluación..... 64

Tabla 13. Análisis de varianza en conjunto para el número de flores..... 65

Tabla 14. Número promedio de frutos por tratamiento durante las cinco semanas de evaluación..... 67

Tabla 15. Promedio de frutos por tratamiento durante las cinco semanas de evaluación.... 67

Número promedio del peso de los frutos por tratamiento y repetición..... 69

Tabla 16. Análisis de varianza para el peso promedio de los frutos de maracuyá..... 69

Tabla 17. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para el peso de frutos.....70

Tabla 18. Edad y etapa fisiológica del cultivo durante las evaluaciones productivas 71

Tabla 19. Carga productiva estimada por hectárea durante las cinco semanas.....72

Tabla 20. Costo por hectárea de aplicación de los tratamientos.....73

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo abordar comparativamente el efecto de los diversos estimulantes radiculares aplicados en el cultivo de maracuyá, dónde fueron evaluados el desarrollo vegetativo y productivo de la planta, esto durante la época lluviosa del Trópico húmedo, el ensayo fue desarrollado en la parroquia Luz América perteneciente a la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas utilizando de un Diseño de Bloques Completos al Azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, las variables evaluadas incluyeron diámetro de tallo, desarrollo radicular, número de botones florales, flores y frutos así como el peso promedio de los mismos. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza y comparación de medias mediante las pruebas de Duncan al 5% de probabilidad, dónde los resultados fueron evidenciando que el T1 promovió un mayor desarrollo del sistema radicular mientras que el T2 presentó la mayor productividad en botones florales, flores y frutos lo que refleja una respuesta favorable durante el establecimiento del cultivo y el inicio de la etapa productiva del cultivo, por otro lado, T3 fue el que registró mayor peso promedio individual de frutos lo que sugirió que existe una relación latente entre la menor carga frutal y mayor peso de fruto, por último la proyección de producción fue realizada a partir de la última semana, valor que mostró el cultivo a pesar de que no se encontraba la etapa inicial de producción, los modelos obtenidos superan en general valores normales de producción en cultivos sin ninguna aplicación de bioestimulantes, en conjunto resultados permitieron concluir que los bioestimulantes presentaron diferencias significativas destacando al T1 (*Trichoderma*) en el desarrollo radicular y T2 en potencial desarrollo productivo de la planta y la producción inicial.

Palabras clave: bioestimulantes radiculares, productividad, carga frutal, trichoderma, producción inicial

ABSTRACT

The objective of this study was to comparatively evaluate the effects of different root stimulants on passion fruit cultivation. The vegetative and productive growth of the plants was investigated during the rainy season in the humid region of Tropic. The experiment was conducted in the municipality of Luz América, Santo Domingo Teschila province, using a randomized block design with five treatments and four replicates. The variables studied included stem diameter, root growth, number of flower buds, flowers, and fruits, as well as their average weight. Data were analyzed using analysis of variance and mean comparison with Duncan's multiple range test (5% significance level). The results showed that treatment 1 promoted the greatest root growth, while treatment 2 exhibited the highest productivity in terms of flower buds, flowers, and fruits. This suggests a positive response during the establishment phase and at the beginning of the productive phase. Treatment 3, on the other hand, showed the highest average fruit weight, suggesting a correlation between a lower fruit load and greater fruit weight. The production forecast was based on the final stage of plant aggregation. Although the initial production phase had not yet been reached, the samples obtained generally exceeded the normal production values of plants without the application of biostimulants. In summary, the biostimulants showed significant differences: T1 (*Trichoderma*) positively influenced root development, and T2 positively influenced the plant's productive potential, as well as initial production.

Keywords: root biostimulants, productivity, fruit load, Trichoderma, initial production

Capítulo I: Introducción

1.1. Introducción

La maracuyá (*Passiflora edulis L.*) es una fruta que tiene un papel muy importante en la economía Ecuatoriana, el país está entre los cinco principales productores a nivel mundial, y cada año produce 9.157 tn incluyendo tanto fruta fresca y sus derivados, esto representa unos 32 millones de dólares. (MAG, 2024). Este cultivo tiene un mejor desarrollo en regiones tropicales y húmedas, por ese motivo el clima que presenta Ecuador resulta ideal para esta planta, siempre y cuando se mantenga un correcto manejo agronómico (Guanoluisa, 2024)

A pesar de su importancia, el cultivo de maracuyá enfrenta varios desafíos agronómicos, donde uno de los principales problemas que surgen son por problemas del crecimiento de raíces en etapas clave del cultivo y complicaciones que surgen por exceso de lluvias, debido a que se retiene demasiada humedad y se reduce la oxigenación de las raíces y se limita la absorción de nutrientes y minerales, afectando en el desarrollo de la planta (Basso et al., 2020) un exceso de la humedad incrementa la presencia de patógenos , hongos y bacterias, generando decaimiento en la planta (MAG, 2024)

Este trabajo se encuentra dividido en 5 capítulos, donde el primero aborda el planteamiento del problema, antecedentes, justificación, y los objetivos, en el segundo se presenta la investigación literaria que sustenta la investigación, el tercero explica la metodología usada y materiales, el diseño implementado y los procesos llevados a cabo, en el cuarto y quinto se detallan los resultados, discusiones planteadas, así como las conclusiones y recomendaciones que derivan del estudio.

1.2. Antecedentes

El desarrollo de un sistema radicular se presenta como un factor determinante para el establecimiento del cultivo de maracuyá ***Passiflora edulis*** ya que permite una mejor

absorción de nutrientes y agua, favoreciendo el crecimiento vegetativo y mejorando la tolerancia hacia el estrés, como señalan Yan et al. (2021), así como Carranza et al. (2025), las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y otros microorganismos benéficos incrementan la longitud de las raíces y vigor de las plántulas y la respuesta fisiológica ante el desarrollo inicial, favoreciendo su establecimiento.

Los bioestimulantes representan una alternativa sostenible para estimular el desarrollo radicular y optimizar la absorción de nutrientes, no obstante, la eficacia depende de factores como la composición del producto, las condiciones del suelo y el manejo agronómico (Canellas et al., 2025), por otra parte, estudios anteriores realizados por Freitas et al. (2009) determinaron que aproximadamente el 80% del sistema radicular del maracuyá se encuentra en los primeros 40 centímetros de la profundidad del suelo, característica que incrementa su sensibilidad a las condiciones de humedad. Estudios actuales indican que un exceso de agua o humedad provoca hipoxia radicular reduciendo la absorción de nutrientes y limitando el crecimiento de nuevas raíces (Daniel & Hartman, 2024).

Pese a estos avances, aún existe una escasa información comparativa sobre la eficacia de diferentes enraizantes comerciales durante el establecimiento de cultivo en condiciones de campo, específicamente en condiciones climáticas del Trópico húmedo ecuatoriano y esta limitación justifica la necesidad de generar evidencia científica que permitan seleccionar los tratamientos más eficientes para poder fortalecer el desarrollo radicular y mejorar establecimiento del cultivo durante la etapa de instalación.

1.3. Problemática

En el trópico húmedo, el cultivo de maracuyá *(Passiflora edulis)*, suele llegar a enfrentar diversas dificultades al no contar con sistemas radiculares eficientes, dicha deficiencia radicular impide que los programas de fertilización funcionen adecuadamente,

tanto en las plantaciones comerciales como en las de los pequeños productores. Como consecuencia, se observa un desarrollo vegetativo limitado, escasa regeneración foliar y radicular, así como reducción progresiva del rendimiento. A esto se suma que los productores subestiman la importancia del área radicular y de la aplicación de enraizantes, adicionalmente que se carece de información técnica sobre su efectividad en condiciones de campo en cultivos establecidos.

1.4. Justificación

La presente investigación se justifica por la necesidad de ampliar el conocimiento científico sobre la eficacia del uso de distintos bioestimulantes enraizantes durante el establecimiento del cultivo de maracuyá en condiciones de campo del Trópico húmedo ecuatoriano (Carranza et al., 2025, Yan et al., 2021, Navarro et al., 2024), donde las diversas investigaciones demostraron el desarrollo del sistema radicular es determinante para la absorción eficiente de agua y nutrientes, siendo así un crecimiento vegetativo y una adaptación de la planta a condiciones de estrés de igual manera los bioestimulantes constituyen una alternativa para la estimulación del crecimiento radicular y optimizar la eficiencia fisiológica de las plantas (Khoulati et al., 2025,), no obstante, la respuesta depende de las condiciones edafoclimáticas y del manejo agronómico, por lo que resulta necesario validar su comportamiento bajo condiciones locales (Canellas et al., 2025).

Se destaca que el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) es uno de los de mayor importancia económica en el trópico húmedo del Ecuador, debido que es un cultivo de ciclo corto y tener un alto rendimiento de producción, sin embargo, este enfrenta diversos obstáculos cuando no posee un sistema radicular eficiente o con un óptimo desarrollo, lo que termina por generar con mucha frecuencia deficiencias nutricionales, disminuyendo así el potencial de desarrollo vegetativo y también reflejando un bajo rendimiento en la producción (MAG, 2024).

Estas deficiencias nutricionales también pueden desencadenar susceptibilidad ante bacterias, virus y hongos patógenos que, además de afectar aún más la producción de la maracuyá, puede generar una pérdida prematura de las plantas, lo que a su vez aumenta los costos de mantenimiento y producción de manera significativa. Por este motivo se justifica el realizar esta comparación, donde los resultados del desarrollo radicular permitirán conocer si existen diferencias significativas entre las distintas aplicaciones y el rendimiento en el potencial de respuesta a los insumos.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar comparativamente enraizantes en maracuyá en la época lluviosa del trópico húmedo.

1.5.2. Objetivos específicos

- Evaluar el impacto de la aplicación de insumos con efecto bioestimulante dirigido al sistema radicular de la planta mediante cateos de raíces
- Analizar la relación costo-beneficio para determinar la alternativa más rentable de los enraizantes.

1.6. Limitaciones

Esta investigación se centra en el crecimiento radicular tanto en extensión como en volumen y la calidad de las raíces, para evaluar el rendimiento o efectividad de los tratamientos bioestimulantes en el cultivo de maracuyá en el Ecuador. Debido al tiempo que durará el ensayo y las condiciones climáticas de la región, este se limitará a evaluar las primeras etapas fenológicas del cultivo, dejando de lado la etapa de producción, como el número y peso de los frutos, número de flores totales y flores fecundadas, calidad general del fruto, producción por hectárea, entre otras variables, dejando temáticas abiertas para futuras propuestas de tesis, sin embargo, de ser posible, se tomarán datos iniciales de lo ya

mencionado. Por este motivo, los resultados a obtener serán una guía o línea base para el desarrollo de dichas futuras investigaciones, orientadas netamente a la parte productiva del cultivo, sobre el cómo los tratamientos de bioestimulantes prepararon a las plantas para la floración y fructificación, logrando también obtener la rentabilidad de los tratamientos aplicados.

Capítulo II: Marco teórico

2.1. El cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis L.*)

La planta de maracuyá *(Passiflora edulis L.*) es una especie frutal tropical de tipo trepadora y tiene un alto valor en el sector agroindustrial debido a que esta es ampliamente cultivada en el trópico húmedo, por su alta demanda comercial y capacidad de producción. Como se mencionó anteriormente, esta planta se caracteriza por ser de hábito trepador, cuenta con un sistema radicular superficial y es altamente sensible a condiciones de saturación hídrica (Campuzano, 2023).

Al ser una especie tropical, esta responde favorablemente a los entornos cálidos y húmedos, con temperaturas que rondan los 24 °C (± 1), por ello, se vuelve crítico el desarrollo de su sistema radicular durante la fase de establecimiento, antes de que empiecen las temporadas de altas precipitaciones. Durante la etapa del establecimiento de un cultivo, la calidad de plántula y el manejo de la rizosfera son factores que influyen directamente en la supervivencia, vigor inicial y productividad del cultivo, especialmente bajo condiciones de alta precipitación donde la planta será más susceptible a enfermedades y problemas fisiológicos (Campuzano, 2023)

2.1.1. Importancia económica y productiva del cultivo de maracuyá

La maracuyá (*Passiflora edulis* L.) en Ecuador, corresponde a uno de los cultivos tropicales con mayor importancia económica y social, esto debido a que tiene una alta participación en el sector agroindustrial de concentrados y derivados. La producción de este

cultivo se concentra principalmente en la región costa del país, donde existen las condiciones climáticas para un óptimo desarrollo y tener alto rendimiento, además de tener los ciclos continuos de producción. Del mismo modo, este cultivo genera divisas que activan la economía rural además del procesamiento a nivel industrial, con la generación de plazas de empleo como en actividades de viveros, manejo agronómico, labores de cosecha y el procesamiento agroindustrial, esto reafirma al cultivo de maracuyá como una alternativa productiva para los pequeños y medianos agricultores del país (Quito & García, 2021).

2.2. Sistema radicular de la planta maracuyá

2.2.1. Morfología y arquitectura del sistema radicular

El sistema radicular del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis L.*) es de tipo fasciculado o también conocido como altamente ramificado, se encuentra conformado por una raíz principal de corta dominancia y una red de raíces secundarias y laterales que se encargan de la nutrición de la planta, exploración de los estratos del suelo, detección de minerales, respuesta a humedad, compactación del suelo, y la fertilización en el suelo, estudios recientes reportan que la mayor parte del sistema radicular se concentra en la capa superficial del suelo existiendo mayor disponibilidad de materia orgánica, oxígeno y nutrientes (Lynch, 2022) .Esta distribución del sistema radicular, tiene implicaciones directas con el manejo agronómico del cultivo, al ser altamente sensible a las sequías como al exceso de agua, lo vuelve dependiente a que exista un adecuado manejo del suelo y del drenaje, para evitar problemas fisiológicos o con enfermedades.

2.2.2. Funciones del sistema radicular en el crecimiento y establecimiento del cultivo

El sistema radicular desempeña funciones cruciales dentro del desarrollo y la producción del cultivo, una función crucial es la de proporcionar mejor anclaje, la absorción de agua y nutrientes necesarios en el óptimo desarrollo, remisión de brotes, exploración y desarrollo. Las raíces jóvenes y delgadas presentan la mayor actividad fisiológica debido a la

abundancia de pelos absorbentes que estas presentan, las cuales incrementan la superficie de contacto dentro del suelo y favoreciendo la captación de Macro y micronutrientes, de igual manera el sistema radicular se conforma con una estructura dinámica que interactúa con el suelo y los microorganismos de rizosfera, permitiendo la adaptación del desarrollo productivo de la planta, haciendo que la planta presente todo su potencial (Lynch, 2022).

2.2.3. Desarrollo radicular de la planta durante la etapa de establecimiento

La fase de establecimiento es uno de los periodos más sensibles del cultivo, después de la siembra o el trasplante la planta debe adaptarse a las condiciones de campo presente y superar el estrés inicial, a su vez formar un sistema radicular funcional y durante este periodo se produce la emisión y elongación de nuevas raíces laterales, separación de tejidos afectados y exploración progresiva del suelo. El desarrollo radicular depende de la disponibilidad de oxígeno, humedad, materia orgánica y la estructura del suelo, efectos como la compactación o el anegamiento y la presencia de patógenos reducen formaciones de nuevas raíces y absorción de nutrientes provocando, clorosis, marchitez, crecimiento limitado, así como muerte de la planta, estos efectos adquieren mayor importancia en ambientes del Trópico húmedo Un sistema radicular activo permite favorecer crecimiento longitudinal, diámetro del/ tallo y respuesta a la fertilización, además de la tolerancia a condiciones desfavorables, dicho de otro modo, el uso de enraizante, bioestimulantes y microorganismos promotores a ido adquiriendo importancia debido a que pueden mejorar el establecimiento del cultivo, longitud radicular y el vigor de las plántulas de *Passiflora edulis*(Lynch, 2022).

2.2.4. Relación entre sistema radicular, absorción de nutrientes y vigor vegetativo

El crecimiento y vigor vegetativo de la maracuyá se encuentra estrechamente relacionado con las funciones del sistema radicular, puesto que las raíces constituyen una principal vía de absorción de agua y nutrientes lo que es necesario para la formación de hojas, tallos, zarcillos, flores y frutos una eficacia en procesos depende de la efectividad fisiológica

de la capacidad de exploración dentro del suelo, especialmente para los nutrientes de baja movilidad como lo es el fósforo, de igual manera el manejo nutricional y las condiciones del suelo influye directamente en la arquitectura radicular y en la distribución de biomasa entre raíces y la parte aérea, en consecuencia, un sistema radicular que es bien desarrollado es capaz de favorecer el balance hídrico, la absorción de nutrientes y el crecimiento uniforme que se da en la planta, mientras que un desarrollo deficiente es capaz de limitar el vigor vegetativo reduciendo el potencial productivo así como la susceptibilidad al estrés y enfermedades

En contexto, el uso de bioestimulantes enraizantes constituye una estrategia para promover el desarrollo del sistema radicular en etapa de establecimiento, favoreciendo absorción de nutrientes, crecimiento vegetativo y adaptación de las plantas en condiciones del trópico húmedo.

2.3. Factores que afectan el desarrollo radicular

La arquitectura radicular de la maracuyá responde a las condiciones del medio. Textura del suelo, contenido de MO, Fertilización, Humedad, presencia de microorganismos benéficos, afectan la longitud y distribución de raíces, densidad, de igual manera, el cultivo se puede ver comprometido por compactación, falta de oxigenación, principalmente en trópicos húmedos. Comprender la morfología y arquitectura de la raíz es de suma importancia al utilizar productos bioestimulantes para la Raíz, puesto que los efectos se reflejan en la longitud, volumen radicular, emisión de las raíces secundarias, y el vigor general de la planta. Investigaciones recientes señalan que factores como la compactación del suelo, exceso de humedad, temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxigenación del suelo, contenido de materia orgánica, presencia de hongos patógenos y prácticas inadecuadas de fertilización afectan significativamente el desarrollo radicular y el vigor de los cultivos.

