



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Efecto de dos tratamientos biológicos preventivos, contra *Ralstonia solanacearum* en cultivo de tomate Comarca las Cuevas, Estelí, 2025

Arévalo, R; Centeno, M; García, Y.

Tutor

PhD, Luis Heberto Olivas Lira

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

**Centro Universitario Regional de Estelí
CUR-Estelí**

Recinto Universitario “Leonel Rugama Rugama”

Departamento de Ciencias Tecnológicas y Salud

**Efecto de dos tratamientos biológicos preventivos, contra
Ralstonia solanacearum en cultivo de tomate Comarca las
Cuevas, Estelí, 2025**

Trabajo de investigación para optar al grado de
Ingeniero Agrónomo

Autores

Rubén Alberto Arévalo Sánchez

Marlon Josué Centeno Betanco

Yakin Joel García Cerro

Tutor

PhD: Luis Heberto Olivas Lira

Estelí, 10 diciembre de 2025



Dedicatoria

Esta tesis es producto de nuestro arduo esfuerzo, gracias a nuestros conocimientos habilidades y destrezas, adquiridos a lo largo de nuestra carrera, la cual ha sido elaborada con mucho empeño, entrega y dedicación para aquellas personas que nos han guiado por el camino del aprendizaje y la enseñanza, esperando siempre poner en práctica todos los conocimientos que nos han transmitido en el transcurso de nuestra preparación y formación profesional

A Dios, nuestro Señor supremo que nos ha dado el don de la vida y nos ha proporcionado sabiduría, fortaleza y tolerancia a lo largo de nuestra vida siendo el único pilar fundamental para nuestra formación integral y espiritual.

A nuestros padres que nos han motivado para seguir adelante para llegar a ser alguien importante en esta vida y de esta forma salir adelante con nuestra frente muy en alto, gracias a su apoyo incondicional tanto en lo espiritual, social y económico, ya que ellos han sido quien nos han impulsado para lograr esta meta con amor, cariño y su entrega incondicional.

Agradecimiento

Agradecemos grandemente a Dios señor y dador de la vida por la sabiduría que nos ha brindado, para poder asimilar los conocimientos que hemos adquirido en el transcurso de nuestra preparación profesional. A nuestros familiares que de una u otra forma siempre han estado a nuestro lado, agradecemos de manera especial al Doctor Luis Heberto Olivas Lira por su apoyo incondicional y entrega como pilar fundamental en la culminación de nuestra carrera y a todos los docentes, que nos han venido enriqueciendo con sus conocimientos a lo largo de nuestra formación profesional.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

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

CARTA AVAL DEL TUTOR

Estelí, 10 de diciembre de 2025

Por medio de la presente, en calidad de tutor(a) del trabajo de modalidad de graduación titulado: Efecto de dos tratamientos biológicos preventivos, contra *Ralstonia solanacearum* en cultivo de tomate Comarca las Cuevas, Estelí, 2025 , elaborado por lo estudiante(s):

| | |
|--------------------------------|------------|
| Rubén Alberto Arévalo Sánchez, | 21-50919-0 |
| Marlon Josué Centeno Betanco, | 21-50824-4 |
| Yakin Joel García Cerro, | 14-12031-8 |

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

Atentamente,

Luis Heberto Olivas Lira
Orcid: 0009-0008-6042-2308
UNAN-Managua/CUR-Estelí

CC/

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!
Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENATREL, Tel 27137734, Ext 7424
dceh.curesteli@unan.edu.ni

Resumen

La marchitez bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum*, continúa siendo una de las enfermedades uno de los principales problemas que afectan el desarrollo y la sanidad de los cultivos hortícolas en sus primeras etapas; por esta razón , esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto preventivo de dos tratamientos biológicos Trichomax y Futron, tanto en el crecimiento inicial del cultivo como en la reducción de la severidad e incidencia de la enfermedad, en comparación con un testigo sin tratamiento. Para lograr este propósito, se utilizó un diseño Bloque Completamente al Azar con tres tratamientos y tres repeticiones, midiendo semanalmente la altura y el diámetro del tallo, así como la severidad y el número de plantas afectadas durante los primeros 30 días después del trasplante. Los resultados revelaron que ambos productos estimularon el desarrollo vegetativo, sobresaliendo el Trichomax por presentar las mayores alturas y diámetros del tallo, mientras que Trichomax y Futron lograron disminuir significativamente la presencia y el avance de la marchitez bacteriana a partir de la semana tres, en contraste con el testigo que registró la mayor afectación. Se concluye que los tratamientos evaluados Trichomax y Futron generaron efectos positivos tanto en el crecimiento como en la sanidad del cultivo, lo que permite confirmar la hipótesis planteada y resalta la importancia de utilizar alternativas biológicas como parte del manejo preventivo frente a *Ralstonia solanacearum*.

Palabras clave: *Ralstonia solanacearum*; biocontrol; marchitez bacteriana; Trichomax; Futron; manejo preventivo.

Abstract

Bacterial wilt, caused by *Ralstonia solanacearum*, continues to be one of the main diseases affecting the development and health of horticultural crops in their early stages. For this reason, this research aimed to evaluate the preventive effect of two biological treatments, Trichomax and Futron, both on initial crop growth and on reducing the severity and incidence of the disease, compared to an untreated control. To achieve this purpose, a completely randomized block design with three treatments and three replicates was used, measuring weekly the height and diameter of the stem, as well as the severity and number of affected plants during the first 30 days after transplanting. The results revealed that both products stimulated vegetative development, with Trichomax standing out for presenting the highest stem heights and diameters, while Trichomax and Futron significantly reduced the presence and progression of bacterial wilting from week three onwards, in contrast to the control, which recorded the highest incidence. It is concluded that the evaluated treatments Trichomax and Futron generated positive effects on both the growth and health of the crop, confirming the hypothesis and highlighting the importance of using biological alternatives as part of preventive management against *Ralstonia solanacearum*.

Keywords: *Ralstonia solanacearum*; biocontrol; bacterial wilt; Trichomax; Futron; preventive management.