2.3.1. Compactación del suelo

Constituye un principal limitante físico del crecimiento radicular, se reduce porosidad e incrementa resistencia mecánica del suelo, mayor densidad aparente, dificultando la penetración, limitando el crecimiento radicular, un incremento en la densidad disminuye el espacio poroso dispuesto para el agua y oxígeno, afectando el crecimiento y absorción de nutrientes, estudios recientes han determinado que en suelos compactados existe acumulación de etileno alrededor de las raíces, lo que puede inhibir el crecimiento radicular y alterar la respuesta fisiológica de la planta (Pulido et al., 2022).

2.3.2. Exceso de humedad

El incremento de humedad del suelo afecta la respiración radicular y baja la capacidad de absorber agua y nutrientes provocando estrés y debilitamiento dentro de la planta estudios efectuados por Chen et al. (2022), Indican que elevados niveles de humedad afecta la funcionalidad radicular e incrementa el riesgo de enfermedad.

2.3.3. Temperatura

Si se tienen temperaturas elevadas o muy bajas pueden alterar la actividad metabólica normal, de igual manera el cultivo de maracuyá se ve afectado en los procesos fisiológicos, tales como la división celular, respiración radicular, la absorción de nutrientes. lo que genera alteraciones en el cultivo (González et al., 2023).

2.3.4. pH

El pH del suelo puede regular la disponibilidad de los nutrientes y actividades de los microorganismos de la rizosfera, Valores de pH pueden ser tanto alcalinos como ácidos, ocho a cuatro, en ambos extremos, si tenemos un pH muy alcalino >8 puede limitar absorción de nutrientes (P, Zn, Fe, Ca), limitan funciones en las raíces de la planta, investigaciones actuales demuestran que el equilibrio químico del suelo es primordial en el mantenimiento

adecuado del crecimiento radicular y una eficiente absorción de nutrientes (Karamvir et al., 2025)

2.3.5. Conductividad eléctrica

Se encuentra relacionado con las condiciones de sales presentes en el suelo, estos niveles de conductividad ocasionan condiciones salinas que afectan el desarrollo radicular provocando estrés osmótico en la planta y estudios recientes descubrieron que altos niveles de CE reducen el desarrollo vegetativo en el cultivo (Martinez et al., 2022).

2.3.6. Oxigenación del suelo

La adecuada oxigenación en el desarrollo idóneo del sistema radicular es fundamental y su disminución limita la respiración celular en raíces y afecta absorción de nutrientes y agua factores como captación y exceso de humedad reducen el intercambio gaseoso de la rizosfera y generan condiciones anaeróbicas que afectan el crecimiento adecuado de raíces haciendo favorable el ataque de patógenos (Pulido et al., 2022).

2.3.7. Materia orgánica (MO)

Una MO ideal mejora propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, favoreciendo estructura, retención de humedad, la aireación, incrementando la actividad microbiológica y ayudando la disponibilidad de nutrientes que permite un mejor desarrollo radicular, investigaciones actuales argumentan qué suelos con un contenido de materia orgánica adecuado permite el desarrollo normal y estabilidad estructural en las raíces (Lal, 2025).

2.3.8. Hongos patógenos

Son considerados fitopatógenos representan una de las limitaciones al crecimiento radicular principalmente en condiciones de humedad elevada, provocando pudrición, necrosis, y generando una disminución en la capacidad de absorción de agua y nutrientes. En

condiciones de saturación hídrica su desarrollo y proliferación, se incrementa el deterioro radicular y afectan el crecimiento del cultivo (Chen et al., 2022).

2.3.9. Fertilización incorrecta

Uso inadecuado del fertilizante, cambia el equilibrio del suelo, afectando negativamente el desarrollo de las raíces.el elevado contenido de fertilizante provoca alteraciones salinas cambios en la CE y el bloqueo de los nutrientes, provocando en el proceso una debilidad estructural en la planta, estudios actuales demuestran que es esencial mantener una adecuada fertilización y mantener un sistema radicular funcional y eficiente (Cedeño et al., 2024)

2.4. Bases fisiológicas del enraizamiento y rol de los enraizantes

En especies del género passiflora, la concentración endógenas de raíces generalmente son insuficientes para poder desarrollar un adecuado sistema radicular, uniforme y de alta calidad, por tal motivo, la aplicación exógena de enraizantes se ha consolidado como una práctica estándar dentro de viveros comerciales a fin de potenciar la respuesta fisiológica de las plantas y permitir un crecimiento adecuado de las raíces (Carranza et al., 2025).

2.4.1. Tipos de enraizantes

En enraizante son considerados como insumos agrícolas que permiten incrementar los procesos biológicos y físicos en la raíz. De acuerdo con su naturaleza y el mecanismo de acción se clasifican en varias categorías, entre ellos se encuentran enraizantes hormonales que se formulan con reguladores de crecimiento tales como auxinas, Ac. Humicos, fúlvicos extractos de algas y los inoculantes biológicos como micorrizas , tricodermas, rizobacterias PGPR, permitiendo seleccionar estrategias de manejo según condiciones de cultivo y el tipo del suelo en el que se busca una mejor producción (Carranza et al., 2025).

2.4.2. Enraizantes hormonales

Se consideran como enraizantes hormonales a las formulaciones basadas principalmente en auxinas que estimulan formación del desarrollo radicular y favorece el establecimiento inicial de la absorción de nutrientes y agua. La eficiencia depende principalmente factores como la dosis, el estado fisiológico de la planta, la especie y las condiciones del suelo, puesto que el uso inadecuado provocaría efectos no deseados. En el cultivo de maracuyá se presenta como una herramienta idónea en la mejora del desarrollo radicular durante un trasplante y en condiciones de estrés, no obstante, el desempeño se encuentra relacionado de forma estrecha con el manejo integral del cultivo incluyendo la calidad del suelo y la disposición de nutrientes, así como actividad de microorganismos benéficos de la rizosfera (Carranza et al., 2025).

2.4.3. Bioestimulantes

Se consideran sustancias de origen orgánico o microorganismos benéficos que aplicados a las plantas o al suelo permitan estimular procesos fisiológicos y metabólicos, favoreciendo el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo, al contrario de los fertilizantes convencionales, su función principal no es aportar nutrientes en grandes cantidades sino mejorar la eficiencia en la absorción de agua y minerales, regular la actividades hormonales y enzimática, permiten incrementar la síntesis de compuestos antioxidantes y fortalecer tolerancias ante estrés bióticos y abióticos donde sus efectos más importantes se destacan el crecimiento y desarrollo el sistema radicular por medio del aumento de las raíces primarias laterales y pelos absorbentes, favoreciendo el establecimiento del cultivo, el vigor y el rendimiento productivo, la eficacia sin embargo depende de factores como composición de producto, dosis, momento de la aplicación y por último las condiciones ambientales y fisiológicas del cultivo (Cedeño et al., 2024).

2.4.4. Microorganismos promotores

Los microorganismos que promueven el crecimiento vegetal comprende desde bacterias, hongos y otros microorganismos benéficos que interactúan con la rizosfera y los tejidos vegetativos para favorecer su desarrollo, nutrición y tolerancia hacia el estrés, la acción incluye la producción de fitohormonas, la fijación de nitrógeno, solubilización de nutrientes, síntesis de sideróforos y la inducción de resistencia ante patógenos, dentro del sistema radicular existe estimulación en la formación de raíces laterales y pelos absorbentes incrementando así la disponibilidad de nutrientes como lo es el, fósforo, zinc y hierro. Fortaleciendo la interacción entre condiciones adversas mediante producción de compuestos antioxidantes y osmoprotectores, dentro del cultivo de maracuyá estos microorganismos contribuyen al establecimiento y sanidad radicular, especialmente en zona de alta precipitación. Aunque su eficiencia depende de características del suelo (Tipo de suelo, MO,pH, Temperatura), condiciones ambientales y manejos agronómicos que se puedan dar.

2.4.5. Ácidos húmicos y fúlvicos

Los ácidos húmicos y fúlvicos se consideran componentes de la materia orgánica del suelo que se originan por la descomposición de residuos vegetales y microbianos, estos mejoran las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo manteniendo el desarrollo del sistema radicular, favorecen la estructuración del suelo, incrementando capacidad de intercambio catiónico, la retención de humedad, y la quelación de nutrientes, facilitando disponibilidad y absorción, en la parte fisiológica promueven elongación celular, crecimiento de Raíces secundarias y actividad enzimática relacionado con la absorción de nitrógeno y fósforo, de igual manera regula actividades relacionadas con la bomba de protones de la membrana radicular, mejorando absorción de iones y el equilibrio del ph en la rizosfera, dentro del cultivo su aplicación favorece el establecimiento y desarrollo radicular especialmente en los suelos degradados compactados o de baja fertilidad donde se contribuye

a reducir la lixiviación de nutrientes y mejorar tolerancia del cultivo anti estrés hídrico que pueda suscitarse.

2.4.6. Extractos de algas

Los extracto de alga Marina obtenidos principalmente de *Sargassum* spp, *Ascophyllum nodosum* y *Ecklonia maxima*, constituyen bioestimulantes que son ricos en fitohormonas, aminoácidos, polisacáridos, vitaminas y minerales que permiten modular diversos procesos fisiológicos en la planta. La aplicación estimula el desarrollo del sistema radicular, al promover formación de raíces laterales y pelos absorbentes, lo que incrementa la capacidad de absorción de agua y nutrientes, regulando el equilibrio hormonal, especialmente de auxinas, citoquininas, haciendo que el vigor vegetal y tolerancia el estrés abiótico sea mayor (Rabhi et al., 2025).

2.4.7. Micorrizas

Las micorrizas son microorganismos que realizan asociaciones simbiótica, principalmente se dan por micorrizas arbusculares y el sistema radicular de las plantas, donde existe convivencia con el hongo y se desarrollan una red de hifas que permiten ampliar la capacidad de exploración y absorción de agua y nutrientes, por su parte, la planta le suministra carbohidratos provenientes de la fotosíntesis y su principal beneficio radica en mejora de la absorción de nutrientes de baja movilidad como lo son: fósforo, zinc y cobre de igual manera, favorece la captación de agua, mejora la estructura del suelo, e incrementa la tolerancia a condiciones de estrés, tales como las sequías, salinidad y patógenos que están presentes en el suelo, en maracuyá mejora la rizosfera,, constituyen una alternativa eficaz para promover el establecimiento y desarrollo del sistema radicular, no obstante, la efectividad va a depender completamente de la compatibilidad del hongo y la planta así como factores como ph, disponibilidad de fósforo, el contenido de materia orgánica, humedad del suelo y el manejo que se da al cultivo.

2.4.8. Trichoderma

La *Trichoderma* se considera un género de hongos filamentosos ampliamente utilizado en la agricultura por la capacidad de actuar como un agente de biocontrol y promotor del crecimiento vegetal, coloniza la risotera en algunos casos los tejidos radiculares, permitiendo suprimir patógenos mediante competencia ,antibiosis y micoparasitismo, de igual manera estimula respuestas fisiológicas que favorecen el crecimiento longitudinal y ramificación del sistema radicular donde una mejor absorción de nutrientes y la inducción de mecanismos de defensa y tolerancia al estrés, el cultivo de maracuyá por su aplicación fortalece el establecimiento y la sanidad de raíces reduciendo la incidencia de enfermedades causadas por los hongos fitopatógenos y siendo así una alternativa eficaz para las condiciones del Trópico húmedo donde la presión de patógenos suele ser mayor.

2.4.9. Rizobacterias PGPR

Las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal PGPR se consideran microorganismos benéficos que colonizan la rizosfera y establecen interacciones con las raíces, favoreciendo la nutrición, crecimiento y sanidad de las plantas, entre los géneros más representativos se encuentran, los bacilos, pseudomonas, azospirillum, rhizobium y enterobacter, las cuales promueven el desarrollo vegetal, mediante los mecanismos de la producción de fitohormonas, fijación biológica del nitrógeno, solubilización del fósforo, síntesis de sideróforos e inducción de resistencia sistémica, favoreciendo formación de raíces laterales y pelos absorbentes, incrementando la superficie de exploración, absorción de agua y nutrientes, así como ser el constituyente en la tolerancia al estrés abiótico, mediante La regulación hormonal, producción de osmoprotectores, disminución del etileno asociado al estrés, por medio de la enzima ACC desaminasa y en el cultivo de maracuyá las PGPR representan una alternativa sostenible para fortalecer el establecimiento radicular, mejorando

así la eficiencia en el uso de nutrientes y la adopción adaptación del cultivo en suelos con limitaciones físicas o químicas.

2.4.10. Bioestimulantes enraizantes, composición y funcionalidad

Tabla 1.
Composición, características técnicas de bioestimulantes utilizados en estudio

Producto	Composición / Descripción	Vía / Momento de Aplicación	Dosis
Alga Forte	Extracto de alga (*Ascophyllum nodosum*), materia orgánica (180 g/L), fitohormonas naturales (25 g/L) y aminoácidos.	Preferiblemente vía foliar; vía edáfica para el acondicionamiento de la rizosfera.	1 L/ha
Plex Humi	Extracto húmico total (120 g/L), ácidos húmicos (100 g/L), ácidos fúlvicos (20 g/L) y potasio (15 g/L).	Vía foliar o edáfica; aplicar en la etapa de trasplante (5-8 días después de la siembra o trasplante) y en prefloración.	1-2 L/ha(foliar) 2-4 l/ha (drench o edáfica)
Trichoderma	Esporas de *Trichoderma harzianum*, T. *asperellum* o T. Viride.	Aplicado directamente al suelo o mediante riego.	1-3 kg/ha.
Seinema	Elaborado a base de extractos de alga marina (*Ascophyllum nodosum*), aminoácidos (glutamina y glicina) y nitrógeno.	Vía foliar o edáfica; aplicar en la etapa de trasplante (5-8 días después de la siembra o trasplante) y en prefloración.	3-6 L/ha

Fuente: Elaboración propia a partir de Rabhi et al., 2025, Edifarm, 2022, Avgust, 2022 y Koppert, 2022

2.5. Influencia de la época lluviosa en el trópico húmedo y su influencia en la aplicación de enraizantes

En época lluviosa del Trópico húmedo existe predominancia de las altas precipitaciones, elevada humedad relativa y menor evapotranspiración, condiciones que favorecen la saturación del suelo y reducen disponibilidad de oxígeno en la zona radicular, el cultivo de maracuyá cuyo sistema se concentra en los primeros centímetros del suelo se encuentra limitada la respiración de las raíces, disminuyendo absorción de agua, nutrientes y favoreciendo la lixiviación, donde desequilibrios nutricionales y proliferación de patógenos

del suelo afectan el establecimiento, vigor y desarrollo del cultivo, en otro contexto, la respuesta a los enraizantes hormonas estimulan la formación de raíces por medio de acción de auxinas y los bioestimulantes, potenciando proceso fisiológicos asociados al crecimiento y tolerancia al estrés, la eficacia puede reducirse bajo condiciones de hipoxia o anoxia radicular provocado por el acceso de humedad (Yin et al., 2026).

2.5.1. Exceso de humedad, hipoxia radicular y respuesta fisiológica del maracuyá

En la época lluviosa el exceso de humedad se considera uno de los principales factores limitantes en el establecimiento y desarrollo del cultivo, puesto que la saturación del suelo reduce distintas actividades como lo son:

disponibilidad de oxígeno en la rizosfera provocando hipoxia radicular condición que afecta la respiración de las raíces, disminuye la producción de energía necesaria en la absorción del agua y nutrientes, restringiendo en el proceso de la formación de nuevas raíces finas y pelos absorbentes, comprometiendo el crecimiento vegetativo de la planta, de igual manera, el anegamiento favorece la lixiviación de nutrientes y aumenta la susceptibilidad del sistema radicular a las enfermedades causantes por microorganismos fitopatógenos y especialmente en ambientes con una elevada humedad la eficacia de enraizantes y bioestimulantes depende no solo de las características sino también de condiciones físicas y biológicas del suelo puesto que una adecuada aireación y sanidad de la rizosfera promueven el desarrollo de nuevas raíces mejorando el manejo de la maracuyá durante la época lluviosa, siempre y cuando se integren estrategias que mejoren aún más las condiciones edáficas y una adecuado establecimiento del sistema radicular.

2.5.2. Implicaciones de la época lluviosa sobre la eficacia de enraizantes y bioestimulantes

Durante la época lluviosa el exceso de humedad constituye uno de los principales factores limitantes en el proceso de establecimiento del cultivo ya que la saturación del suelo

reduce la disponibilidad de oxígeno en la rizosfera y provoca hipoxia radicular, afectando a la respiración, la absorción de agua y nutrientes ,así como formación de raíces finas, donde el anegamiento favorece también la lixiviación de nutrientes y el desarrollo de fitopatógenos del suelo, incrementando el riesgo en enfermedades radiculares, donde el uso de enraizantes y estimulantes dependen en gran medida del estado físico y biológico del suelo, por lo que un adecuado manejo de la aireación y sanidad resulta determinante para promover el desarrollo radicular y establecimiento del cultivo.