Índice

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | Introducción | 1 |
| 2 | Antecedentes | 3 |
| 2.1 | Antecedentes Internacionales..... | 3 |
| 2.2 | Antecedentes nacionales | 4 |
| 3 | Planteamiento del problema..... | 5 |
| 4 | Justificación | 6 |
| 5 | Objetivos de investigación | 7 |
| 5.1 | Objetivo General..... | 7 |
| 5.2 | Objetivos específicos | 7 |
| 6. | Limitaciones del estudio | 8 |
| 7. | Hipótesis | 9 |
| 9. | Marco Teórico..... | 12 |
| 9.1. | Definiciones básicas..... | 12 |
| 9.2. | Generalidades del tomate..... | 13 |
| 9.2.1. | Clasificación taxonómica del tomate..... | 13 |
| 9.2.2. | Requerimientos del cultivo | 14 |
| 9.2.3. | Variedades..... | 14 |
| 9.2.4. | Preparación del suelo | 15 |
| 9.2.5. | Riego..... | 15 |
| 9.2.6. | Trasplante..... | 15 |
| 9.2.7. | Fertilización | 15 |
| 9.3 | Prácticas Culturales..... | 16 |
| 9.3.1. | Control de Malezas | 16 |
| 9.3.2 | Las malezas pueden ser combatidas de la siguiente manera..... | 17 |
| 9.4 | Plagas | 17 |
| 9.4.1 | Plagas del follaje..... | 17 |

| | | |
|-------|---|----|
| 9.4.2 | Manejo Integrado de Plagas..... | 18 |
| 9.4.3 | Control Biológico | 18 |
| 9.4.4 | Control Químico | 18 |
| 9.5 | Enfermedades más comunes en el cultivo de tomate..... | 19 |
| 9.5.1 | Control | 19 |
| 9.5.2 | Virosis en tomate..... | 20 |
| 9.6.1 | Manejo de <i>Ralstonia solanacearum</i> | 21 |
| 10. | Diseño metodológico | 23 |
| 10.1. | Tipo de investigación | 23 |
| 9.2. | Población y selección de la muestra | 28 |
| 10.3. | Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos..... | 29 |
| 10.4. | Confiableidad y validez de los instrumentos | 29 |
| 10.5. | Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de datos | 29 |
| 11. | Análisis y discusión de resultados | 30 |
| 12. | Conclusiones | 39 |
| 13. | Recomendaciones..... | 40 |
| 14. | Referencias..... | 41 |
| 15. | Anexos A..... | 45 |
| 15.1. | Anexos B..... | 51 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Operacionalización de variables | 11 |
| Tabla 2 Clasificación taxonómica del tomate | 14 |
| Tabla 3 taxonomía de <i>Ralstonia solanacearum</i> | 20 |
| Tabla 4 Técnicas, instrumentos para recopilación de datos | 28 |
| Tabla 5 Altura de la planta (cm) semana 1..... | 45 |
| Tabla 6 Altura de la planta (cm) semana 2..... | 45 |
| Tabla 7 Altura de la planta (cm) semana 3..... | 46 |
| Tabla 8 Altura de la planta (cm) semana 4..... | 46 |
| Tabla 9 Diámetro del tallo (mm) semana 1..... | 47 |
| Tabla 10 Diámetro del tallo (mm) semana 2..... | 47 |
| Tabla 11 Diámetro del tallo (mm) semana 3..... | 48 |
| Tabla 12 Diámetro del tallo (mm) semana 4..... | 48 |
| Tabla 13 Plantas enfermas semana 3 | 49 |
| Tabla 14 Plantas enfermas semana 4 | 49 |
| Tabla 15 Índice de severidad (0-5)..... | 50 |

Índice de gráficos

| | | |
|----------------|--|----|
| Ilustración 1 | Altura de la planta en cm semana 1 | 30 |
| Ilustración 2 | altura de la planta en cm semana 2 | 31 |
| Ilustración 3 | Altura de la planta en cm semana 3 | 31 |
| Ilustración 4 | Altura de la planta en cm semana 4 | 32 |
| Ilustración 5 | Altura de la planta en cm por semana | 33 |
| Ilustración 6 | Diámetro del tallo en mm semana 1 | 33 |
| Ilustración 7 | Diámetro del tallo (mm) semana 2 | 34 |
| Ilustración 8 | Diámetro del tallo (mm) semana 3 | 34 |
| Ilustración 9 | Diámetro del tallo(mm) semana 4 | 35 |
| Ilustración 10 | Diámetro del tallo (mm) por semana | 35 |
| Ilustración 11 | Plantas enfermas semana 3 | 36 |
| Ilustración 12 | Plantas enfermas semana 4 | 37 |
| Ilustración 13 | índice de severidad (0-5)..... | 37 |

1 Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum L.*) se reconoce como una de las hortalizas de mayor relevancia, tanto en el consumo directo o procesado, así como en la economía a nivel mundial. Su fruto constituye una valiosa fuente de elementos nutritivos, entre los que sobresalen el licopeno, β -caroteno, flavonoides y vitamina C y derivados del ácido hidroxicinámico. A partir de que se descubrió que posee efectos antioxidantes y propiedades protectoras frente al cáncer, el interés por la producción y estudio del tomate ha experimentado un notable incremento. (Ferreira y Carvalho, 2017). La producción de tomate como un negocio agrícola es una fuente importante de sustento en muchas regiones del mundo, y ofrece un gran potencial para generar empleo (Medina, 2020).

El tomate se cultiva en Nicaragua desde los años 1940, iniciándose en el municipio de Tisma, departamento de Masaya, posteriormente fue distribuido al resto del país, el tomate en Nicaragua ocupa uno de los primeros lugares en consumo y comercialización entre las hortalizas; los rendimientos varían en un rango de 12 a 18 t ha⁻¹, cultivándose anualmente de 2000 a 2500 ha (Vidal; et al., 2020).