2.6. Vacío de conocimiento y perspectivas de investigación

A pesar de los antecedentes en el uso de enraizantes en el cultivo de maracuyá la información sobre el efecto comparativo en condiciones específicas de trópico húmedo continúa siendo una limitante (Loeza et al., 2024). Vacío de conocimiento que se justifican con la realización de estudios que permitan evaluar de forma sistemática el desempeño de los enraizantes hormonales y naturales donde se consideran variables como el porcentaje de enraizamiento, la densidad y longitud del sistema radicular, así mismo como la respuesta de las plantas durante ataque de patógenos asociados al exceso de humedad, la generación de esta información permitirá fortalecer estrategias de manejo para mejorar el establecimiento y desarrollo inicial de cultivo en ambientes de una alta precipitación

Capítulo III: Metodología

3.1. Ubicación del ensayo

3.1.1. Ubicación política

País: Ecuador

Provincia: Santo Domingo de los Tsàchilas

Cantón: Santo domingo

Parroquia: Luz de américa

Sector: Km 24- via quevedo Hda. Zoila Luz

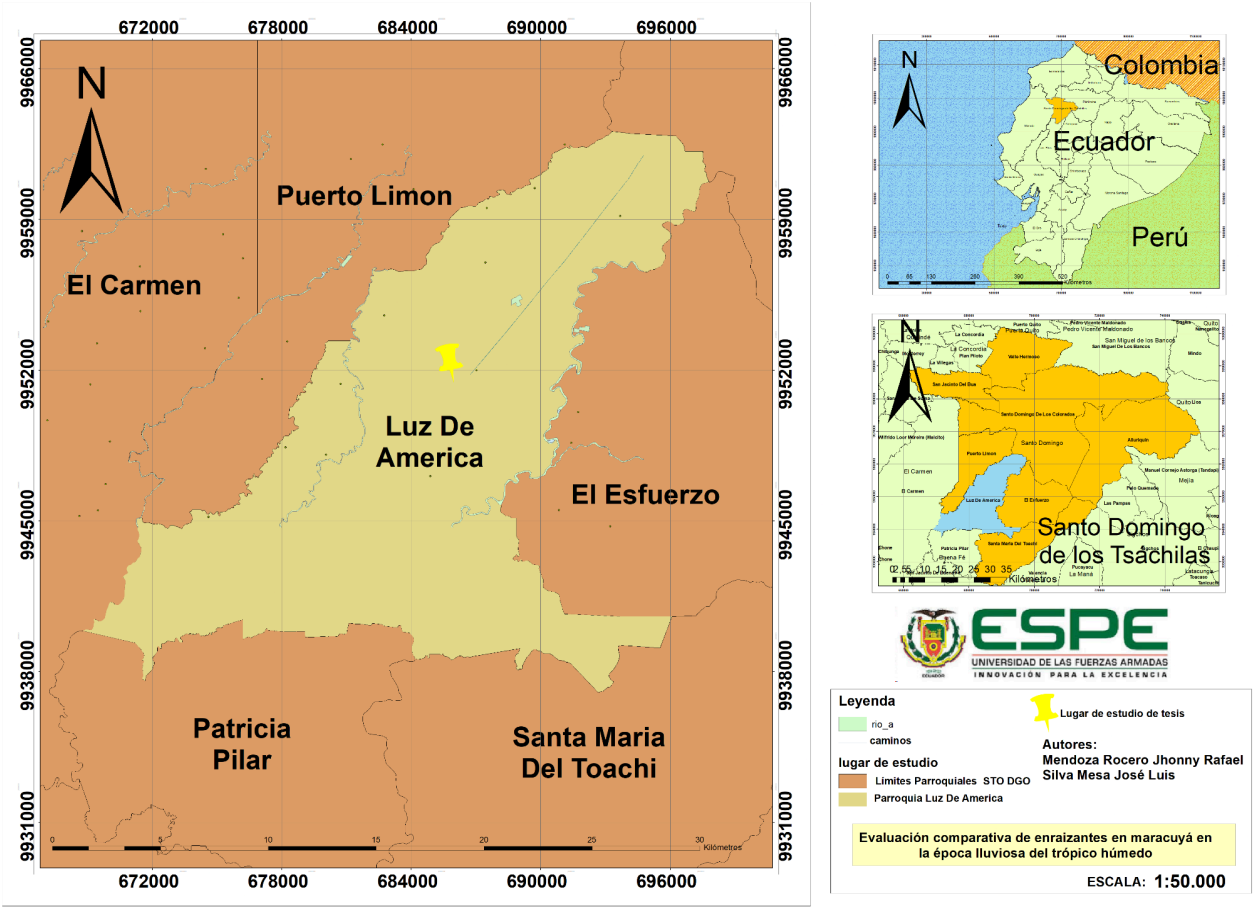
3.1.2. Ubicación geográfica

El estudio fue llevado a cabo dentro de la Hda. Zoila Luz en las inmediaciones de la Universidad de las fuerzas armadas ESPE en un área de 800 m², km 24 de la vía Santo Domingo a Quevedo.

Latitud: 0°24'44.82"S

Longitud: 79°18'34.87"O

Figura 1.
Mapa de la Parroquia Luz de América, lugar de establecimiento del ensayo



Fuente: Elaboración Propia

3.1.3. Ubicación ecológica

Zona de vida: Bosque Húmedo tropical (bh-T)

Altitud: 298 msnm

Precipitaciòn (mm): 2785 mm/Año

Suelos: Hydrandepts y Dystrandepts **(**Suelos limosos y volcánicos)

3.2. Materiales

Tabla 2.
Materiales utilizados durante el estudio del ensayo

Materiales		Equipos
Guadaña Jeringas 50 (ml) machetes Tijera de podar Cinta métrica Estacas letreros	Materiales de oficina (esferos, libreta, Lápiz, borrador). Ropa de trabajo Botas Guantes Gorra Gafas	teléfono (Cámara) Balanza Gramera 3 Bombas de aspersión de 20 L Computadora Fundas papel

Fuente: Elaboración propia

3.2. Enfoque de la investigación

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, al realizar mediciones de datos numéricos que se obtuvieron del sistema radicular, como volumen y crecimiento vegetativo, desarrollo de botones florales, floración y frutos formados para posteriormente realizar un análisis estadístico, lo que permitió comprobar con números la efectividad de los tratamientos y compararlos para determinar el mejor resultado. Además, la investigación es de carácter experimental, al manipular las variables independientes, donde en este caso es la aplicación de los distintos enraizantes en distintas frecuencias; con ello se podrá observar y cuantificar el efecto en el cultivo.

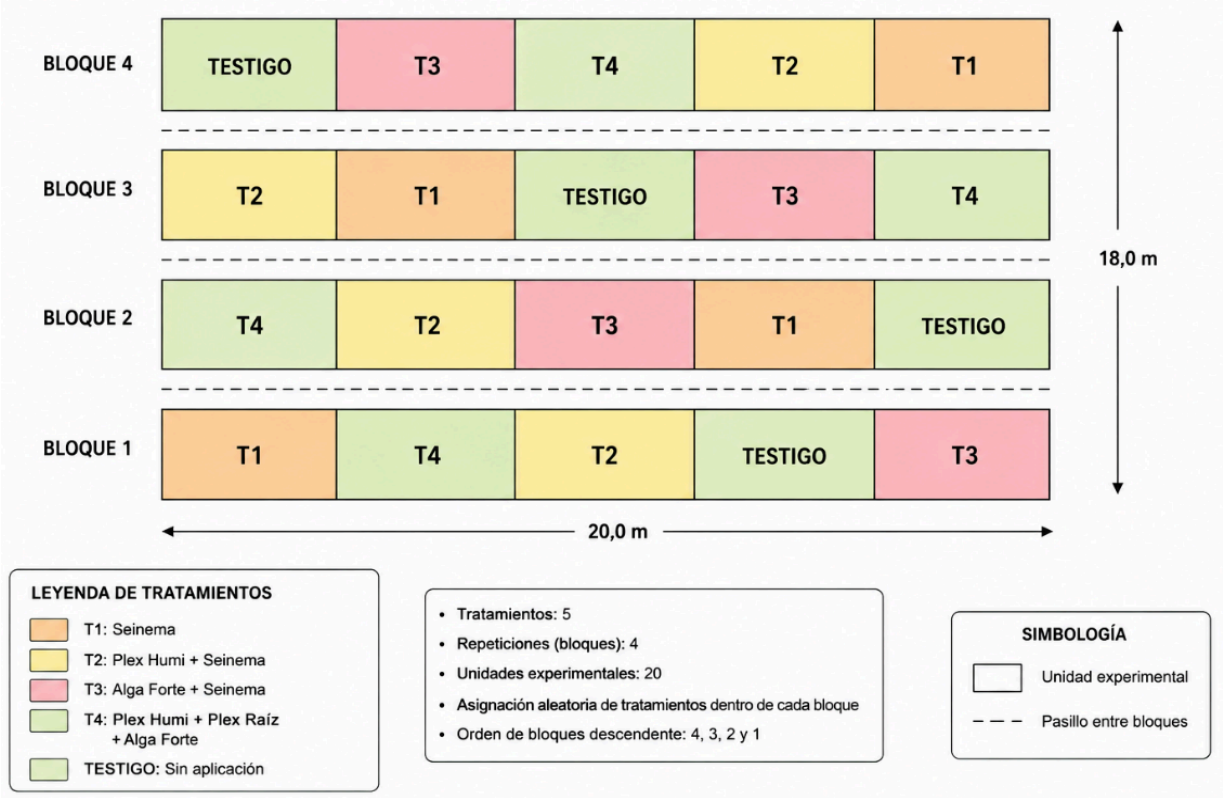
3.3. Alcance

El alcance de la presente investigación se centra en la evaluación comparativa de enraizantes en maracuyá (*Passiflora edulis*) en la época lluviosa del trópico húmedo, en el cual se consideran como variables el desarrollo vegetativo, desarrollo de botones florales, floración, frutos formados y el análisis económico de los tratamientos para determinar el más viable en relación costo/producción. Los resultados obtenidos darán el veredicto final sobre el impacto. en el sistema radicular, su desarrollo, volumen y en la productividad del cultivo, ofreciendo a los pequeños y grandes productores una alternativa eficiente para poder optimizar la fertilización y mejorar el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maracuyá.

3.4. Diseño experimental:

El diseño de la investigación fue realizado en Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), contando con 4 tratamientos + 1 testigo, siendo 5 en total, cada uno con 4 repeticiones. Al tratarse de una plantación recién establecida, se midió crecimiento, volumen radicular, calidad de raíces según escala; todo el cultivo tuvo el mismo manejo agronómico; se evaluarán los insumos y dos frecuencias de aplicación. Finalmente, se evaluarán los datos y se elaborará una presentación y un documento que se entregará en la biblioteca de la Universidad.

Figura 2.
Croquis del diseño experimental utilizado.



Fuente: Elaboración propia

3.5. Fuentes de información:

Las fuentes de información que se emplearon fueron fuentes primarias y secundarias, donde las primarias son usadas dentro de la investigación, desde la instalación hasta el manejo del cultivo; las fuentes secundarias serán fuentes de alta veracidad científica y de fuentes confiables para el uso y estudio en la investigación.

3.6. Procedimiento para recolección de datos

El procedimiento experimental inició con la estandarización del manejo agronómico, como riego, fertilización base y podas en todas las unidades experimentales, garantizando la homogeneidad del cultivo previo a la aplicación de los insumos y frecuencias establecidas. De manera posterior la fase de recolección de datos va a ser ejecutada mediante evaluaciones en determinados tiempos, esto en base las variables fisiológicas y vegetativas del cultivo,

contempladas en cateos en un momentos claves para poder cuantificar el volumen y la calidad del sistema radicular, además se procederá a sistematizar la información obtenida esto para un posterior análisis estadístico y económico respectivo por tratamientos

3.7. Insumos implementados

Tabla 3.
Bioestimulantes orgánicos que se emplearon en el ensayo

Producto	Vía / Momento de Aplicación	Dosis
Alga Forte	drench/mañana	5 cc/L
Plex Humi	drench/mañana	5cc/L
Trichoderma	drench/mañana	2 kg/ha.
Seinema	drench/mañana	7,5 cc/L

3.8. Tratamientos

Tabla 4.
Tratamientos propuestos para el ensayo

Tratamiento	Productos	Fecha de aplicación	Fecha de aplicación
T1	*Trichoderma*	03/04/2026	22/04/2026
T2	Seinema	03/04/2026	22/04/2026
T3	Plex Humi, Seinema	03/04/2026	22/04/2026
T4	Alga Forte, Seinema	03/04/2026	22/04/2026
Testigo	Sin aplicación	————	————

La aplicación de los tratamientos vía drench fue de calculada a partir de las 6 plantas por repetición, 24 plantas por tratamiento, 100 cc por planta, dando una aplicación de 2.4 litros (mezcla de los productos según su dosificación con agua) siendo por aplicación 9.6 litros por aplicación entre todos los tratamientos y total 19.2 litros por toda la aplicación para las fechas propuestas.

3.9. Técnicas estadísticas

Los resultados obtenidos fueron procesados y analizados con el uso de software estadístico InfoStat aplicando análisis de varianza (ADEVA) acorde al Diseño de Bloques completos al azar (DBCA) propuesto, se utilizaron también la prueba de Duncan, esto para establecer qué alternativa es la más eficiente y así también determina la significancia entre cada uno de los tratamientos. Además se realizó un análisis entre las variables medidas y el rendimiento del cultivo para validar la recomendación técnica final

Capítulo IV: Resultados y discusiones

4.1. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante la evaluación del efecto de los diferentes estimulantes radiculares aplicados al cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* L.) bajo las condiciones de la parroquia Luz de América, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Los datos fueron obtenidos mediante mediciones realizadas en distintas etapas del desarrollo del cultivo, permitiendo analizar la respuesta de las plantas tanto en la fase de establecimiento como durante el inicio de la etapa reproductiva.

Los resultados presentados reflejan los procesos fisiológicos de la planta, comenzando con el análisis del sistema radicular, que fue el objetivo principal de este estudio, donde se analizaron variables que afectan el crecimiento de la planta, como el diámetro del tallo, y factores que influyen en el desarrollo del sistema reproductivo, incluyendo el desarrollo de la raíz y el tallo, la floración y la fructificación. Este enfoque nos permite comprender la relación entre el desarrollo de la raíz y su impacto en el crecimiento y la productividad de la planta.

Cada variable evaluada se presenta mediante tablas y figuras que facilitan la interpretación de los datos obtenidos. Posteriormente, los resultados se analizan y se discuten con base en investigaciones previas y en la literatura científica reciente, con el propósito de

establecer similitudes o diferencias respecto del comportamiento de los tratamientos evaluados y determinar la respuesta agronómica de los estimulantes radiculares bajo las condiciones en que se desarrolló el ensayo.

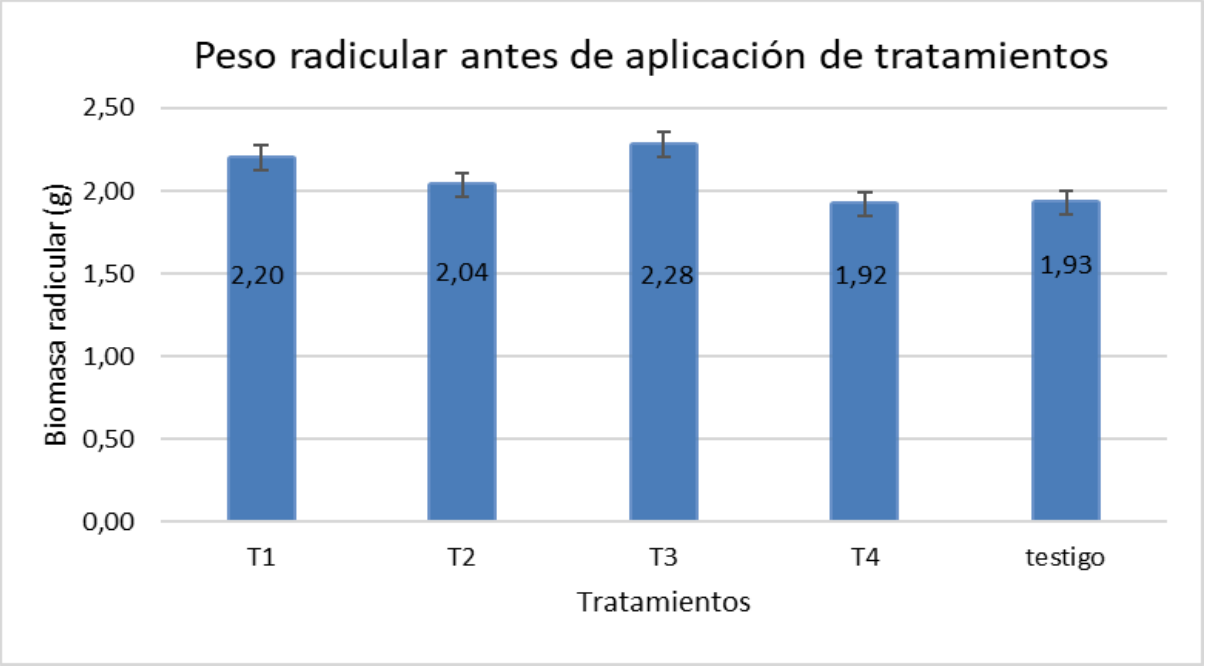
4.1.1. Efecto de los estimulantes en las raíces

En las variables del sistema radicular que fueron evaluadas, se observó que el efecto bloque no fue significativo, ($p > 0,05$), indicando que las diferencias obtenidas en las unidades experimentales no se relacionaron con la ubicación de los bloques, su relación fue principalmente con los tratamientos aplicados.

4.1.1.1. Biomasa radicular

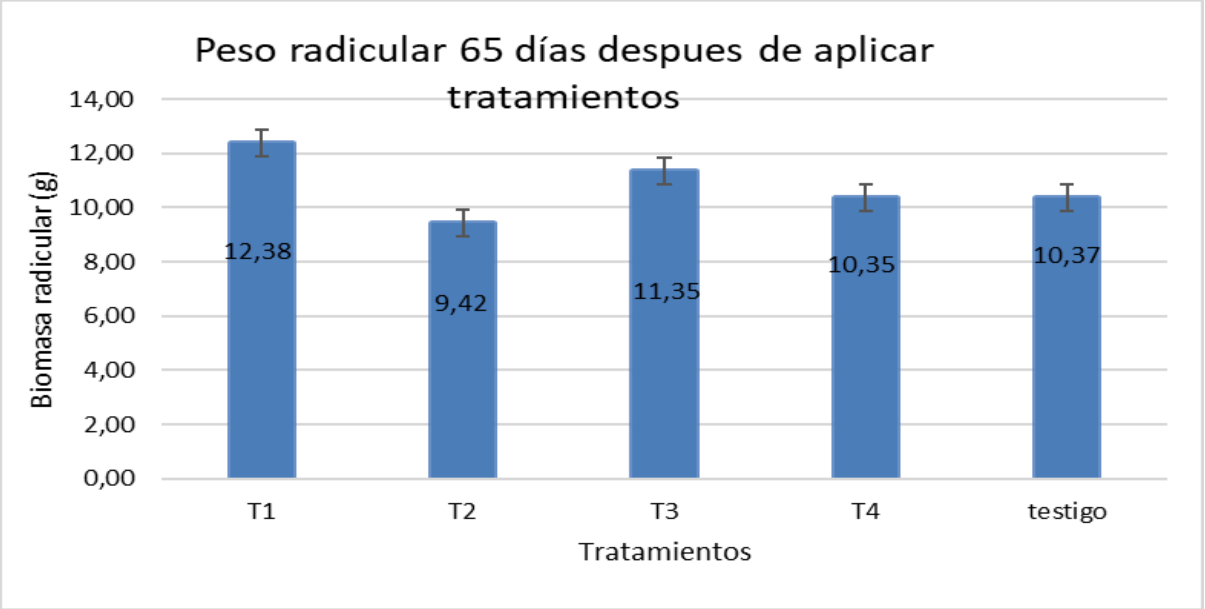
La evaluación de esta variable permitió determinar el efecto de los tratamientos sobre el desarrollo radicular de la planta constituyendo indicadores de crecimiento radicular y que reflejan capacidad de exploración del suelo y el potencial de absorción de agua y nutrientes durante el establecimiento del cultivo.