El cultivo del tomate puede verse afectado por una amplia variedad de plagas, tanto insectos como otros organismos que pueden reducir el rendimiento, tales como son mosca blanca (*Bemisia tabaci*), minador de la hoja (*Liriomyza spp*), trips, chiches entre otros); debido a estas plagas la planta se ve propensa a contraer diferentes tipos de enfermedades virales y bacterianas.

La marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum* E.F. Smith) se reconoce como una de las fitopatologías de mayor efecto económico a nivel mundial en el cultivo del tomate. Para el Programa de Hortalizas CENTA (Centro de Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal), cerca del 80% de las pérdidas en la producción y calidad del fruto, se atribuyen a afectaciones bacterianas y dentro de ellas el 60% corresponde a los daños provocados por la *Ralstonia solanacearum*. En Nicaragua las afectaciones por marchitez bacteriana en el cultivo de tomate es una de las principales causas de disminución en los rendimientos (López y Matey, 2022).

Por consiguiente, el presente estudio se llevó a cabo con el propósito fundamental de generar información acerca de la factibilidad del uso de dos tratamientos biológicos, para la prevención de la marchites bacteriana (*Ralstonia solanacearum*)

Este documento posee, Introducción, antecedentes, Planteamiento del problema, Justificación, objetivos, hipótesis, limitaciones Marco teórico, hipótesis. Diseño metodológico, análisis y discusión de resultados, conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.

2 Antecedentes

2.1 Antecedentes Internacionales

En el estudio realizado por (López-Nieto et al., 2020) titulado Manejo fitosanitario de la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum* E.F. Smith) es, comprobar la eficacia de tratamientos físicos, biológicos, químicos Al momento de establecer el diseño se estableció completamente al azar con nueve tratamientos y diez repeticiones. Como principal resultado la marchitez bacteriana es una enfermedad de ciclo simple. El manejo fitosanitario aplicado al suelo y al follaje demostraron efectos positivos. La conclusión central señala que las prácticas fitosanitarias (ceniza, solarización, bocashi, *Trichoderma harzianum*, hipoclorito de sodio al 0.25% y ácido salicílico) utilizadas en el suelo y follaje, presenta una eficacia similar a los antibióticos en el control de la marchitez bacteriana del tomate.

En el estudio realizado por (Valdez, 2016), titulado Bacterias antagonistas para el control biológico de *Ralstonia solanacearum* en tomate, se planteó como objetivo obtener bacterias con potencial antagonista contra *Ralstonia solanacearum*. Se empleó un diseño completamente al azar con 13 tratamientos (10 bacterias antagonistas y 2 testigos) y cinco repeticiones por tratamiento, utilizando plántulas de tomate sembradas con sustrato esterilizado, las bacterias se aislaron de composta de estiércol mediante diluciones. Como resultado, se identificaron 13 cepas bacterianas, Se concluye que la composta de estiércol es una alternativa para el control biológico en el cultivo del tomate.

En el estudio realizado por (Hernández et al., 2005), titulado “Invasión de *Ralstonia solanacearum* en tejidos de tallos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)”, se investigó la forma de invasión de esta bacteria en el tejido conductor del tomate mediante microscopía óptica y electrónica. Se utilizaron 18 plantas, sembradas en mezcla de arena y tierra estéril, inoculadas con una suspensión bacteriana (10^9 cel/ml) aplicada al suelo. A los 8 y 12 días post-inoculación se recolectaron muestras de tallos para análisis microscópico. Los síntomas aparecieron desde el quinto día, iniciando con amarillamiento de hojas inferiores y progresando a marchitez total, mientras que las plantas testigo no presentaron síntomas. Se concluyó que *Ralstonia solanacearum* invade principalmente los vasos de la xilema, también afecta células parenquimáticas y floemáticas.

De acuerdo con un estudio realizado en Venezuela por (García et al., 1999) titulado Marchitez bacteriana del tomate causada por el biovar 2A de *Ralstonia solanacearum*, se tuvo como objetivo determinar la etiología y distribución de la enfermedad conocida como “dormidera”. Se recolectaron muestras de plantas, y se procedió al aislamiento del patógeno mediante siembras en medio de cultivo Kelman, siguiendo procedimientos de desinfección y maceración del tejido vegetal. Las colonias bacterianas fueron caracterizadas a través de pruebas morfológicas, fisiológicas y bioquímicas conforme a la metodología de Schaad (1988).

Los resultados indicaron que el biovar 2A, fue identificado como agente causal de la enfermedad en tomate. En conclusión, el biovar 2A de *R. solanacearum* se ha establecido como un patógeno endémico en las zonas productoras de tomate del estado Mérida.

2.2 Antecedentes nacionales

En el estudio realizado por (López y Matey, 2022), titulado Tolerancia de seis cultivares de tomate a *Ralstonia solanacearum*, se planteó la tolerancia de diferentes cultivares de tomate a la marchitez bacteriana, en el Centro experimental el plantel, Masaya. Se evaluaron seis cultivares bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con 240 plantas...Los estudios previos nos indican que *Ralstonia solanacearum* es el principal causante de pérdidas en la producción de tomate, Los resultados sugieren que alternativas sostenibles como *Trichoderma harzianum*, bocashi o bacterias antagonistas son viables.

3 Planteamiento del problema

La producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) es una actividad agrícola que tiene un gran peso económico y social en la región de Estelí, Nicaragua. Sin embargo, este cultivo enfrenta serios desafíos debido a diversas enfermedades, siendo la marchitez bacteriana provocada por *Ralstonia solanacearum* una de las más agresivas y difíciles de manejar. Esta enfermedad es especialmente devastadora para el cultivo de tomate, sobre todo en áreas tropicales y subtropicales, donde puede causar pérdidas económicas significativas.

Ante esta problemática, se evaluó y comparo la eficacia de los tratamientos preventivos, biológicos, para reducir el impacto de *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate. Esto permitió ofrecer alternativas sostenibles y efectivas que se adapten a las necesidades de los productores locales. Esta investigación tiene el potencial de generar información técnica confiable que guíe futuras decisiones agronómicas, contribuya a la sanidad vegetal del cultivo y promueva un uso más racional de los insumos agrícolas, beneficiando tanto la economía como el medio ambiente.

Por estas razones, surge la pregunta: ¿Cuál es el efecto de los tratamientos preventivos, biológicos, en el control de *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate?

4 Justificación

Esta investigación es importante porque aborda el impacto económico y productivo de la marchitez bacteriana provocada por *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de tomate, un sector clave para la seguridad alimentaria y la economía agrícola en la región de Estelí, Nicaragua. La agresividad de esta enfermedad y su creciente presencia en áreas productoras hacen evidente la necesidad de explorar alternativas de manejo efectivas.

Desde una perspectiva práctica, este estudio tiene el potencial de generar información local actualizada sobre la eficacia comparativa de tratamientos preventivos, biológicos. Esto es crucial para que los agricultores puedan tomar decisiones más informadas, reducir pérdidas en el campo y optimizar el uso de insumos agrícolas. Además, los hallazgos pueden ser aplicables en condiciones agroecológicas similares, beneficiando a otros productores de la región.

La importancia social de esta investigación se debe a que el tomate es un cultivo de gran consumo a nivel nacional y una fuente de ingresos para muchas familias productoras. Contribuir a un manejo eficiente de una enfermedad tan devastadora no solo mejora la productividad, sino que también refuerza la estabilidad económica de comunidades agrícolas vulnerables.

En términos de aportes teóricos, el estudio enriquece nuestro entendimiento sobre el comportamiento de *Ralstonia solanacearum* bajo diferentes enfoques de manejo preventivo, permitiendo comparar la efectividad de tratamientos en condiciones reales de campo. Finalmente, en el ámbito metodológico, esta investigación presenta un diseño comparativo que puede servir como referencia para futuros estudios sobre el manejo integrado de enfermedades en cultivos de hortalizas.

5 Objetivos de investigación

5.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de tratamientos biológicos preventivos, contra *Ralstonia solanacearum* en los primeros 30 días después del trasplante de tomate, Comarca las Cuevas, Estelí, 2025

5.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de diferentes tratamientos biológicos preventivos sobre la incidencia de *Ralstonia solanacearum* en plantas de tomate tras el trasplante.

Determinar la severidad de la marchitez bacteriana y su relación con los tratamientos biológicos durante los primeros 30 días de crecimiento.

Analizar el efecto de los tratamientos biológicos sobre el desarrollo vegetativo de las plantas, considerando altura y diámetro del tallo.

6. Limitaciones del estudio

En la presente investigación se presentaron las siguientes limitaciones del estudio.

Las limitaciones que se presentaron durante de la realización del presente estudio fue el Cambio de tema, lo cual retrasó el avance de la primera fase del protocolo, provocando cambios en el establecimiento del ensayo de campo.

La mala administración del tiempo demoró la elaboración del documento, ya que todos laboramos en distintos horarios.

Dificultad para la elaboración de los antecedentes, debido a la falta de información relacionada al tema de estudio.

7. Hipótesis

H₀ (nula):

Los tratamientos biológicos preventivos no afectan significativamente la incidencia, severidad ni el crecimiento inicial del tomate en condiciones de riesgo de infección por *Ralstonia solanacearum*.

Hipótesis alternativa (H₁):

Al menos uno de los tratamientos biológicos preventivos reduce significativamente la incidencia y severidad de la marchitez bacteriana y mejora el crecimiento inicial del tomate bajo riesgo de infección por *Ralstonia solanacearum*.

Hipótesis (Estadística):

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Hipótesis (Estadística):

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

8. Operacionalización de Variables

| Objetivo Específico | Variable | Definición Conceptual | Definición Operacional | Indicador | Instrumento |
|---|---|--|--|---|---|
| Evaluar el efecto de diferentes tratamientos biológicos preventivos sobre la incidencia de <i>Ralstonia solanacearum</i> en plantas de tomate tras el trasplante. | Incidencia de <i>Ralstonia solanacearum</i> | Proporción de plantas que presentan síntomas de marchitez bacteriana en un grupo determinado. | Número de plantas con síntomas de marchitez bacteriana dividido entre el total de plantas evaluadas por tratamiento. | % de plantas afectadas por tratamiento. | Observación directa y registro en hoja de campo. |
| Determinar la severidad de la marchitez bacteriana y su relación con los tratamientos biológicos durante los primeros 30 días de crecimiento. | Severidad de la marchitez bacteriana | Grado de daño o afectación de las plantas por la bacteria, considerando la extensión y desarrollo de los síntomas. | Escala de 0 a 5 donde 0 = sin síntomas, 5 = planta completamente marchita. | Puntaje de severidad por planta y promedio por tratamiento. | Escala visual de severidad y hoja de campo. |
| Analizar el efecto de los tratamientos biológicos sobre el desarrollo vegetativo de las plantas, considerando altura y diámetro del tallo. | Crecimiento vegetativo | Desarrollo físico de la planta medido en altura y diámetro del tallo. | Altura de la planta (cm) y diámetro del tallo (mm) medidos en cada planta durante el período experimental. | Altura promedio y diámetro promedio por tratamiento. | Cinta métrica para altura y vernier o pie de rey para diámetro del tallo, registrando en hoja de campo o base de datos. |

9. Marco Teórico

9.1. Definiciones básicas

Ralstonia solanacearum

Ralstonia solanacearum es una bacteria fitopatógena que provoca marchitez bacteriana en más de 200 especies vegetales, incluyendo cultivos económicamente importantes como el tomate (López y Matey, 2022).

Marchitamiento bacteriano

El marchitamiento bacteriano es una enfermedad causada por *R. solanacearum*, caracterizada por la obstrucción de los vasos xilemáticos, lo que impide el flujo de agua y causa la muerte de la planta (Medina, 2020).