Figura 3.
Peso del sistema radicular. antes de la aplicación de tratamientos.



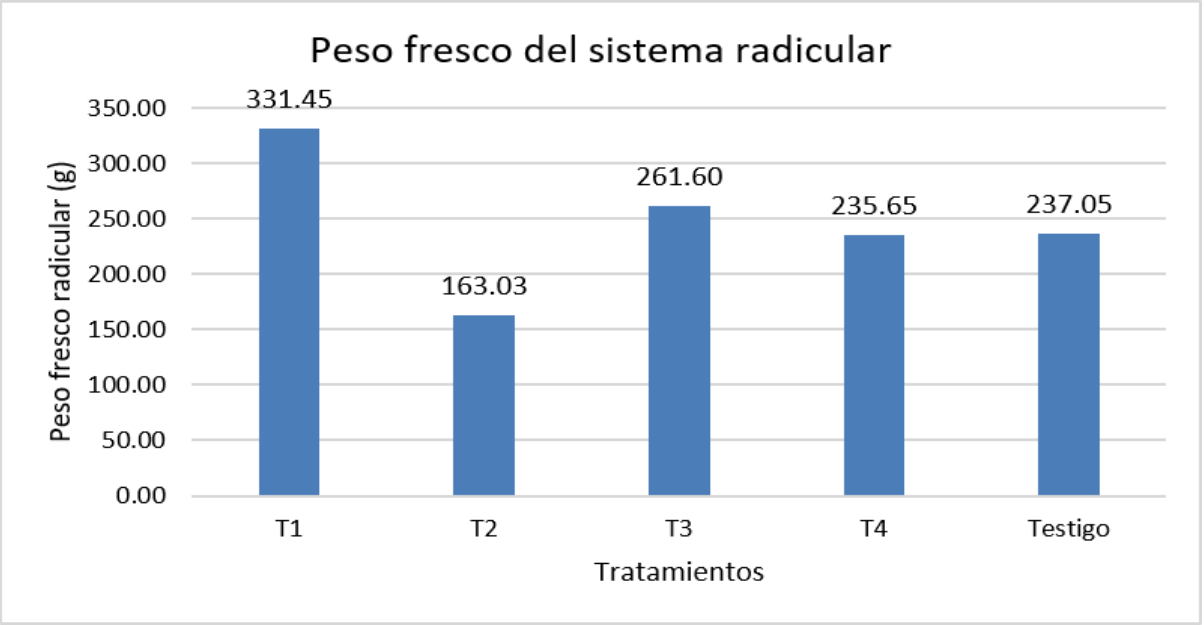
Al inicio del experimento el peso radicular de las plantas presentó condiciones homogéneas durante el establecimiento del ensayo, datos que oscilaban de 1,92 a 2,28 g, lo que permitió continuar con el experimento de forma adecuada sin inconvenientes

Figura 4.
Peso del sistema radicular a los 65 días de aplicar los tratamientos



A los **65 días** de la evaluación el peso radicular promedio de las plantas presentó diferencias entre los tratamientos, T1 presentó el mayor peso con 12,38 g seguido del T3 con 11,35 g, el Testigo presentó 10,37 g y el tratamiento T4 con 10,37g, registraron valores similares en comparación con el T2, el cual obtuvo el menor peso promedio de 9,42g, resultando evidenciar un mayor crecimiento de la biomasa radicular de las plantas tratadas con el T1 durante la primera toma de datos.

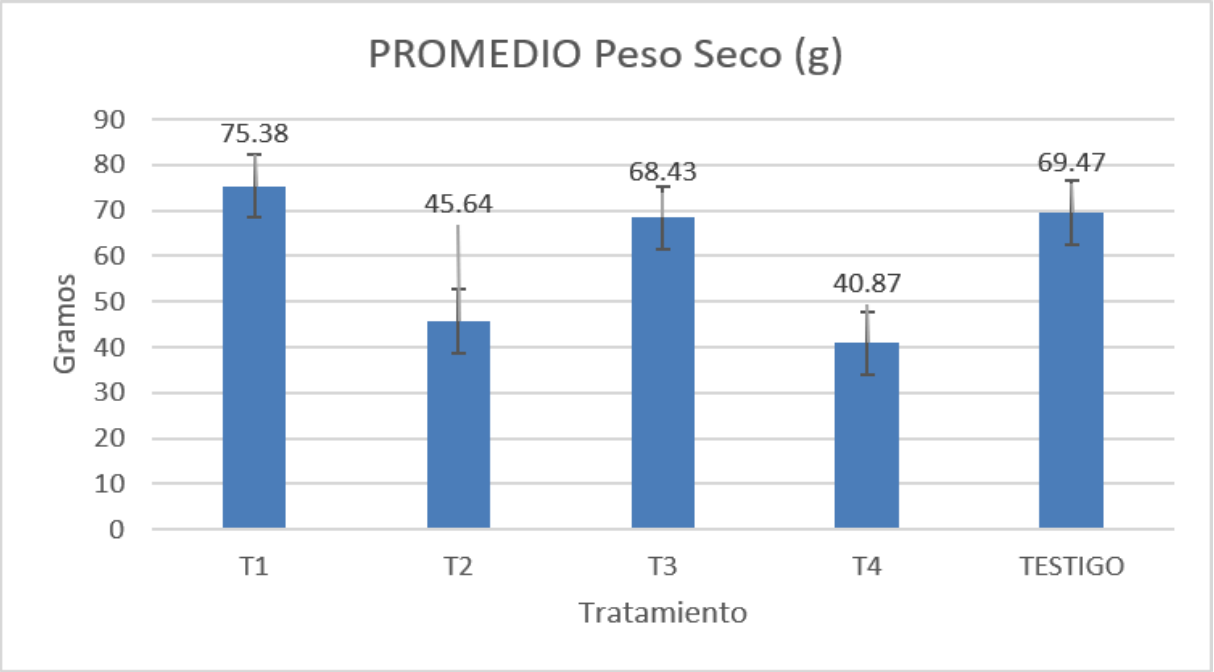
Figura 5.
Peso fresco del sistema radicular al finalizar el ensayo



A los **130 días** de evaluación se aprecian diferencias significativas en el peso de raíces, donde se destaca el T1, el cual presentó mayor peso radicular 331.45 g, evidenciando el mayor dato de biomasa radicular dentro de los tratamientos, de igual manera le siguió el T3 con 261.60 g y el testigo con 237.05 g, mientras que, el T4 alcanzó 235.65 gramos respectivamente, no obstante, el T2 presentó un menor valor con 163.03 g de peso, indicando un menor desarrollo de la biomasa radicular dentro de los tratamientos evaluados.

Los datos de la tabla de análisis de varianza realizado del peso fresco del sistema radicular evidenciaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($F=23,67$; $p<0,0001$), presentando un coeficiente de variación de 10,11% dando a entender que existe una precisión experimental aceptable, por otro lado en la prueba de Duncan, se ubicó al T1 en el grupo estadístico “a” con el mayor promedio de peso fresco, siendo este un peso de 331,45 g el T3, el testigo y el T4 compartieron los tres el grupo “b” mientras que el T2 al presentar el menor promedio de peso con 163,03 g, fue enviado al grupo “c” estos resultados han demostrado que el tratamiento 1 tuvo una mayor acumulación de biomasa fresca en el sistema radicular en comparación al resto de tratamientos.

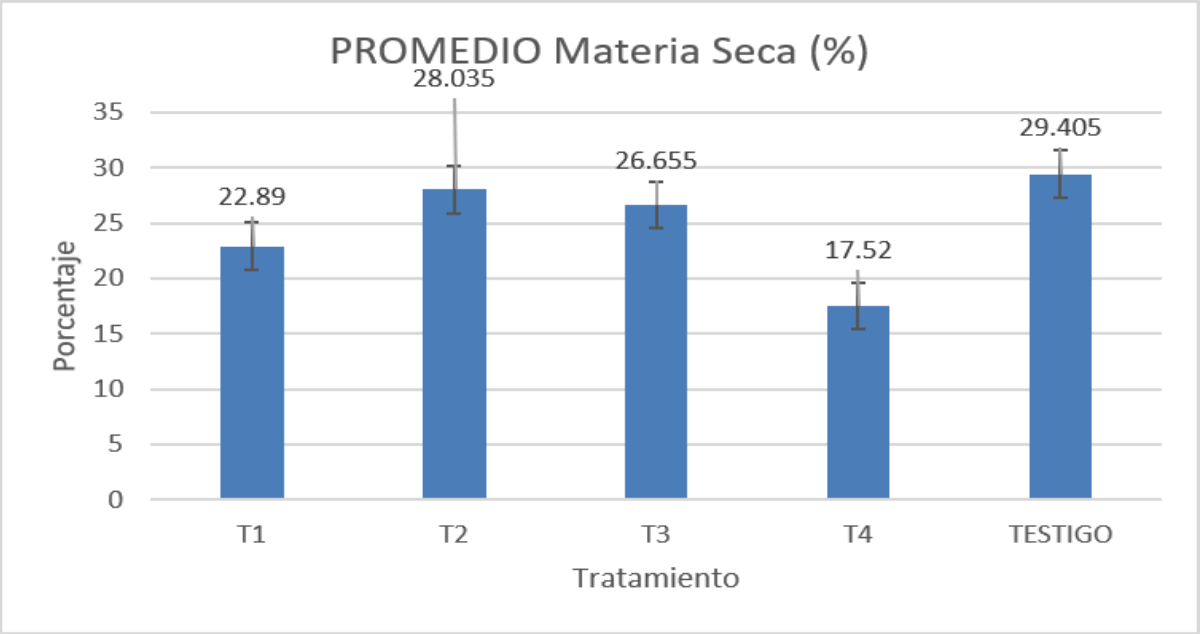
Figura 6.
Peso seco del sistema radicular al finalizar el ensayo



Tras realizar el secado de las raíces, se pudo observar que el tratamiento 1 fue el que mayor peso seco presentó en su sistema radicular con 75.35 gr, seguido de la testigo con 69.47 gr y no tan alejado el tratamiento 3 con 68.43 gr, el tratamiento que menor peso seco demostró fue el T4 con solo 40.87 gr, siendo superado por el T2 con 45.64gr, demostrando una diferencia entre al menos uno de los tratamientos

En los resultados del peso seco del sistema radicular fueron identificadas diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($F=26,65$; $p<0,0001$), presentando el coeficiente de variación de 10,06%, el T1 presentó el mayor promedio numérico teniendo 75,38 g, sin embargo este compartió grupo estadístico “a” con el testigo y el T3, sus promedios fueron 69,47 y 68,43 g respectivamente, por su parte, el T2 y T4 conformaron el grupo “b” con una menor acumulación de biomasa seca, por tanto aunque el tratamiento 1 alcanzó alcanzó un mayor valor en materia seca en peso seco no fue estadísticamente distinto del tratamiento 3 ni del testigo.

Figura 7.
Materia seca del sistema radicular al finalizar el ensayo



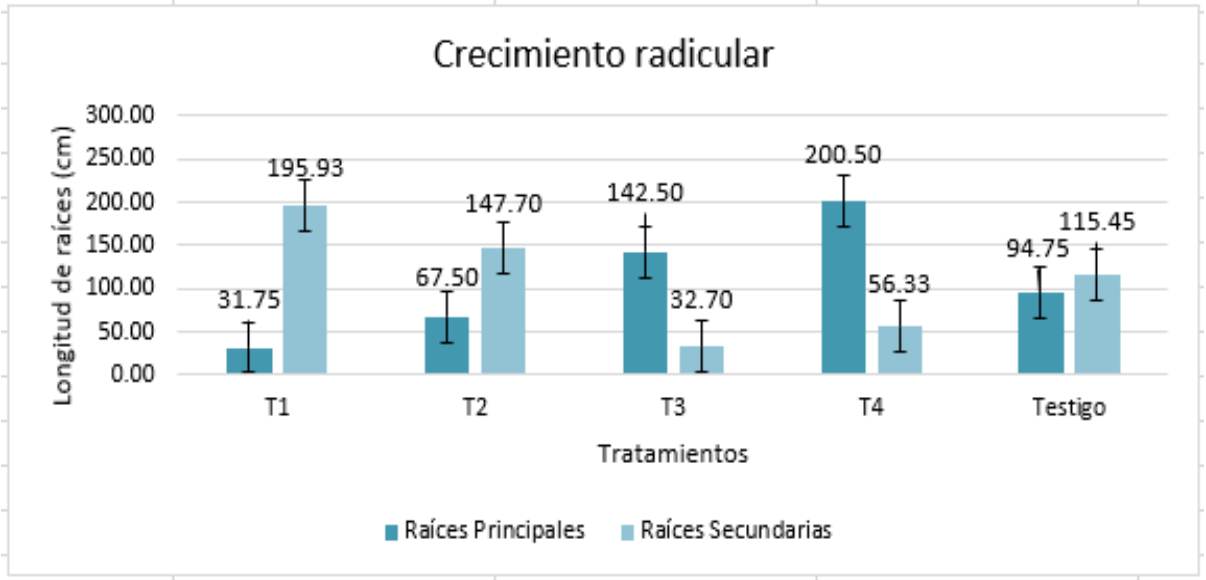
En la presente tabla se puede observar las variaciones en materia seca obtenidas al finalizar el ensayo donde el tratamiento que presentó mayor cantidad de materia seca o porcentaje de materia seca vendría a ser el testigo con un 29.405%, seguido del tratamiento 2 con un 28.035% y el tratamiento 3 con 26.655%, lo que nos deja teniendo una significancia mínima entre los tratamientos T2 y T3 y Testigo, por otro lado se resalta que menor porcentaje de materia seca presentado fue en el tratamiento 4 con un 17.52% de materia seca obtenida. A pesar de que en datos anteriores el tratamiento 1 presentaba en gran medida mejores resultados como peso seco y peso fresco del sistema radicular, en esta medición no tuvo el mayor porcentaje de materia seca, quedando en el cuarto puesto con 22.89%

El porcentaje de materia seca mostró una diferencia altamente significativa entre los tratamientos (F=7,25; p=0,0033), con un coeficiente de variación del 14,28%. El tratamiento testigo tuvo la media más alta, 29,41%, y se clasificó en el grupo "a". Los tratamientos T2 y T3 se incluyeron en el grupo "ab", mientras que T1 se clasificó en el grupo "bc", y T4 tuvo el porcentaje más bajo, 17,52%, en el grupo "c". Los resultados mostraron que una mayor

biomasa fresca no siempre se acompaña de una mayor proporción de materia seca. La biomasa fresca puede crecer a la misma velocidad sin un aumento en la materia seca.

4.1.1.2. Arquitectura general del sistema radicular

Figura 8.
Desarrollo del crecimiento de raíces bajo diferentes tratamientos



Observación: Las longitudes de la parte radicular son promedios por tratamiento, en las raíces principales, se tomó en cuenta la raíz de mayor diámetro y longitud como la principal.

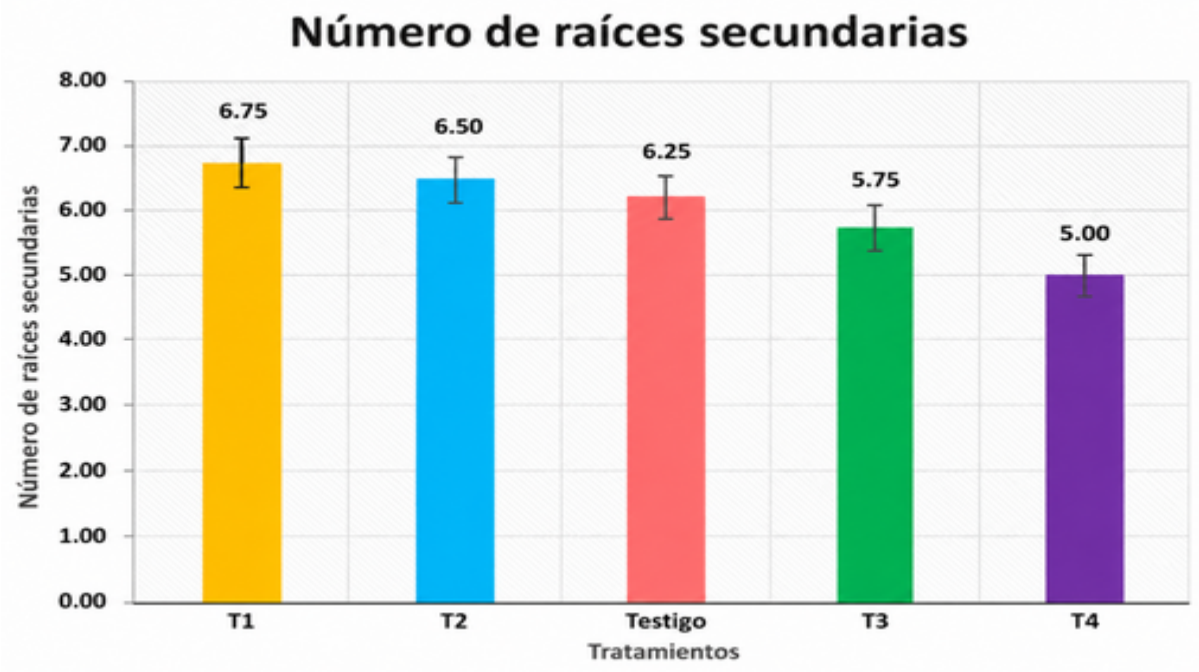
El T4 obtuvo una mayor longitud de la raíz principal (200,5 cm) frente a los demás tratamientos. Sin embargo, el T1 registró seis ramificaciones con una mayor longitud promedio de las raíces secundarias de 195,93 cm, mientras que el T3 con el mismo número de ramificaciones presentó una menor longitud siendo de 32,7 cm, por su parte la variable el Testigo presentó el mayor menor número de ramificaciones y una longitud promedio de 115,45 cm.