Tratamientos preventivos en fitopatología

Los tratamientos preventivos consisten en prácticas orientadas a evitar la aparición o el desarrollo de enfermedades mediante la aplicación anticipada de agentes biológicos (López-Nieto et al., 2020, p. 63)

Control biológico

“El control biológico se basa en el uso de organismos vivos o sus productos para inhibir o antagonizar el desarrollo de fitopatógenos en las plantas” (López y Matey , 2022)

Incidencia de la enfermedad

“La incidencia se refiere al número o proporción de plantas afectadas por una enfermedad dentro de una población evaluada” (Medina, 2020)

Severidad de la enfermedad

“La severidad mide el grado de daño o síntomas que presenta una planta afectada, generalmente expresada en porcentajes o escalas visuales” (Castillo Martínez, et al., 2019)

i. Eficacia del tratamiento

“La eficacia de un tratamiento fitosanitario se determina mediante la comparación estadística de la reducción en incidencia o severidad en relación con un control sin tratamiento” (López-Nieto et al., 2020)

9.2. Generalidades del tomate

El tomate es la hortaliza más extendida a nivel global y la de mayor relevancia económica, su demanda se ve incrementada de manera constante, lo que impulsa la siembra, producción y comercialización. El crecimiento anual de la producción en los últimos años responde principalmente a los aumentos en los rendimientos y en menor medida a la expansión del área cultivada.

Morfología y taxonomía del cultivo de tomate Raíz: fibrosa con profundidad de 45 - 60 cm.

Tallo: con brotes laterales y hábitos de crecimiento Indeterminado de guía perenne.
Determinado arbusto

Hojas: compuestas cubiertas de pelos glandulosos. Flor: de color amarillo brillante, con un mecanismo de autofecundación.

Fruto: es una baya. Según la variedad puede tener forma esférica, alargada o periforme, con pesos aproximados de 80 a 300 g.

Semilla: aplanadas, amarillentas, de forma lentisilar, con dimensiones de 3 x 2 x 1 mm (INATEC, 2018, p. 57).

9.2.1. Clasificación taxonómica del tomate

El tomate forma parte del grupo botánico de la Solanácea, conocido en la ciencia como *Solanum lycopersicum*.

Tabla 1 Clasificación taxonómica del tomate

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Familia | Solanaceae |
| Género | <i>Solanum</i> |
| Especie | <i>S. lycopersicum</i> |
| Nombre científico | <i>lycopersicum Solanum</i> |
| Nombre común | <i>Tomate, jitomate</i> |

9.2.2. Requerimientos del cultivo

El tomate es una planta que no depende tanto del fotoperíodo, necesitando entre 8 y 16 horas diarias.

Temperatura: Las temperaturas óptimas diurnas se encuentran entre los 26 °C y los 29 °C y las nocturnas entre los 15 °C y 18 °C.

Los rangos superiores a los 30 °C ocasionan problemas de fructificación, mientras que temperaturas inferiores a los 14 °C provocan problemas de crecimiento y buen desarrollo.

Humedad relativa: La humedad relativa del aire para garantizar el buen desarrollo del cultivo se encuentra entre los 70% y 80%, valores superiores propician problemas con patógenos, especialmente en el follaje.

Para el cultivo de tomate, es indispensable elegir suelos de buen drenaje con pH entre los 6,0 y los 6,8, debido a que niveles inferiores impiden la disponibilidad de nutrientes como el calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg) y molibdeno (Mo). (Quirós Campos, 2022, p. 8)

9.2.3. Variedades

La elección del tipo de tomate estará en función del destino de consumo y las demandas del mercado. La variedad de tomate elegida tendrá que responder a los criterios requeridos, tales como adecuada firmeza, proporción de sólidos, y tolerancia al manipuleo y traslado. Variedades más comunes utilizadas en nicaragua tenemos Río Grande, VF 134, Caribe, Tropic, MTT-13, Marglobe, TY-13, Pony xpress, Shanty, INTA JL-5, INTA Jinotega, INTA Valle de Sébaco (MEFCCA, 2022, p. 13).

9.2.4. Preparación del suelo

Se aconseja labrar el suelo a profundidades de 40 a 50cm con el fin de incorporar residuos vegetales, eliminar hierbas indeseables, mejorar las condiciones físicas del suelo y mejorar la eficiencia de la fertilización. El arado permite voltear la capa superficial hasta 45 cm, según

el implemento. Esta labor favorece la incorporación de rastrojos, el control de malezas y la exposición de plagas a la radiación solar y agentes biológicos. (MEFCCA, 2022, p. 14).

9.2.5. Riego

Se dispone de distintos métodos de riego, como el riego por gravedad, aspersión o goteo, cuyo empleo está condicionado por factores como los recursos disponibles, la inclinación del terreno, la textura del suelo y la cantidad de agua accesible. Sea cual sea el sistema, se debe evitar que las plantas sufran por falta o exceso de agua. Es fundamental la adecuada repartición del riego durante el ciclo vegetativo, especialmente en la fase anterior a la producción de frutos. Durante la época de lluvias, la frecuencia puede ser adaptada a periodos de 2 a 3 días (Cartilla de Hortalizas, 2022).

9.2.6. Trasplante

Se realiza a los 21 días siguientes a la siembra, cuando las plantas jóvenes logran una altura de entre 15 y 20 cm, tienen entre 3 y 5 hojas verdaderas y el tallo tiene un diámetro próximo a 1 cm. Para reducir la pérdida de agua, las plántulas deben mantenerse con suficiente humedad y bajo cobertura, además de ser protegidas contra los insectos chupadores. (MEFCCA, 2022).

9.2.7. Fertilización

Debe efectuarse de forma precisa y adecuada, considerando el estudio del suelo, la distribución espacial y el suministro de agua. En base a los requerimientos nutricionales, y momento de fertilización, puede ser fertilización básica con Nitrógeno, Fósforo y Potasio o completa con elementos menores, principalmente Boro, Hierro. Realizándose en desarrollo y crecimiento de la planta (MEFCCA, 2022).