El análisis de varianza mostró diferencias entre los tratamientos para la longitud del eje radicular (F=14,55; p=0,0001). El coeficiente de variación fue de 32,17 % y eso indica

variabilidad en la característica. La prueba de Duncan puso a T4 en el grupo «a» y la longitud fue 200,50 cm. El T3 se ubicó en el grupo «b». El testigo se ubicó en el grupo «bc». El T2 se ubicó en el grupo «cd». El T1 se ubicó en el grupo «d» y el T1 presentó el menor promedio, 31,75 cm. Esta observación indica que el T4 favoreció principalmente la elongación del eje radicular principal.

La longitud promedio de las raíces laterales mostró diferencias muy significativas entre los tratamientos ($F = 116,64$; $p < 0,0001$). El coeficiente de variación fue del 11,23 %. La prueba de Duncan separó claramente los tratamientos. El tratamiento T1 tuvo la mayor longitud promedio, con 195,93 cm, y quedó en el grupo «a». El tratamiento T2 quedó en el grupo «b». El tratamiento testigo quedó en el grupo «c». El tratamiento T4 quedó en el grupo «d». El tratamiento T3 quedó en el grupo «e». El resultado muestra que el tratamiento T1 favoreció la elongación y la expansión lateral del sistema radicular.

Figura 9.
Desarrollo del crecimiento lateral de raíces en diferentes tratamientos

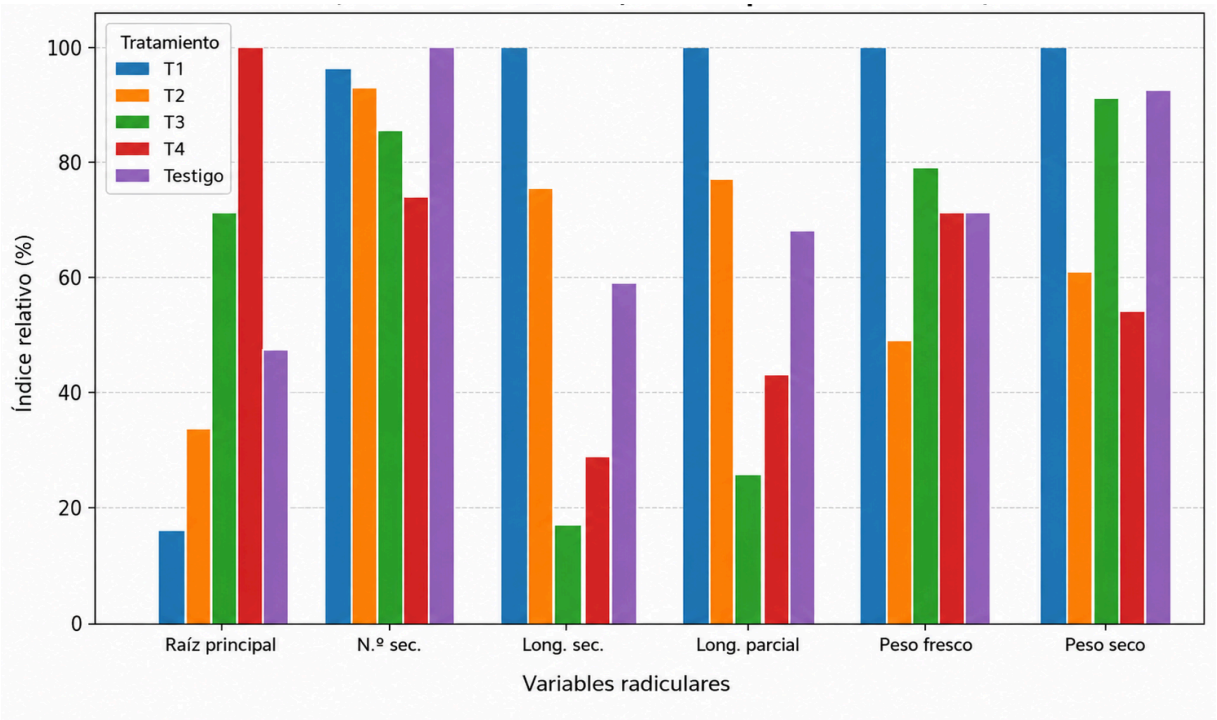


El número de ramificaciones por planta fue de 5 a 7, donde los tratamientos T1 y T2 dieron el mayor promedio con 6.75 y 6.5 ramificaciones por planta respectivamente,

seguidos del Testigo y T3 con 6.25 y 5.75 ramificaciones, T4 presentó un menor número de ramificaciones siendo 5/planta indicando un menor desarrollo de raíces laterales En comparación con los tratamientos que recibieron la aplicación de los enraizantes , bioestimulantes.

El número de raíces laterales mostró diferencias entre los tratamientos (F=4,91; p=0,0140) y el coeficiente de variación fue de 10,34 %. T1, T2 y el Testigo estuvieron en el grupo «a» de raíces laterales. El T1 tuvo un promedio de 6,75 raíces laterales por planta, T2 tuvo 6,50 raíces laterales por planta y el testigo tuvo 6,25 raíces laterales por planta. T3 tuvo una respuesta en medio y se ubicó en el grupo «ab» de raíces laterales. T4 se ubicó en el grupo «b» de raíces laterales y tuvo un promedio de cinco raíces laterales por planta, el valor que quedó al final. Los resultados indican que la aplicación de bioestimulantes logró aumentar el número de ramificaciones de forma uniforme, donde el T1 y T2 presentaron los promedios más altos.

Figura 10.
Resumen comparativo del desarrollo del sistema radicular (valores normalizados; máximo por variable = 100)



En el presente gráfica en la sección de raíz principal, el tratamiento 4 fue el que presentó una mayor longitud promedio con 200,50 cm pero registró solamente cinco raíces secundarias y una longitud radicular parcial de 553,93 cm además alcanzó el menor peso seco teniendo 40,87 g lo que se puede interpretar en que una mayor longitud de raíz principal no necesariamente está acompañada por una mayor ramificación o acumulación de biomasa radicular.

Por otro lado el tratamiento 1 presentó el mayor índice relativo en la sección de longitud promedio de raíces secundarias, longitud parcial, peso fresco y peso seco, el T1 registró una longitud promedio de raíces secundarias de 195,93 cm y una parcial de 1289,80 cm, peso fresco de 331,45 g y un peso seco de 75,38 g, no obstante también fue el tratamiento que presentó la menor longitud de raíz principal con 31,75 cm, este comportamiento indica que el tratamiento 1 estuvo caracterizado principalmente por una mayor expansión lateral y acumulación de biomasa más que por la parte del alargamiento del eje principal considerando que las raíces principales a partir de los 30 cm de manera general empiezan a alargarse de manera lateral según los tratamientos o las condiciones presentes en el suelo.

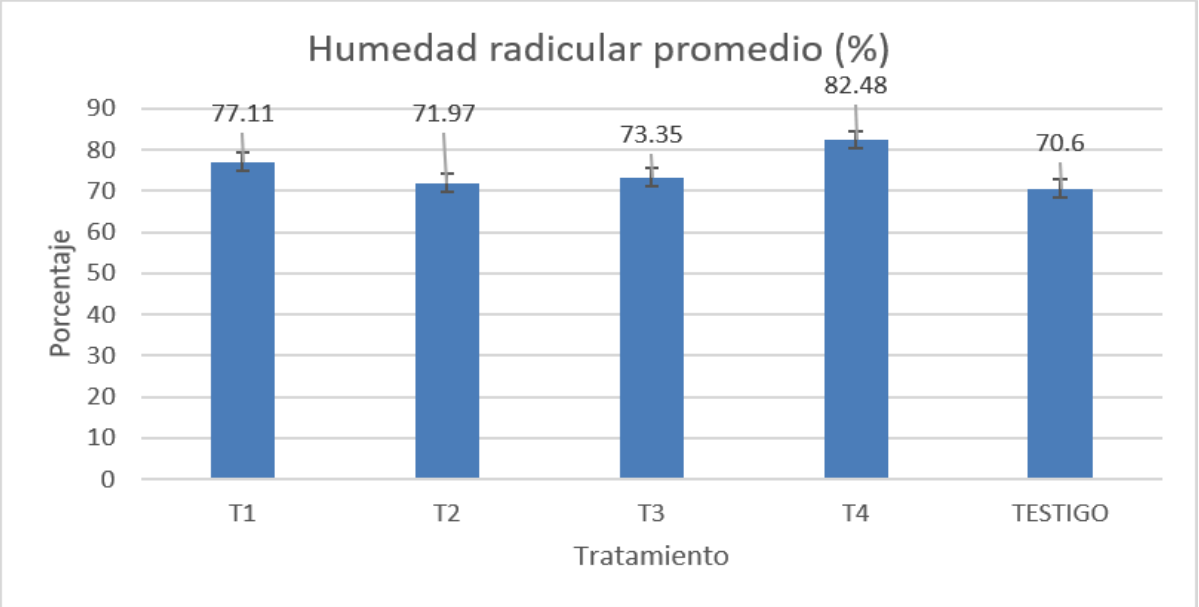
El tratamiento 2 mostró una longitud promedio de raíces secundarias relativamente elevado con 147,70 centímetros además de una longitud parcial de 991,13 cm sin embargo presentó el menor peso fresco teniendo 163,03 g en su medición y un peso seco de 45,64 g, por su lado el tratamiento 3 registró una raíz principal de 142,50 centímetros y un peso seco de 68,43 g esto a pesar de que la longitud radicular parcial presentada fue de 331,55 cm el testigo por otro lado mostró un comportamiento intermedio y relativamente equilibrado con el mayor número promedio de raíces secundarias 6,75 raíces por tratamiento y una longitud radicular parcial de 880.10 cm además de un peso seco de 69,47 g.

Todos estos datos en conjunto muestran que los tratamientos promovieron diferentes factores de arquitectura radicular algunos favorecieron la elongación de la raíz principal

mientras que otros estimularon más la parte lateral y la acumulación de biomasa por esta razón el desarrollo del sistema radicular no debe solo interpretarse a partir de una variable.

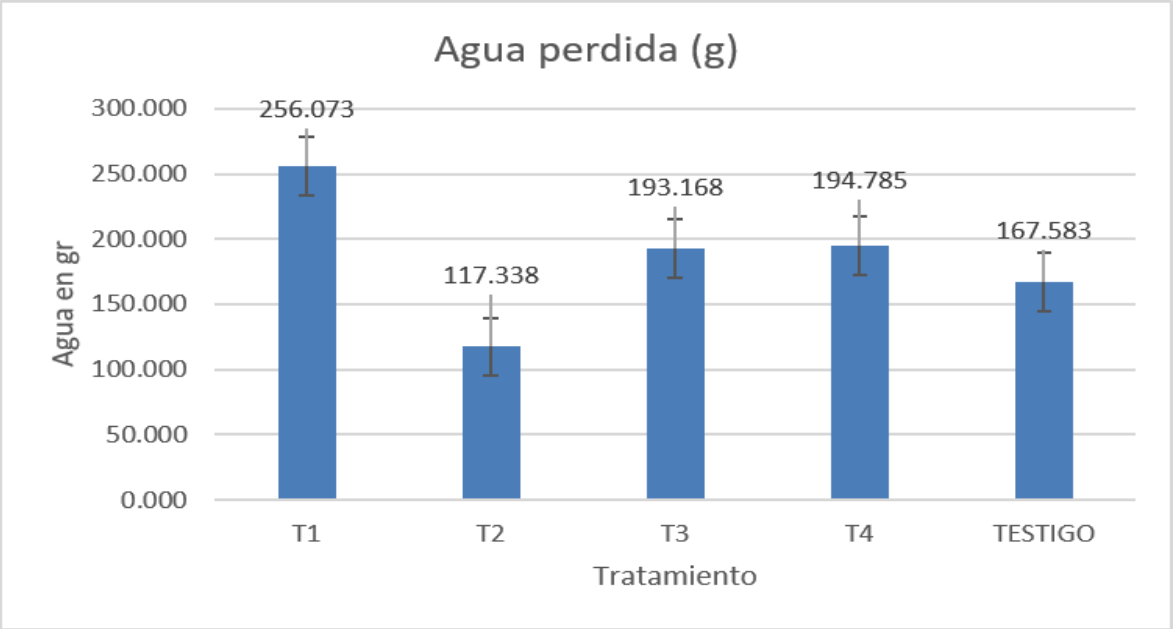
4.1.1.3. Contenido de humedad general del sistema radicular

Figura 11.
Humedad contenida por las raíces en diferentes tratamientos



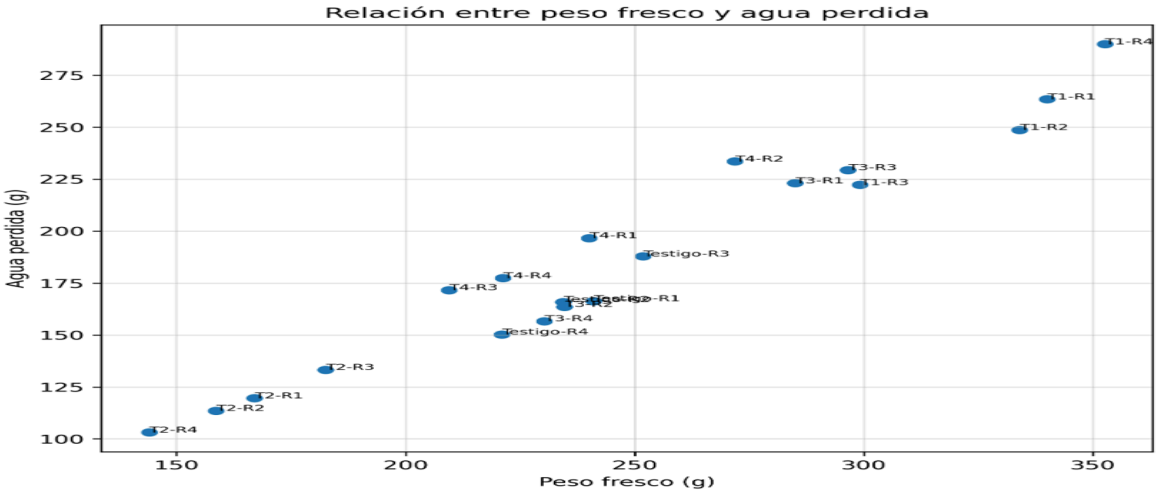
La humedad del sistema radicular presenta variaciones entre cada uno de los tratamientos evaluados donde el tratamiento 4 es el que alcanzó un mayor porcentaje promedio de humedad con un 82.48%, seguido del tratamiento 1 presentando un 77,11% de humedad, por otro lado los tratamientos 3 y 2 registraron valores intermedios de 73,35% y 71,97% respectivamente, mientras que el testigo presentó el menor contenido de humedad entre todos los tratamientos con un 70,60%.

Figura 12.
Agua perdida en diferentes tratamientos



En la figura 11 podemos observar la cantidad de agua perdida durante el proceso de secado, presentando diferencias numéricas entre cada uno de los tratamientos, donde el tratamiento 1 fue el que registró la mayor pérdida promedio de agua con 256.07 gramos seguido de tratamiento 3 y 4 con 193,17 y 194,79 g respectivamente el testigo presentó una pérdida total de 167,58 gramos mientras que el tratamiento 2 registró el menor valor con 117,39 g.

Figura 13.
Relación entre el Peso fresco y el Agua perdida en los diferentes tratamientos



En el gráfico sobre la relación entre el peso fresco y el agua perdida durante el secado de raíces se observó que la relación es altamente positiva entre el peso radicular y la cantidad de agua perdida indicando que las muestras con mayor peso fresco tendieron a perder una mayor cantidad de agua en comparación a las muestras que tenían menor peso.

El tratamiento 1 se ubicó entre las muestras con mayor peso fresco y mayor pérdida de agua, en los promedios es el tratamiento que mayor peso fresco presentó (331,45 gramos) y perdió 256,07 g de agua en comparación el tratamiento 2 registró el menor peso fresco con 163,03 gramos y también presentó la menor pérdida de agua con 117,39 gramos por otro lado el tratamiento 3 y 4 presentaron pérdidas aguas similares con 193,17 194,79 g, aunque mostraron diferencias en su peso seco y porcentaje de humedad el testigo registra una pérdida promedio de 167,58 g

Tabla 5.
Promedios las variables por cada uno de los tratamientos en el sistema radicular

Tratamientos	Peso fresco radicular (g)	Peso seco radicular (g)	Materia seca (%)	Longitud de raíz principal (cm)	Longitud promedio de raíces secundarias (cm)	Número de raíces secundarias
T1	331,45 a	75,38 a	22,89 bc	31,75 d	195,93 a	6,75 a
T2	163,03 c	45,64 b	28,04 ab	67,50 cd	147,70 b	6,50 a
T3	261,60 b	68,43 a	26,66 ab	142,50 b	32,70 e	5,75 ab
T4	235,65 b	40,87 b	17,52 c	200,50 a	56,33 d	5,00 b
Testigo	237,05 b	69,47 a	29,41 a	94,75 bc	115,45 c	6,25 a
CV (%)	10,11	10,06	14,28	32,17	11,23	10,34
p-valor ANOVA	<0,0001 **	<0,0001 **	0,0033 **	0,0001 **	<0,0001 **	0,0140 *

Medias dentro de una misma columna acompañadas por al menos una letra común no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad. ns: no significativo; *: significativo al 5 %; **: altamente significativo al 1 %. Fuente: Elaboración propia a partir de los análisis realizados en InfoStat.