9.3 Prácticas Culturales

Limpieza del área: consiste nada más en tener los alrededores del cultivo limpio de malezas, ya que estas son hospederos de plagas y enfermedades que afectan al cultivo.

Tutoreo: Consiste en la colocación de postes verticales a una distancia de 1 - 1.2 m. Se sujetan con nylon. Ponerles un sostén a las plantas para el mejor manejo del cultivo y mayor aprovechamiento de los frutos. El ahoyado y colocación de los tutores se realiza inmediatamente después del trasplante; los tutores deben medir dependiendo de la altura de la variedad. Las plantas se sostienen con hileras de alambre galvanizado o pita de nylon, es importante que las guías se vayan ordenando para evitar su caída (MEFCCA, 2022).

Aporco: Se realiza en el mismo momento de la fertilización, con el fin de favorecer la formación de un mayor número de raíces, y que consiste en cubrir la parte inferior de la planta. Se aprovecha para eliminar malezas y a la vez para incorporar fertilizantes; al mismo tiempo proporciona una mayor fijeza a la planta. Debe realizarse con precaución, para no causar daño a las raíces dar paso a las enfermedades (Cartilla de Hortalizas, 2022).

9.3.1. Control de Malezas ¿y las citas de donde tomaron esta información?

El manejo de las hierbas indeseables en el cultivo es primordial para obtener un buen desarrollo de la planta. Los problemas principales que las malezas ocasionan al cultivo de tomate son:

Competencia, por espacio, luz y por nutrientes. Por consiguiente, si hay malas hierbas compitiendo con el cultivo, se debe aportar el doble de abono que se recomienda, elevando los costos de producción.

Además, el tiempo de riego necesario aumenta debido a la competencia, lo que repercute directamente en el bolsillo del productor, ya que tiene que pagar más energía o combustible, según sea el caso.

Son hospederos de plagas y enfermedades. Se denomina hospedera a la planta que sirve de manera específica o forzosa para que un insecto u hongo pase en ella parte de su vida, dándole

asilo cuando el cultivo no está en el campo y permitiendo que complete su ciclo de vida. Todas las malezas son verdaderos hospederos (INTA, 2018).

9.3.2 Las malezas pueden ser combatidas de la siguiente manera

Control Manual: Este se efectúa de manera manual con la mano o bien usando herramientas como machete o azadón. Se sugiere realizar inspecciones manuales solo en el suco de siembra, donde va la manguera de goteo, evitando no de no dañarla.

Control Mecánico: Se emplea maquinaria o implementos agrícola tirada por tractor o cultivadoras con motor. También pueden incorporarse implementos de tracción animal. La labor se ejecuta principalmente en los surcos. Se aconsejan dos limpiezas, a los 20 y 35 días después del trasplante (INTA, 2018).

Control Químico: “a través de herbicidas, como última opción. Se recomienda el uso de productos con banda verde que son amigables con el medio ambiente y la salud humana” (INTA, 2018)

Plagas

El control de las plagas en el cultivo de tomate es de vital importancia para lograr los rendimientos anhelados, ya que un descuido en el control de las poblaciones puede llegar a causar daños económicos irreparables.

A diferencia de las enfermedades; con las plagas tenemos la ventaja de poder hacer muestreos en el campo para identificar el tipo de insecto y la cantidad que está presente en el cultivo; para poder tomar medidas de control a tiempo y aplicar el insecticida adecuado a la plaga identificada (Castillo Martínez, et al., 2019).

9.4.1 Plagas del follaje

Las plagas de follaje en el cultivo de tomate afectan principalmente las hojas, tallos y a veces los frutos, reduciendo la capacidad fotosintética de la planta y transmitiendo enfermedades. Se pueden dividir en tres grupos los cuales son:

Chupadores: Mosca blanca (*Demisia tabaci*), Pulgones o áfidos (*Aphis sp.*), Ácaros (*Aculops lycopersici*) y (*Tetranychus sp.*), Araña Roja (*Tetranychus Urticae*).

Minadores: Minador de la hoja (*Liriomyza sp.*)

Masticadores: Tortuguilla o Maya (*Diabrotica sp.*), Gusano Cortador, Nochero, Cuerudo (*Agrotis ipsilon*), Gusanos del follaje (*Spodoptera sp.*), Gusanos perforadores del fruto (*Heliothis sp.*) (MEFCCA, 2022, p. 15)

9.3.3 Manejo Integrado de Plagas

El enfoque del manejo integrado de plagas es conservar en lo posible, la estabilidad del agroecosistema, tratando de mantener a la plaga en niveles que no causen daño económico; utilizando para ello todas las alternativas posibles, que sean adversas a la plaga y que las mantengan a densidades poblacionales tolerables.

El manejo integrado de plagas se puede definir como un concepto de control racional, basado en biología y ecología, trabajando junto con la naturaleza en vez de contra ella (Gómez y Morales, 2020, p. 20).

Existen diferentes prácticas de manejo integrado entre las cuales podemos mencionar:

9.3.4 Control Biológico

Consiste en el uso de enemigos naturales como insectos, ácaros, hongos, bacterias o virus para reducir las poblaciones de plagas de forma sostenible. Es el uso de patógenos, depredadores y parásitos que sirven para controlar insectos plagas, Usando feromonas para atraer machos adultos y evitar que continúe la reproducción (Gómez y Morales, 2020, p. 25).

9.3.5 Control Químico

Para detectar plagas a tiempo, así como la calidad de las aplicaciones y la eficacia de los productos, será necesario realizar recuentos y monitorear las plantaciones al menos tres veces por semana. Con el monitoreo también lograremos emplear el insecticida específico y las dosificaciones adecuadas para un mejor control. Es importante considerar el umbral de daño económico, la intensidad del daño y la fase de desarrollo de la plaga o enfermedad antes de aplicar un producto. Otro aspecto relevante que puede afectar la calidad de una aplicación es

conocer el pH del agua utilizada para fumigar (es recomendable usar reguladores de pH). - (INATEC, 2018).

9.4 Enfermedades más comunes en el cultivo de tomate

El cultivo de tomate puede verse afectado por diversas enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus y nematodos. Entre las enfermedades fúngicas más comunes están el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), que causa manchas oscuras y pudrición; el tizón temprano (*Alternaria solani*), con manchas marrones en hojas; el oídio, que genera un polvo blanco en las hojas; y la Botrytis o moho gris, que ataca flores y frutos en ambientes húmedos. Las enfermedades bacterianas incluyen la mancha bacteriana (*Xanthomonas spp.*), con puntos negros en hojas y frutos, y el cáncer bacteriano (*Clavibacter michiganensis*), que provoca marchitez y lesiones (Gómez y Morales, 2020, p. 22).

9.5.1 Control

Rotación de cultivos:

En palabras de (Mendoza et al., 2024) La rotación de cultivos en tomate para evitar *Ralstonia solanacearum* consiste en alternar el tomate con especies no hospedantes (no solanáceas), durante varios ciclos, para reducir la población bacteriana en el suelo y cortar su ciclo de infección.

Principio básico: *Ralstonia solanacearum* es un patógeno de suelo que afecta principalmente a solanáceas (tomate, papa, berenjena, chile). La rotación busca interrumpir su ciclo de vida al sembrar especies que no sirven de hospedantes (Mendoza et al., 2024).

Duración sugerida: Se aconseja una rotación amplia de al menos 2–3 años sin solanáceas en las parcelas contaminadas.

Cultivos alternos: Gramíneas (maíz, sorgo, arroz), leguminosas (frijol, soya), cucurbitáceas (pepino, melón) y otros cultivos no susceptibles (Mendoza et al., 2024)

Otra opción es utilizar productos preventivos como Oxiclورو de Cobre sólo o mezclado con dictiocarbamatos también productos penetrantes como el Clortalonil (no es sistémico) y productos sistémicos se usan mucho aplicando de 1 ó 2 días desde la penetración del inóculo. Fosetil-Al, Metalaxil (Gómez y Morales, 2020, p. 23).

9.5.2 Virosis en tomate

Entre los virus destacan el virus del mosaico del tomate (ToMV), que produce manchas y deformaciones foliares, y el virus del rizado amarillo del tomate (TYLCV), transmitido por la mosca blanca, que causa amarillamiento y rizado de hojas. Además, los nematodos agalladores (*Meloidogyne spp.*) dañan las raíces formando nudos que afectan el crecimiento de la planta (Rodríguez, 2023, p. 14).

9.5.2.1 Control de los virus del tomate

El manejo integrado de estas enfermedades incluye el uso de variedades resistentes, rotación de cultivos, control de vectores, aplicación de productos fitosanitarios y buenas prácticas de higiene en el campo. La eliminación de plantas infestadas y malezas de dentro y fuera del invernadero. Eliminación de vectores: como pulgones, mosca blanca y trips. O bien cultivando variedades resistentes (Rodríguez, 2023, p. 15)

9.6. El patógeno *Ralstonia solanacearum*

| Nivel taxonómico | Nombre científico |
|------------------|---------------------------|
| Dominio | <i>Bacteria</i> |
| Filo | <i>Proteobacteria</i> |
| Clase | <i>Betaproteobacteria</i> |
| Orden | <i>Burkholderiales</i> |
| Familia | <i>Burkholderiaceae</i> |
| Género | <i>Ralstonia</i> |
| Especie | <i>solanacearum</i> |

Tabla 3 taxonomía de *Ralstonia solanacearum*

Ralstonia solanacearum (Rs) es una bacteria fitopatógena de importancia a nivel mundial conocida como marchitez bacteriana. El organismo causal de esta enfermedad previamente estaba denominado como *Pseudomonas solanacearum*. La mancha bacteriana también es conocida como podredumbre parda. Esta bacteria vive en el suelo y se dispersa principalmente a través de éste, sobreviviendo en este medio por largos periodos de tiempo.

R. solanacearum, es una bacteria Gram negativa perteneciente a la familia de las Pseudomonadáceas. Con morfología de bastoncillo móvil por medio de uno a cuatro incluso

más flagelos, es una enfermedad que devasta numerosos cultivos, (se conocen tres razas de Rs: la raza 1 que afecta principalmente a solanáceas y a cultivos de interés ornamental, la raza 2 afecta a bananos, y la raza 3 que afecta papa) (. En este cultivo (*Solanum tuberosum L.*), los síntomas inducidos por *R. solanacearum* aparecen generalmente en el follaje de las plantas (Rueda et al., 2018).

Esta fitopatología se observa en las zonas de producción de tomate que poseen condiciones alternas de altas humedad relativa combinada con temperaturas altas . Es una bacteria que persiste por años; suelos con deficiente drenaje y pH bajo favorecen el desarrollo de este patógeno. Se disemina por el agua de riego, herramientas, tutores, heridas causadas al momento de realizar las actividades del cultivo, arrastre de tierra y semillas, entre otros.

A nivel de campo se ha observado que el cultivo es más afectado cuando está en floración y ha sufrido stress por sequía. Al inicio se observa una caída de las hojas basales y posteriormente un marchitamiento completo de la planta, debido a la contaminación que se da a nivel de las raíces. Un diagnóstico rápido a nivel de campo puede realizarse cortando una porción del tallo de unos 7cm de longitud, luego se introduce en un recipiente de vidrio que contenga agua. Se sostiene por uno de los extremos con un pedazo de alambre y se deja por 10-20 minutos; pasado ese tiempo se observa un hilo blanquecino, que es el exudado de la bacteria. (Álvarez, 2023).

9.6.1 Manejo de *Ralstonia solanacearum*

Las estrategias de supervivencia del patógeno han creado dificultades y limitaciones en los planes de manejo a través de medidas preventivas, métodos culturales, método químico y métodos biológicos. Las medidas preventivas tales como la cuarentena, prácticas fitosanitarias, uso de semilla certificada libre de la enfermedad, desinfección de equipos y herramientas, uso controlado del riego por inundación y evitar el riego por aspersión, entre otras medidas, han tenido éxito solamente donde el patógeno no está presente, ya que de lo contrario no son aplicables en lugares infectados.