4.1.1.4. Observaciones del sistema radicular y estado sanitario de las raíces.

La evaluación visual del sistema radicular permitió complementar resultados cuantitativos obtenidos durante el ensayo donde se consideraron aspectos relacionados con el desarrollo y el estado fitosanitario de las raíces Para ello se apreciaron características como la arquitectura radicular y la presencia de Raíces secundarias y pelos absorbentes presentes así como posibles síntomas de daños ocasionados por plagas enfermedades o alteraciones fisiológicas que se pueden dar.

Tabla 6.
Evaluación cualitativa del estado fitosanitario y desarrollo del sistema radicular.

Tratamiento	Descripción cualitativa del sistema radicular
T1	Este tratamiento presentó un sistema radicular bien definido, con abundante ramificación lateral y raíces de apariencia sana. No se observaron síntomas visibles de pudrición, necrosis u otras afecciones radiculares.
T2	El tratamiento 2 mostró un adecuado crecimiento de las raíces laterales y un buen estado fitosanitario. No se evidenciaron síntomas visibles de pudrición, necrosis ni daños externos importantes.
T3	Presentó raíces de apariencia sana y un estado fitosanitario adecuado. No obstante, este mostró un menor desarrollo secundario o lateral en comparación con los tratamientos 1, 2 y el testigo, sin presentar síntomas evidentes de pudrición o deterioro.
T4	Este tratamiento desarrolló un eje radicular principal bien definido pero acompañado de una menor cantidad de raíces laterales en comparación a los demás tratamientos. Las raíces conservan una

	apariencia saludable y no presentan síntomas visibles de pudrición o deterioro.
Testigo	Presentó un sistema radicular con numerosas raíces laterales y presentó un estado fitosanitario generalmente adecuado sin signos de necrosis, o deterioro común por enfermedades. Se observaron daños superficiales leves por causa mecánica al realizar el cateo.

4.1.2. Efecto de los estimulantes en la base del tallo

Una de las variables que mayor importancia presenta es el diámetro del tallo, esto enfocándonos en la evaluación del vigor vegetativo del cultivo debido a que este va a reflejar cómo se desarrolla la parte estructural de la planta y de igual manera eso también refleja la capacidad de respuesta frente a las diversas condiciones de manejo y al efecto de los bioestimulantes aplicados. En el presente trabajo de investigación esta variable se planteó medir a 2 cm por encima del suelo con el objetivo de comparar el desarrollo alcanzado en cada tratamiento, considerando que al momento de la siembra la cual fue realizada el 22 de enero de 2026 de manera general las plantas presentaron un diámetro relativamente uniforme con valor de 0.3 cm.

Tabla 7.
Diámetro promedio del tallo de plantas de maracuyá a los 65 días después de la siembra bajo diferentes tratamientos de estimulantes radiculares.

Tratamiento	Número de plantas (n)1	Promedio (cm)
T1	24	0.59
T2	21	0.64
T3	23	0.63
T4	23	0.59
Testigo	24	0.56

A los 65 días después de la siembra, el diámetro promedio del tallo mostró un desarrollo relativamente homogéneo entre los tratamientos evaluados, registrándose valores

comprendidos entre 0,56 y 0,64 cm. El tratamiento T2 presentó el mayor promedio de diámetro del tallo (0,64 cm), seguido por T3 (0,63 cm), mientras que T1 alcanzó un promedio de 0,59 cm y Testigo registró el menor valor con 0,56 cm.

En el tratamiento 1, a los 65 días después de la siembra, el diámetro del tallo presentó valores comprendidos entre 0,4 y 0,8 cm, observándose una mayor frecuencia de plantas con diámetros cercanos a 0,5 y 0,6 cm.

En el tratamiento 2, el diámetro del tallo a los 65 días de la siembra osciló entre 0,4 y 0,8 cm, predominando valores de 0,6 cm. Se observaron plantas con un desarrollo ligeramente superior respecto a otros tratamientos, alcanzando diámetros cercanos a 0,8 cm, lo que podría indicar un mejor establecimiento inicial.

Los datos obtenidos para el tratamiento 3 muestran que el diámetro del tallo se ubicó entre 0,4 y 0,8 cm a los 65 días después de la siembra. La mayoría de las plantas presentaron diámetros comprendidos entre 0,5 y 0,7 cm, reflejando un crecimiento uniforme durante la fase de establecimiento del cultivo.

El diámetro del tratamiento 4 osciló entre 0,4 y 0,7 cm, siendo el tamaño más común de 0,5 a 0,6 cm. Estos resultados indican un comportamiento similar en las plantas estudiadas durante los primeros 65 días de crecimiento.

El diámetro del tallo medido a los 2 cm del suelo dentro del **T testigo** a los 65 días después de la siembra presentó valores promedios entre 0.4 y 0.8 cm, donde la **R2** registró los mayores diámetros con un promedio de 0.68 cm, destacándose un valor de 0.8 cm evidenciando un crecimiento más vigoroso de las plantas en esta repetición. no obstante, el tratamiento con **R1** alcanzó un promedio de 0.57 cm mientras que **R3** y **R4** mostraron promedio de 0.48 y 0.50 cm respectivamente, reflejando un desarrollo ligeramente inferior en los términos generales, donde el tratamiento presentó un promedio global de 0.56 cm,

observándose una variabilidad moderada entre repeticiones aunque la mayoría de los valores se concentraron en 0.5 y 0.7 cm lo que indica un crecimiento relativamente uniforme del diámetro bajo las condiciones que se evaluó.

Tabla 8.
Diámetro promedio del tallo de plantas de maracuyá 131 días después de la siembra bajo diferentes tratamientos de estimulantes radiculares.

Tratamiento	Número de plantas (n)1	Promedio (cm)
T1	24	1.49
T2	21	1.76
T3	23	1.73
T4	23	1.52
Testigo	24	1.44

Los resultados obtenidos a los 131 días después de la siembra muestran diferencias en el diámetro promedio del tallo entre los tratamientos. El tratamiento T2 registró el mayor diámetro promedio del tallo, de 1,76 cm, seguido del tratamiento T3 con un diámetro promedio de 1,73 cm. Los tratamientos T4 y T1 mostraron diámetros promedio de 1,55 cm y 1,54 cm, respectivamente. Los diámetros promedio de los tratamientos T4 y T1 fueron los menores en la evaluación. Si bien la diferencia entre los tratamientos T2 y T3 disminuyó, estos tratamientos mostraron un mayor crecimiento del tallo que los tratamientos T1 y T4.

Los tratamientos T2 y T3 registraron los mayores diámetros del tallo. Un mayor diámetro del tallo indica que el estimulante está funcionando bien. Un mayor diámetro puede estar asociado con un mejor desarrollo del sistema radicular. Un mayor diámetro del tallo también permite que las plantas absorban más agua y nutrientes durante la temporada de crecimiento. Los tratamientos T1 y T4 mostraron los menores diámetros del tallo, lo que indica una menor supervivencia en estas condiciones.

En el tratamiento **T1** se observó una marcada variabilidad en los valores de diámetro de tallo entre repeticiones y entre plantas dentro de una misma repetición. La repetición **R2** presentó los mayores valores del tratamiento, destacando un máximo de **2,9 cm**, lo que sugiere un mejor desempeño de ciertas plantas bajo condiciones favorables de crecimiento. En contraste, la repetición **R3** registró varios valores bajos, asociados a la presencia de plantas atípicas, resiembras, afecciones y plantas pasmadas.

En el tratamiento **T2** se registraron valores de diámetro de tallo relativamente altos en varias repeticiones, observándose un comportamiento favorable en plantas que alcanzaron entre **2,0 y 2,5 cm**. Sin embargo, este tratamiento también presentó algunas limitaciones en la homogeneidad de la evaluación, ya que dos plantas de R1 fueron excluidas debido a una infección viral, lo que redujo el número de observaciones disponibles en esta unidad experimental.

El tratamiento **T3** presentó una respuesta variable en el diámetro de tallo, observándose diferencias marcadas entre sus repeticiones. El R2 presentó los valores más altos registrados en este tratamiento, con plantas que alcanzaron 2,8 cm y 2,7 cm, lo que indica un buen crecimiento en algunos ensayos.

Por otro lado, R1, afectada por la sombra, mostró valores más bajos y desiguales, lo que indica un impacto negativo de estas condiciones en el crecimiento de las plantas. R3 y R4 presentan valores intermedios, lo que indica una distribución más uniforme de las plantas, aunque aún se observa cierta dispersión en los datos.

En el tratamiento **T4** se observó una variabilidad moderada en los valores de diámetro de tallo, con registros que oscilaron entre valores bajos de **0,5–0,6 cm** y máximos de hasta **2,1 cm**. La repetición **R1** presentó valores relativamente altos en la mayoría de plantas, aunque uno de los registros más bajos del tratamiento correspondió a una planta identificada como resiembra, atípica y estancada, lo cual probablemente afectó el promedio de la unidad

experimental. Por su parte, la repetición **R2** mostró una distribución más homogénea, pese a la presencia de sectores con dos plantas en un mismo sitio, donde se consideró el valor de mayor magnitud para el análisis.

En el Testigo se observa cierta variabilidad entre repeticiones y entre plantas, dentro de cada repetición el diámetro de tallo el tratamiento testigo osciló entre 0.3 cm y 2.2 cm siendo el valor mínimo registrado en la repetición 1 planta 6 y el máximo la repetición 2 planta 4, la R2 presentó los mayores valores promedios de diámetro del tallo evidenciando mejor desarrollo en correlaciòn con las demás repeticiones, por otro lado, las repeticiones **R1** **R3** y **R4** mostraron valores más similares entre sí, el promedio general del diámetro del tallo fue aproximadamente 1.44 cm, lo que indica un crecimiento moderado bajo condiciones normales. Resultados reflejando variabilidad natural entre plantas atribuirle a los factores ambientales y biológicos dentro de un mismo tratamiento

Tabla 9.
Promedios las variables por cada uno de los tratamientos en el tallo

Código	Tratamiento	Diámetro a los 65 días (cm)	Diámetro a los 131 días (cm)	Incremento mensual (cm/mes)
T1	*Trichoderma*	0,59	1,49	0,42
T2	Seinema	0,64	1,76	0,55
T3	Plex Humi + Seinema	0,63	1,73	0,52
T4	Alga Forte + Seinema	0,59	1,52	0,44
Testigo	Sin bioestimulante	0,56	1,44	0,4
	C.V. (%)	9,89	16,29	20,67
	p-valor ANOVA	0,6885 ns	0,2625 ns	0,2036 ns[1]
p-valor ANOVA		<0,0001 **	<0,0001 **	0,0033 **	0,0140 *

ns: no significativo al 5 % de probabilidad de error. [1] El incremento diario y mensual son transformaciones lineales del incremento acumulado, por lo que conservan el mismo p-valor y coeficiente de variación.

Fuente: Elaboración propia a partir de los registros individuales del diámetro del tallo.

4.1.3 Efecto de los estimulantes en los cojinetes florales

Tabla 10.
Número promedio, cojinetes florales por tratamiento durante las 5 semanas de evaluación.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Promedio general
T1	142,25	145,25	181,50	155,00	188,75	**162,55**
T2	181,25	174,75	306,25	298,75	241,00	**240,40**
T3	322,25	245,75	250,75	57,75	187,75	**212,85**
T4	164,75	215,75	270,75	191,75	222,25	**213,05**
Testigo	152,00	232,50	162,25	161,00	124,75	**166,50**
Promedio	**192,50**	**202,80**	**234,30**	**172,85**	**192,80**	**199,05**

De manera general, T2 presentó el mayor promedio de cojinetes florales durante el período de evaluación, con 240,40 cojinetes por parcela, seguido de T4 y T3, con 213,05 y 212,85, respectivamente. El testigo registró un promedio general de 166,50, mientras que T1 presentó el menor valor promedio, con 162,55 cojinetes florales. No obstante, se observó una variación importante en la respuesta semanal, debido a que T3 presentó el mayor promedio durante la primera y segunda semana, mientras que T2 alcanzó los mayores valores durante las semanas 3, 4 y 5.

Tabla 11.
Promedios las variables por cada uno de los tratamientos en los botones florales

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Promedio general
T1	142,25 b	145,25 a	181,50 bc	155,00 b	188,75 a	162,55
T2	181,25 b	174,75 a	306,25 a	298,75 a	241,00 a	240,4
T3	322,25 a	245,75 a	250,75 ab	57,75 c	187,75 a	212,85
T4	164,75 b	215,75 a	270,75 a	191,75 ab	222,25 a	213,05
Testigo	152,00 b	232,50 a	162,25 c	161,00 b	124,75 b	166,5
C.V. (%)	15,17	14	11,59	20,17	9,96	17,91 / 13,24[1]
p-valor ANOVA	0,0087 **	0,1221 ns	0,0117 *	0,0042 **	0,0070 **	0,0267 *

ns: no significativo al 5 % de probabilidad de error; *: significativo al 5 %; **: altamente significativo al 1 %. Medias dentro de una misma columna acompañadas por al menos una letra común no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad. Los datos fueron analizados mediante la transformación √(X + 0,5), pero los promedios se presentan en su escala original.

Fuente: Elaboración propia a partir de los análisis realizados en InfoStat.

El análisis en conjunto del número de botones florales realizado, mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($F = 4,04$; $p = 0,0267$) y diferencias altamente significativas entre las semanas de evaluación ($F = 6,23$; $p = 0,0060$). De igual manera, la interacción tratamiento-semana resultó altamente significativa ($F = 5,89$; $p < 0,0001$), lo que nos indica que la respuesta de los tratamientos tuvo variaciones durante el período de evaluación. Por este motivo, la comparación de medias se interpretó dentro de cada semana mediante la prueba de Duncan al 5 %. Los coeficientes de variación del Error A y Error B fueron de 17,91 y 13,24 %, respectivamente, lo que indica una precisión experimental aceptable.

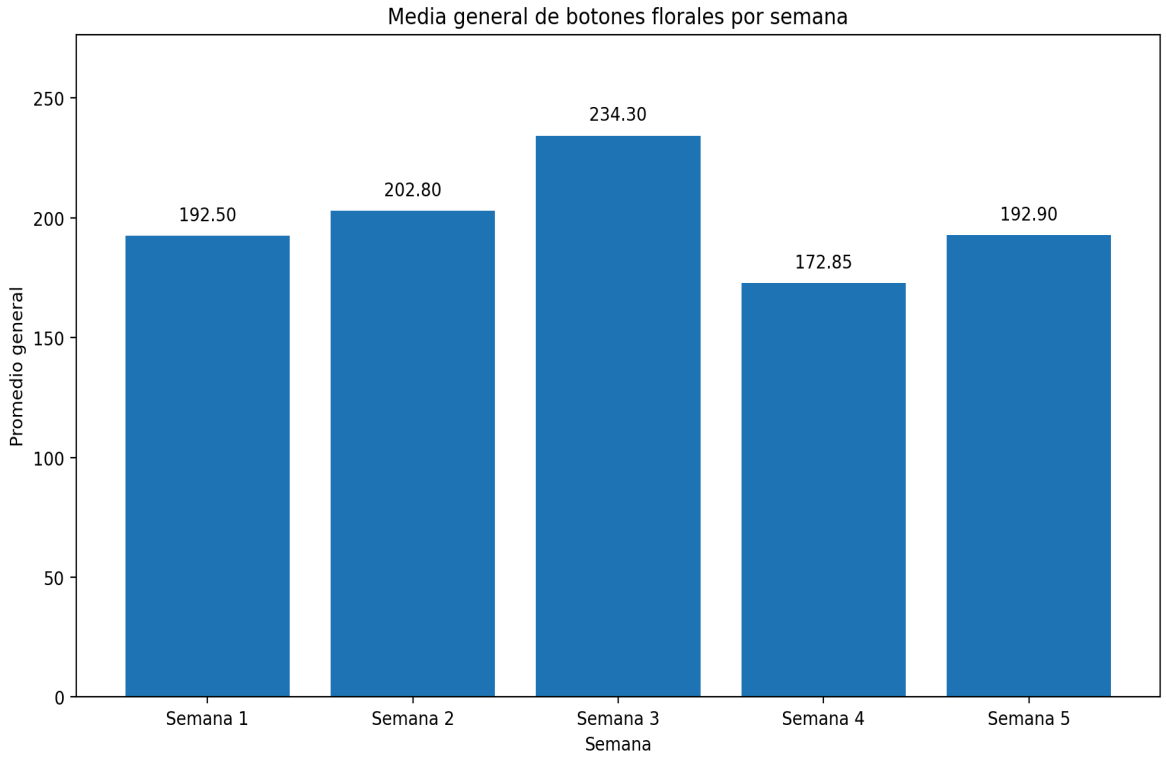
Existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos para el número de botones florales durante la primera semana, debido a que el p-valor fue inferior a 0,01. Los bloques no presentaron diferencias significativas.

El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos para el número de cojinetes florales durante la segunda semana de evaluación ($p = 0,1221$), por lo que el comportamiento observado puede atribuirse a la variabilidad experimental y no al efecto de los tratamientos. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos durante la tercera semana: $p = 0,0117 < 0,05$.

Los bloques no presentaron significancia. Por tanto, las diferencias observadas se atribuyen principalmente a los tratamientos y corresponde aplicar Duncan al 5 %. Durante la cuarta semana existieron diferencias altamente significativas entre tratamientos: $p = 0,0042 < 0,01$

Los bloques no presentaron diferencias significativas. Por ello, se debe aplicar Duncan para identificar qué tratamientos difieren. El CV fue de 20,17 %, ligeramente superior al 20 %. Esto no invalida el análisis. Representa una variabilidad moderada a relativamente alta, explicada principalmente por la amplitud existente entre los valores de T2 y los valores bajos de T3. En la quinta semana existieron diferencias altamente significativas entre tratamientos: p=0,0070<0,01 Los bloques no fueron significativos. El coeficiente de variación fue bajo, indicando buena precisión experimental. Por tanto, corresponde aplicar Duncan al 5 %

Figura 14.
Medias generales de botones florales por semanas en plantas de maracuyá (Passiflora edulis) durante el período de evaluación.



Número de botones florales (F = 5,62; p = 0,0087). La prueba de Duncan al 5 % ubicó a T3 en el grupo estadístico superior, con un promedio de 322,25 botones. Los tratamientos T2, T4, T1 y el testigo compartieron el grupo b y no presentaron diferencias entre sí.

En la segunda semana no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el número de botones florales (F = 2,27; p = 0,1221). T3 registró el mayor promedio numérico, con 245,75 botones, mientras que T1 presentó 145,25; sin embargo, la prueba de Duncan ubicó a todos los tratamientos en un único grupo estadístico.

En la tercera semana se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (F = 5,18; p = 0,0117). T2 y T4 registraron los mayores promedios, con 306,25 y 270,75 botones, respectivamente, y compartieron el grupo estadístico a. T3 presentó un comportamiento intermedio y fue incluido en el grupo ab. *Trichoderma* se ubicó en el grupo bc, mientras que el testigo presentó el menor promedio y conformó el grupo c. En la quinta semana se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos (F = 5,96; p = 0,0070). T2 presentó el mayor promedio, con 241,00 botones florales; sin embargo, no difirió estadísticamente de T4, *Trichoderma* y T3, debido a que los cuatro tratamientos compartieron el grupo a. El testigo registró el menor promedio, con 124,75 botones, y fue ubicado en el grupo b.

4.1.4. Efecto de los estimulantes en las flores

Tabla 12.
Número promedio de flores por tratamiento durante las cinco semanas de evaluación.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Promedio
T1	5,75	14,50	3,75	8,00	7,50	**7,90**
T2	10,25	**53,25**	31,00	**48,00**	42,25	**36,95**
T3	9,25	24,25	5,00	13,25	14,00	**13,15**
T4	**11,75**	34,75	7,75	17,25	10,00	**16,30**
Testigo	9,00	14,25	32,25	41,25	**47,25**	**28,80**
Promedio	**9,20**	**28,20**	**15,95**	**25,55**	**24,20**	**20,62**

El tratamiento T2 presentó el mayor promedio general de flores durante el periodo de evaluación, con 36,95 flores por parcela, seguido por el testigo, con 28,80. T4 y T3 alcanzaron promedios de 16,30 y 13,15 flores, respectivamente, mientras que T1 registró el menor promedio, con 7,90 flores. La respuesta varió entre las semanas: T4 presentó el mayor promedio durante la primera evaluación; T2 destacó en las semanas 2 y 4; y el testigo alcanzó el mayor número de flores en las semanas 3 y 5.

Análisis de varianza

Tabla 13.
Análisis de varianza en conjunto para el número de flores

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Promedio general
T1	5,75 a	14,50 c	3,75 b	8,00 b	7,50 b	7,90 d
T2	10,25 a	53,25 a	31,00 a	48,00 a	42,25 a	36,95 a
T3	9,25 a	24,25 bc	5,00 b	13,25 b	14,00 b	13,15 c
T4	11,75 a	34,75 b	7,75 b	17,25 b	10,00 b	16,30 c
Testigo	9,00 a	14,25 c	32,25 a	41,25 a	47,25 a	28,80 b
C.V. (%)	27,11	17,23	27,13	18,22	22,39	13,99 / 23,30[1]
p-valor ANOVA	0,6960 ns	0,0006 **	0,0003 **	0,0001 **	0,0002 **	<0,0001 **

ns: no significativo al 5 % de probabilidad de error; *: significativo al 5 %; **: altamente significativo al 1 %.

Medias dentro de una misma columna acompañadas por al menos una letra común no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad. Los datos fueron analizados mediante la transformación √(X + 0,5), mientras que los promedios se presentan en la escala original.

Fuente: Elaboración propia a partir de los análisis realizados en InfoStat.

En la primera semana no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos para el número de flores presentes por parcela (F = 0,56; p = 0,6960). Sin embargo, se encontraron diferencias altamente significativas entre los bloques (F = 6,06; p = 0,0094), evidenciando una variación espacial entre las repeticiones. El bloque R2 presentó, de manera general, una mayor cantidad de flores. El coeficiente de variación fue de 27,11 %, considerado moderado para una variable de conteo evaluada durante una etapa inicial de

En la segunda semana sí hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos: p=0,0006<0,01 Los bloques no fueron significativos. Por tanto, sí corresponde aplicar Duncan.

En la tercera semana sí hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos: p=0,0003 < 0,01 Los bloques no fueron significativos. Por tanto, sí corresponde aplicar Duncan. En la cuarta semana hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos: p=0,0001<0,01 Los bloques no fueron significativos. Corresponde aplicar Duncan.

En la quinta semana también se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos: p=0,0002<0,01 , los bloques no fueron significativos. Corresponde a Duncan.

Interpretación de Duncan

El T2 presentó el mayor promedio general de flores y conformó de manera exclusiva el grupo A, por lo que fue estadísticamente superior a los demás tratamientos. El testigo ocupó el grupo b; T4 y T3 compartieron el grupo c, mientras que *Trichoderma* presentó el menor promedio y quedó en el grupo d.

Debido a la interacción significativa entre tratamientos y semanas, este Duncan general debe presentarse como una síntesis, mientras que las comparaciones semanales constituyen la interpretación principal.

4.1.5. Efecto de los estimulantes en los frutos

Tabla 14.

Número promedio de frutos por tratamiento durante las cinco semanas de evaluación.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Promedio general
T1	2,75	8,00	23,75	26,50	28,00	**17,80**
T2	0,75	28,25	56,00	51,25	93,25	**45,90**
T3	**2,25**	**22,25**	**15,50**	**12,75**	**70,75**	**24,70**
T4	1,25	11,75	42,75	42,25	61,00	**31,80**
Testigo	**1,00**	**9,00**	**36,75**	**51,75**	**35,50**	**26,80**
Promedio	1,60	15,85	34,95	36,90	57,70	29,40

El tratamiento T2 presentó el mayor promedio general de frutos durante el periodo de evaluación, con 45,90 frutos por parcela, seguido por T4, con promedios de 31,80 frutos. Con valores similares tenemos al Testigo con 26,80 frutos y al T3 con 24,70, siendo diferenciados por el peso promedio que se verán más adelante, por último el tratamiento con menor promedio de número de frutos general, el el T1 correspondiente a la *Trichoderma*, dando 17,80 frutos por parcela.

Tabla 15.

Promedio de frutos por tratamiento durante las cinco semanas de evaluación.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Promedio general
T1	2,75 a	8,00 b	23,75 bc	26,50 bc	28,00 c	17,80 c
T2	0,75 a	28,25 a	56,00 a	51,25 a	93,25 a	45,90 a
T3	2,25 a	22,25 a	15,50 c	12,75 c	70,75 a	24,70 bc
T4	1,25 a	11,75 b	42,75 ab	42,25 ab	61,00 ab	31,80 b
Testigo	1,00 a	9,00 b	36,75 ab	51,75 a	35,50 bc	26,80 bc
C.V. (%)	37,91	24,01	22,06	17,14	16,78	24,27 / 20,37[1]
p-valor ANOVA	0,1911 ns	0,0106 *	0,0178 *	0,0013 **	0,0018 **	0,0014 **

ns: no significativo al 5 % de probabilidad de error; *: significativo al 5 %; **: altamente significativo al 1 %. Medias dentro de una misma columna acompañadas por al menos una letra común no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad. Los datos fueron analizados mediante la transformación √(X + 0,5), pero los promedios se presentan en la escala original.

Fuente: Elaboración propia a partir de los análisis realizados en InfoStat.

Interpretación:

Durante la primera semana no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para el número de frutos (F = 1,81; p = 0,1911). Tampoco se detectaron diferencias entre los bloques (p = 0,5233). El coeficiente de variación fue de 37,91 %, explicado principalmente por la baja cantidad de frutos y la presencia de valores iguales a cero durante el inicio de la fructificación.

En la segunda semana se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (F = 5,33; p = 0,0106), lo que indica que la aplicación de los bioestimulantes produjo respuestas diferentes en el número de frutos. Los bloques no presentaron diferencias significativas. El coeficiente de variación fue de 24,01 %.

Durante la tercera semana se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para el número de frutos (F = 4,58; p = 0,0178). Los bloques no fueron significativos (p = 0,7905), indicando que las diferencias observadas estuvieron asociadas principalmente con los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 22,06 %.

En la cuarta semana se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos (F = 9,14; p = 0,0013). Los bloques no presentaron diferencias significativas. El coeficiente de variación fue de 17,14 %, evidenciando una precisión experimental adecuada.

Durante la quinta semana se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos (F = 8,37; p = 0,0018). Los bloques no mostraron diferencias significativas. El coeficiente de variación fue de 16,78 %, siendo esta la evaluación con la mayor precisión experimental.

Interpretación de Duncan

T2 presentó el mayor promedio general de frutos, con 45,90 frutos por parcela, y conformó el grupo a. T4 registró 31,80 frutos y conformó el grupo b. Testigo y T3 presentaron 26,80 y 24,70, siendo integrados al grupo bc, y el T1 presentó el menor promedio con 17,80 entrando al grupo c

Número promedio del peso de los frutos por tratamiento y repetición

Tratamiento	R1 (g)	R2 (g)	R3 (g)	R4 (g)	Promedio general (g)
T1	217,0	187,3	193,8	198,8	**199,2**
T2	154,1	153,7	167,0	163,4	**159,6**
T3	268,5	265,3	248,8	257,5	**260,0**
T4	206,2	201,2	195,9	197,2	**200,1**
Testigo	171,1	185,0	200,6	188,1	**186,2**

El tratamiento T3 presentó el mayor peso promedio de los frutos (260,0 g), superando ampliamente al resto de tratamientos. Los tratamientos T4 (200,1 g) y T1 (199,2 g) mostraron valores muy similares entre sí, mientras que el Testigo alcanzó un promedio intermedio de 186,2 g. Por su parte, T2 registró el menor peso promedio (159,6 g), lo que indica que, aunque este tratamiento favoreció la producción de un mayor número de frutos en el análisis anterior, los frutos obtenidos fueron de menor peso individual.

Tabla 16.
Análisis de varianza para el peso promedio de los frutos de maracuyá.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	4	21.700,03	5.425,01	**50,11**	**<0,0001**

Bloques	3	59,80	19,93	0,18	0,9051
Error	12	**1.299,13**	**108,26**	—	—
Total	**19**	**23.058,96**	—	—	—

Coeficiente de variación (CV): 5,18 %.

El análisis de valencia realizado logró evidenciar que los tratamientos ejercieron un efecto altamente significativo esto sobre el peso promedio de los frutos de maracuyá ($F = 50,11$; $p < 0,0001$), eso indica que al menos un tratamiento produjo frutos con un peso promedio diferente ya sea menor o mayor al resto lo que demuestra que las aplicaciones de los estimulantes evaluados han influido sobre su desarrollo y llenado de frutos lo que modifica significativamente la producción.

Por otro lado el coeficiente de variación dio como resultado 5,18%, lo cual es considerado un valor bajo para experimentos de temas agronómicos en campo esta evidencia una adecuada precisión experimental y a su vez que existe una buena uniformidad entre las unidades experimentales lo que determina que los resultados obtenidos presentan una alta confiabilidad para revisar las comparaciones estadísticas entre los tratamientos

Tabla 17.
Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para el peso de frutos.

Tratamiento	Promedio (g)	Grupo Duncan
T1	199,23	b
T2	159,55	c
T3	260,03	a
T4	200,13	b
Testigo	186,20	bc

La prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) indicó diferencias estadísticas entre los métodos de tratamiento evaluados. El mayor peso promedio de fruto (260.03 gm) se registró en el tratamiento T3 y se ubicó únicamente en el grupo "a", lo que indica su superioridad sobre los demás tratamientos.

Los tratamientos T4 (200,13 g) y T1 (199,23 g) constituyeron el grupo "b"; No se observaron diferencias significativas entre ellos y mostraron un comportamiento moderado en cuanto a peso de fruto. El grupo "bc" se incluyó como 'control' (grupo controlado) con un peso promedio de 186,20 gramos. Mostró significación estadística tanto con T4 (y *Trichoderma*) como con T2, lo que indica una respuesta moderada.

Finalmente, el peso medio más bajo (159,55 g) se registró en el tratamiento T2 y se ubicó en el grupo "c". Fue significativamente diferente del tratamiento T3 y produjo el fruto más suave entre los métodos evaluados.

Estos resultados indican que, aunque el tratamiento T2 rindió mayor número de frutos en la evaluación anterior, esos frutos tuvieron menor peso. Por otro lado, el método T3 produjo un menor número de frutos pero tuvo mejor desarrollo y madurez de cada fruto, resultando en el mayor peso promedio obtenido en este experimento. Este proceso se refiere a la distribución desigual de nutrientes hacia el fruto; Un menor número de frutos permite ahorrar más biomasa por fruto.

4.1.6. Producción por hectárea según la etapa fisiológica del cultivo

Tabla 18.
Edad y etapa fisiológica del cultivo durante las evaluaciones productivas

Evaluación	Fecha aproximada	Edad de la planta	Etapa fisiológica predominante
Semana 1	24 de junio de 2026	153 días	Inicio de fructificación y cuajado
Semana 2	1 de julio de 2026	160 días	Cuajado y crecimiento inicial de frutos
Semana 3	8 de julio de 2026	167 días	Desarrollo y expansión de frutos
Semana 4	15 de julio de 2026	174 días	Incremento de la carga frutal

Semana 5	22 de julio de 2026	181 días	Producción inicial, con frutos en diferentes estados de desarrollo

Tabla 19.
Carga productiva estimada por hectárea durante las cinco semanas

Tratamiento	Total de registros de cojinetes	Total de registros de flores	Total de registros de frutos	Peso del fruto (g)	Producción equivalente (kg/ha)
T1	3.251	158	356	199,23	**3.935,11**
T2	4.808	739	918	159,55	**8.110,28**
T3	4.257	263	494	260,03	**7.132,09**
T4	4.261	326	636	200,13	**7.036,06**
Testigo	3.330	576	536	186,20	**5.531,63**

La producción inicial estimada del cultivo maracuyá aumento conforme a la etapa fisiología del cultivo donde a los 153 días las plantas se encontraron en un estado de fructificación inicial la cara conjunta alcanzó únicamente 6,76 kg para la extensión del área de trabajo (800 m²) del ensayo posteriormente la formación el crecimiento de los frutos incrementaron de manera progresiva la más estimada hasta alcanzar 220,77 kg a los 181 días equivalente a 2622,26 kg por hectárea

En la última semana de evaluación T2 presentó la mayor producción inicial estimada con **8.110,28** kg por hectárea esto seguido del T3 con **7.132,09** kg por hectárea y T4 con **7.036,06** kg por hectárea, el Testigo registró **5.531,63** kg por hectárea mientras que T1 presentó el menor valor convierte a **3.935,11** kg por hectárea eso correspondiente a la carga de frutos presentados durante inicio de la etapa productiva y no corresponden al rendimiento acumulado de una cosecha anual

Tabla 20.
Costo por hectárea de aplicación de los tratamientos

Tratamiento	Producto aplicado	Dosis	Costo (USD/ha)
T1	*Trichoderma* spp.	2 kg	**35**
T2	Seinema	1 L	**45**
T3	Plex Humi + Seinema	1 L + 1 L	**63**
T4	Alga Forte + Seinema	1 L + 1 L	**70**
T5	Testigo	Sin aplicación	**0**

En la tabla de costos por hectárea de aplicación los tratamientos tenemos que el tratamiento que tuvo mayor costo de aplicación por hectárea fue el tratamiento 4 siendo los productos Alga forte + Seinema costanzo un total de $70 por hectárea después tenemos el tratamiento 3 con Plex Humi + Seinema costando $63 el tratamiento 2 que solo aplicó Seinema costando $45 y el tratamiento 1 que fue la aplicación de *Trichoderma* costando $35

En base a eso podemos terminar el tratamiento como yo beneficio de los aplicados es el tratamiento 2 que tuvo un costo 45 de su aplicación por hectárea, presentó la mayor producción de botones, flores y frutos

4.2. Discusiones

4.2.1. Raíces

Los tratamientos evaluados produjeron diferencias significativas en el desarrollo del sistema radicular de la maracuyá donde el T1(*Trichoderma spp.*) presentó la mayor biomasa radicular, reflejando en el peso fresco 331,45 g, peso seco de 75,38 gramos y una longitud radicular secundarias de 195,93 cm. Los estudios hechos por Navarro et al., (2024) evidencian que el uso de los tricodermas mejoran las condiciones de desarrollo y crecimiento de las variables de diámetro longitud, crecimiento radical, el T4(Alga forte + Seinema)

destacó por la mayor longitud de la raíz principal con 200,50 cm en contraste al T2(Seinema) registrando la menor biomasa radicular y el testigo mostrando el mayor porcentaje de materia seca con 29,41%, donde en conjunto los resultados evidencian que los estimulantes modificaron la arquitectura y el crecimiento radicular favoreciendo diferentes patrones de desarrollo según el tratamiento aplicado.

4.2.2. Tallos

El diámetro del tallo de la planta de maracuyá es una de las variables más relacionadas al vigor vegetativo y del grado de establecimiento del cultivo, debido a que el diámetro del tallo refleja la acumulación de tejidos estructural además de la capacidad de sostener a la planta durante su desarrollo, además, también se encuentra estrechamente relacionado con el funcionamiento sistema vehicular debido a que según la absorción del agua y nutrientes que tenga va a permitir mantener una formación continua de hojas, tallos y las estructura reproductivas. En base a lo anteriormente dicho diversos estudios han señalado que el establecimiento de un sistema regular que esté completamente funcional y una interacción adecuada con microorganismos promotores pueden favorecer variables negativas como lo ya mencionado diámetro del tallo y el vigor de la planta en general (Yan et al., 2021; Carranza et al., 2025).

En base a los datos tomados a los 65 días post-siembra se vieron valores comprendidos entre 0,56 y 0,64 cm de diámetro de tallo donde el análisis de varianza ($p=0,6885$) no se detectó diferencias significativas en el tratamientos de evaluación debido a que en la etapa inicial todavía tienen un crecimiento no tan acelerado, esto indica que durante la etapa inicial las plantas tuvieron un desarrollo similar al tallo.

Pasado los 131 días post-siembra se estimó que el T2(Seinema) y el T3(Plex Humi + Seinema) fueron los que presentaron los mayores promedios de diámetro dando valores de

1,76 y 1,73 cm respectivamente por otro lado los tratamientos T1(Trichoderma spp.) T4(Alga forte + Seinema) y testigo registraron los menores datos siendo 1,55 1,54 y 1,44 efectivamente a pesar de esto el efecto de los tratamientos según el análisis de varianza no fue significativo (p=0,2625), de igual manera el incremento registrado entre las 2 evaluaciones, aunque T2(Seinema) y el T3(Plex Humi + Seinema) mostraron una tendencia numérica superior a los demás tratamientos no se puede afirmar que estos hayan sido superiores engrosamiento del tallo

Evaluando los tratamientos, el T3 (Plex Humi + Seinema) fue el que presentó mayores valores individuales, donde los que más destacaron fueron los diámetros de 2,8 y 2,7 cm en la repetición 2 de igual manera el T2(Seinema) registró varias plantas con diámetros entre 2,0 y 2,5 cm esta respuesta podría ser lesionada a un desarrollo favorable del sistema radicular además de una mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes en dichas unidades experimentales, el estudio de Carranza et al. (2025), indica que la asociación de plántulas de maracuyá con rizobacterias promotoras puede tener una mejora notable con variedades relacionadas al establecimiento, además del vigor vegetal. De manera similar Yan et al. (2021), señala que los microorganismos benéficos llegan a estimular el crecimiento radicular, además de favorecer el desarrollo de la parte aérea sin embargo en la presente investigación ese posible efecto no se presentó de manera significativamente uniforme para producir diferencias estadísticas entre tratamientos

Otro factor relevante que tuvo cierto efecto en el desarrollo o datos del ensayo fue la incidencia de la sombra, debido a que con una menor disponibilidad de radiación se se ve reducida la actividad fotosintética además que disminuye la producción de fotoasimilados destinados al crecimiento estructural como en el tallo mismo, considerando tanto el grosor como la parte visual, de igual manera, el exceso de humedad característico de la época lluviosa puede disminuir también la elongación del suelo esto a su vez afecta la respiración

radicular y elimina la absorción de sus nutrientes, Basso et al. (2020), determinaron que las conexiones de inundación pueden afectar el comportamiento fisiológico de la maracuyá mientras que Campuzano (2023) destacó la importancia de mantener condiciones adecuadas de drenaje y un buen manejo durante el establecimiento del cultivo, en el presente estudio esas condiciones ambientales pudieron también limitar la expresión uniforme del efecto de los bioestimulantes en el desarrollo vegetativo y radicular. Aún así, de manera general los resultados han indicado que los tratamientos 2 y 3 (seinema, Plex Humi + Seinema) mostraron las tendencias más favorables del diámetro del tallo.

4.2.3. Botones

Con los resultados obtenidos del número de brotes transversales por semana, se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos y entre las semanas, añadiendo que hay una interacción por tratamiento-semana que es altamente significativa. Esto nos indica que la respuesta fisiológica de los bioestimulantes no fue de manera constante durante todo el período del ensayo. El T2(Seinma) fue el que alcanzó un mayor promedio general de botones con 240,40 por parcela. Seguido de esto, tenemos el tratamiento T4(Alga forte + Seinema) y T3 (Plex Humi + Seinema). Sin embargo, T3 durante las primeras semanas fue el que destacó más, mientras que T2 demostró una respuesta superior en las últimas evaluaciones tomadas. Por otro lado, la mayor cantidad de botones florales formados fueron observados en el T2. Esto se podría relacionar con un mejor aprovechamiento de agua y nutrientes, esto durante el inicio de la etapa reproductiva.

Los bioestimulantes pueden beneficiar y favorecer la actividad metabólica de la planta, la regulación hormonal, además de optimizar la eficiencia nutricional de la misma. Estos procesos pueden influir directamente en la floración y en la fructificación, Cedeño et al., (2024). Sin embargo, la variación semanal ha demostrado que la formación de los botones ha estado condicionada por el estado fenológico de las plantas, la humedad, la radiación solar,

además de las condiciones particulares de cada repetición y las condiciones en general del ambiente. Por ello, la respuesta no debería atribuirse únicamente al producto aplicado, debido a que la efectividad de los bioestimulantes depende de la composición de estos, de su dosis y de las condiciones ambientales y agronómicas que presente el cultivo, (Canellas et al., 2025).

4.2.4. Flores

En los datos de las flores por tratamiento no se observaron diferencias entre cada uno de ellos y entre las semanas de evaluación, eso demuestra que la respuesta productiva del cultivo cambió en base a cómo fue avanzando su desarrollo, por ejemplo, T2 (Seinema) obtuvo el mayor promedio general de flores con 36,95 flores por parcela, a pesar de que en las primeras semanas su promedio no era tan alto, por otro lado está el Testigo con 28,80, que tenía un promedio elevado general en casi todas las semanas en comparación los tratamientos T3 y T1 registraron promedios menores siendo T1 el tratamiento con menor cantidad de flores

La mayor observación fue entre estas dos, la cual podría estar relacionada con la mejor disponibilidad del agua y nutrientes durante toda la etapa reproductiva, igualmente del efecto de los estimulantes también favoreció la actividad metabólica de la regulación hormonal y la estimulación de nutrientes hacia las estructuras florales, aunque esta respuesta depende del estado fisiológico de la planta y también de las conexiones del medio ambiente (Cedeño et al., 2024). De igual manera todas las variaciones que existieron entre semana pudieron haber sido influidas por la radiación solar, la humedad las condiciones sanitarias de las plantas además las diferencias presentes entre las repeticiones (Canellas et al., 2025).

4.2.5. Frutos

El número de frutos aumentó progresivamente durante las semanas de evaluación, según los resultados tomados, esto evidenció que el avance de cultivo en la parte reproductiva del T2 (Seinema) presentó el mayor tamaño general teniendo como valor 45,90 frutos por parcela,

esto seguido del T4(Alga forte + Seinema) con 31,80, los que generaron números similares fueron el Testigo y el T3(Plex Humi + Seinema) que registraron promedios de frutos medidos 26,80 y 24,70 respectivamente, por último quedó el T1(Trichoderma spp.) con 17,80 frutos por parcelas.

La respuesta de T2 también se relaciona con aprovechamiento de agua y nutrientes además de lo que es la aplicación los tratamientos aún así, los bioestimulantes favorecieron la actividad fisiológica, según los estudios literarios , también la evolución hormonal y movilización de los nutrientes hacia las partes productivas de las plantas, influye directamente en la formación de frutos (Cedeño et al., 2024). No obstante, la cantidad de frutos también fue conocida por el estado sanitario, la prevención de humedad, polinización y las condiciones particulares de cada tratamiento, por lo que esta respuesta se puede mencionar de manera parcial a cada aplicación (Canellas et al., 2025). Algo que también se tiene que destacar es que T3 (Plex Humi + Seinema) a pesar que presentó una menor cantidad de frutos alcanzó un mayor peso promedio individual lo que sugiere que una menor carga frutal puede favorecer el crecimiento, desarrollo y carga o peso de los frutos formados.

En el peso de los frutos, de manera general el T3 presentó el peso promedio más alto, teniendo 260,03 gr de peso promedio, seguido del T4 y T1 con pesos muy cercanos, siendo 200,13 y 199,23 gr respectivamente. El Testigo registró un promedio de 186,20 gr y el menor peso registrado fue el T2 con 159,55 gr. Lo que nos indica el cómo pudo haber tenido respuesta cada tratamiento al bioestimulante. Esto permitió estimar la producción por hectárea en la etapa inicial, destacando al T2, que a pesar de tener el promedio más bajo en pesos, por hectárea tendría una producción aproximada de 8.110,28 kg, seguido del T3 y T4 con 7.132,09 kg/ha y 7.036,06 kg/ha respectivamente, estos 3 tratamientos son los que mejores respuestas han dado, los 2 restantes siento el Testigo y el T1 presentaron los menores pesos teniendo 5.531,63 kg/ha y 3.935,11 kg/ha respectivamente

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Los bioestimulantes aplicados influyeron de manera significativa sobre el vigor vegetativo, el sistema radicular y la etapa productiva del cultivo, durante la etapa inicial del experimento a pesar de que no todas las variables presentaron diferencias estadísticas significativas, las tendencias en los resultados evidencian respuestas particulares a la aplicación de estos tratamientos

El tratamiento 1 promovió el mayor desarrollo del sistema radicular, registrando el mayor peso fresco (331,45 g) y peso seco de raíces (75,35 g), además de haber tenido un número óptimo de ramificaciones (6,75) y un buen estado fitosanitario estos resultados han indicado que la colación del tricoderma favoreció principalmente el crecimiento y sistema radicular constituyendo también una alternativa para fortalecer el establecimiento de ese cultivo a pesar de eso, presentó la menor producción por ha, siendo 3.935,11 kg/ha.

El tratamiento 2 presentó el mejor comportamiento reproductivo al haber registrado el mayor número promedio de botones florales (240,40), flores (36,95) b y frutos (45,90) durante el periodo de evaluación, además había tenido el mayor la mayor producción inicial por hectárea siendo 8.110,28 kg/ha, esto evidenciando que dicho tratamiento favoreció el desarrollo productivo de las plantas durante los primeros seis meses de cultivo a pesar de tener como peso promedio 159,55 g, tuvo un conteo total de 918 frutos.

El T3 obtuvo el mayor peso promedio individual de los frutos siendo 260,03 g el promedio demostrando que fue el más favorecido en el incremento del tamaño y peso de cada uno de los frutos sin representar necesariamente la mayor producción total, con una producción estimada de 7.132,09 kg/ha en la etapa inicial.

El T4 no se queda atrás con una producción por hectárea estimada de 7.036,06 kg/ha, debido que a pesar de tener un menor peso promedio (200,03 g) en comparación al T3 (260,03 g), tuvo un registro total de frutos de 636 contra 494 del T3, lo que lo posicionó tan cerca de este último en la producción.

La estimación de producción inicial permitió proyectar el comportamiento de cultivo durante su fase temprana de fortificación y evidenciando que a los 6 meses de edad estas plantas aún se encontraban en un proceso de incremento de cara productiva por esto los valores estimados van a representar únicamente la presión inicial y no el rendimiento potencial total del cultivo que se puede alcanzar durante su ciclo completo de producción en la etapa pico de producción

5.2. Recomendaciones

Se recomienda interpretar el diámetro del tallo como un indicador complementario del establecimiento, junto con la arquitectura radicular, la biomasa, el estado sanitario y la respuesta reproductiva de las plantas.

Se recomienda realizar evaluaciones regulares durante el ciclo completo de producción de cultivo de maracuyá, esto debido a que al incorporar varias cosechas consecutivas se va a poder determinar con una mayor precisión el efecto sobre el rendimiento por hectárea de cada tratamiento.

Se recomienda mantener condiciones homogéneas de manejo entre las unidades experimentales para con esto evitar problemas de sombra, resiembras y pérdidas de plantas con el fin de reducir o evitar la variabilidad experimental y mejorar aún más la precisión de los análisis estadísticos realizados.

Sé recomienda complementar esta información con futuras investigaciones para poder realizar un mejor resultado sobre esos tratamientos, eso con variables como calidad de fruto, contenido de sólidos solubles, espesor de cáscara, porcentaje de pulpa, además de vida poscosecha, para determinar el efecto de los estimulantes sobre los atributos comerciales de los frutos.

Promover la utilización de bioestimulantes para favorecer el desarrollo de la planta durante la etapa de establecimiento, especialmente en zonas con características climáticas similares a la del trópico húmedo como lo es Santo Domingo de los Tsáchilas, parroquia Luz de América.

Bibliografía

Avgust. (2022). *ALGAFORT*. productos AVGUST. https://avgust.com.ec/productos/algaforte/

Basso, C., Rodríguez, G., Rivero, G., León, R., Barrios, M., & Díaz, G. (2020). Response of ellow passion fruit (Passiflora edulis Sims) under flooding conditions. *under flooding conditions. Bioagro*, *31*(3), 185-192. https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2650

Campuzano, F. R. (2023). *Manejo agronómico en el cultivo de maracuyá (Passifloraedulis) en el Ecuador (Tesis de grado). Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.* http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13843

Canellas, L. P., Canellas, N. A., Martinez, B. D., Silva, R. M., Rosa, R. C., & Olivares, F. L. (2025). arm-Produced Plant Biostimulant: Case Study with Passion Fruit. *Agronomy*, *15*(03), 681. http://mdpi.com/2073-4395/15/3/681

Carranza, P., Pérez, Y., Reyes, J., Coello, W., & Espinoza, M. (2025). ubstrates and Growth-Promoting Rhizobacteria in the Germination and Nursery Establishment of

Passiflora edulis Sims (Passion Fruit). *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, *43*. https://doi.org/10.28940/terralatinoamericana.v43i.2146

Cedeño, E., Dilas, J., & Carrillo, M. (2024). Cambios de algunas propiedades químicas en tres suelos salinos, tratados con cinco enmiendas cálcicas. *Agronomía Costarricense*, *48*(1), 111-123. https://archivo.revistas.ucr.ac.cr//index.php/agrocost/article/view/59139

Chen, S., Mao, x., & Shang, S. (2022). Response and contribution of shallow groundwater to soil water/salt budget and crop growth in layered soils. *Agricultural Water Management*, *266*(107574). https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107574

Daniel, K., & Hartman, S. (2024). How plant roots respond to waterlogging. *Exp Bot*, *75*(2), 511-525. 10.1093/jxb/erad332. PMID: 37610936.

Edifarm. (2022). *Seinema ficha tecnica*. https://gestion.edifarm.com.ec/edifarm_quickagro/pdfs/productos/SEINEMA-20201204-100543.pdf

Freitas, C. A., Costa, C. A., Bezerra, F. M., Montenegro, A. A., & Teixeira, A. S. (2009). Root system of passion fruit plant irrigated submitted at different potassium levels. *Scientia Agraria*, *10*(3), 245-252. https://doi.org/10.5380/rsa.v10i3.14527

González, M. P., Conesa, C. M., Gonzáles, V., Simancas, B., Navarro, S., Salas, I., Caro, E., Castrillo, G., & Del Pozo, J. C. (2023). Temperature changes in the root ecosystem affect plant functionality. *Plant Communications*, *4*(3), 100514. https://doi.org/10.1016/j.xplc.2022.100514

Guanoluisa, E. (2024). *Producción del cultivo de maracuyá (Passiflora edulis) en el Ecuador*. https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/15962/E-UTB-FACIAG-AGRON-000107.pdf?sequence=1

Karamvir, Sanjeev, & Bikramaditya. (2025). Influence of Soil pH on Nutrient Availability and Plant Growth. *Journal of Science Innovations and Nature of Earth*, *5*(1), 105-108. 10.59436/jsiane.v5i1.29.2583-2093

Khoulati, A., Ouahhoud, S., & Taibi, M. (2025). Harnessing biostimulants for sustainable agriculture: innovations, challenges, and future prospects. *Discover Agriculture*, *3*(56). https://doi.org/10.1007/s44279-025-00177-9

Koppert. (2022). *Trianum-P | Especificaciones del producto*. Koppert Ecuador. https://www.koppert.ec/trianum-p/

Lal, R. (2025). Materia orgánica del suelo: el corazón de la salud del suelo. *Revista de conservación del suelo y el agua*, *80*(4), 320-326. https://doi.org/10.1080/00224561.2025.2572280

Loeza, P., Jiménez, R., & Santoyo, G. (2024). The Effect of Biostimulants on Horticultural Crops. *Horticulturae*, *10*(10), 1086. https://doi.org/10.3390/horticulturae10101086

Lynch, J. P. (2022). Harnessing root architecture to address global challenges. *The Plant Journal*, *109*(2), 415-431. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/tpj.15560

MAG. (2024). *Boletín situacional del maracuyá*. https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/maracuya/boletines-situacionales-maracuya-ecuador

Navarro, Y., Sulbarán, J., Chacón, H., Arias, K., & Ramírez, B. (2024). Evaluación del efecto del hongo *Trichoderma* asperellum como bioestimulante de crecimiento en plantas de parchita (Passiflora edulis var. flavicarpa) en vivero. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, *6*(11), 112-125. https://www.difusioncientifica.info/index.php/difusioncientifica

Pulido, M., Petersen, S. O., & Munkholm, L. J. (2022). Soil compaction raises nitrous oxide emissions in managed agroecosystems. *Agron. Sustain*, *42*(38). https://doi.org/10.1007/s13593-022-00773-9

Quito, L., & García, H. (2021). valuación productiva y económica en laProducción de maracuyá, zona Vega Rivera, El Oro. *evista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, *30*(2). https://revistas.unah.edu.cu/index.php/rcta/article/view/1411

Rabhi, M. L., Derbak, L., Bendif, H., Boufahja, F., Abu-Elsaoud, A. M., & Garzoli, S. (2025). Seaweed-derived biostimulants for sustainable crop production. *Journal of Biotechnology*, *408*, 201-2016. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2025.09.013

Wendel, A. S., Bauke,, S., & Amelung, W. (2022). Root-rhizosphere-soil interactions in biopores. *Plant and Soil*, *475*, 253-277. https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-022-05406-4

Yan, C., Rizwan, H. M., Liang, D., Reichelt, M., Mithöfer, A., Scholz, S. S., Oelmüller, R. S., & Chen, F. (2021). *The effect of the root-colonizing Piriformospora indica on passion fruit (Passiflora edulis) development: Initial defense shifts to fitness benefits and higher fruit quality*. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129671

Yin, J., Yuan, X., Bernie, A., Engel, Yi, J., Cao, X., Sun, S., En, H., & Wang, Y. (2026). Improved yield-salinity relationship considering salt and root distribution dynamics. *European Journal of Agronomy*, *108*(128234). https://doi.org/10.1016/j.eja.2026.128234