El uso de variedades resistentes es el método más efectivo y práctico para controlar la marchitez bacteriana. Sin embargo, por un lado, su aplicación ha sido limitada debido a que el patógeno puede sobrevivir en el suelo durante mucho tiempo, puede sobrevivir en una

amplia gama de malezas y cultivos voluntarios. Por otro lado, la complejidad de la interacción hospedante-patógeno-ambiente hace que el mejoramiento de la resistencia sea extremadamente difícil, ya que *R. solanacearum* es un "complejo de especies heterogéneas" con un amplio rango de hospedantes; alta variabilidad en sus propiedades bioquímicas, reacciones serológicas, proteínas de membrana y conversión fenotípica (Medina, 2020, p. 10)

10. Diseño metodológico

10.1. Tipo de investigación

La investigación es cuantitativa, midiendo la incidencia, severidad y efecto de tratamientos biológicos preventivos contra *Ralstonia solanacearum* en tomate y comparando estadísticamente los resultados entre grupos experimentales.

De acuerdo con la clasificación propuesta por Hernández et al. (2014), el estudio corresponde a un diseño experimental, dado que se manipulan deliberadamente las variables independientes (los tratamientos preventivos, biológicos) para observar su efecto sobre la variable dependiente (la presencia y severidad de la enfermedad). Además, se incluyó grupos de control, se aplicó tratamientos bajo condiciones controladas y se estableció criterios de comparación que garantizaron la validez interna del experimento.

En cuanto a su nivel de profundidad, el estudio es de tipo explicativo, ya que se logró identificar las causas y efectos derivados de la aplicación de distintos tratamientos en la salud del cultivo de tomate, permitiendo establecer relaciones de causalidad entre las variables estudiadas.

Respecto a la duración, se trata de un estudio transversal de corta duración, dado que el seguimiento de los tratamientos se realiza durante el ciclo vegetativo del cultivo de tomate en Comarca las Cuevas, Estelí, en el transcurso del año 2025. Este seguimiento permitió observar la evolución temporal de la enfermedad y la respuesta de las plantas frente a los tratamientos aplicados.

En síntesis, esta investigación es un estudio cuantitativo, experimental, explicativo y longitudinal de corta duración, orientado a generar evidencia empírica sobre la eficacia de tratamientos preventivos para el manejo de *Ralstonia solanacearum* en tomate bajo condiciones controladas.

Área de estudio

Esta investigación se ubica en el área del conocimiento las Ciencias Agropecuarias, Línea (CAG-1: Sistema de Producción Agropecuaria), donde se estudian, analizan y mejoran los diversos sistemas productivos del sector agropecuario. El objetivo es optimizar el uso de los recursos naturales, humanos y tecnológicos para asegurar una producción sostenible.

Dentro de este campo, el estudio se enfoca en la sublínea CAG-1.1: Sistema de Producción Agrícola, que se dedica a evaluar y optimizar los sistemas de producción animal, teniendo en cuenta factores como la alimentación, el manejo, la sanidad y el bienestar de los animales (UNAN, 2021, p. 29).

Área geográfica

El sistema de producción está ubicado a 12 km de la ciudad de Estelí en la comarca Las Cuevas, comunidad Santa Cruz, con una altura aproximada de 1250 m.s.n.m y es un área del departamento que comprende una zona de cultivos intensivos de hortalizas y granos básicos. Con una precipitación entre 1300 y 1400mm y temperatura que oscila entre 17 y 24°C

La presente investigación se desarrolló en el ámbito de los tratamientos preventivos contra *Ralstonia solanacearum* (Rs) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), evaluados bajo condiciones controladas de vivero en la zona agroecológica del corredor seco de Nicaragua. Esta área de estudio se basa en las estrategias fitosanitarias orientadas al manejo integrado de enfermedades bacterianas, con el fin de mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo en condiciones de alta vulnerabilidad climática y edáfica.

En cuanto a su clasificación dentro del campo científico y tecnológico, esta investigación se adscribe al Área del Conocimiento CAG-1.1: Sistema de Producción Agrícola, perteneciente a las Ciencias Agrarias. Específicamente, se ubica en la subárea de Sanidad Vegetal, con énfasis en la línea de investigación en Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades y, dentro de esta, en la sub línea de investigación sobre alternativas preventivas de control biológico y químico de patógenos en hortalizas (UNAN, 2021, p. 29).

Este enfoque permite abordar el problema fitopatológico desde una perspectiva integral, considerando tanto el comportamiento del patógeno como la eficacia de tratamientos

sostenibles en ambientes similares, con la función de generar tecnologías aplicables en sistemas productivos de pequeña y mediana escala en zonas vulnerables del país.

Descripción del Diseño Experimental

Se utilizó un diseño Bloques completamente al azar (BCA) con tres tratamientos y tres repeticiones. Cada repetición estuvo conformada por 30 plantas, sumando un total de 90 plantas por tratamiento. Para un total de 270 plantas (unidades experimentales) distribuidas de manera aleatoria.

Descripción de los tratamientos

T1: Tratamiento Biológico (Futron 3.0 WP)

Características

Es un fungicida-bactericida biológico a base de una mezcla de *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* y *Brevibacillus brevis*. Contiene endosporas, esporas y metabolitos de 5 cepas de *Bacillus* que impiden el desarrollo de hongos y bacterias a través de la competencia por exclusividad. Con formulación de polvo mojable (WP) (Disagro, 2023).

Beneficios

- No es fitotóxico si se aplica en los cultivos y dosis recomendados.
- Raíces más sanas.
- Recuperación del microbioma benéfico del suelo.
- Reduce la carga química del suelo.
- Acción preventiva.

Recomendaciones de uso

- No mezclar con compuestos a base de cobre ni antibióticos.
- Aplicar a la base de la planta.
- Realizar tres aplicaciones con intervalos de 7-10 días desde el momento del trasplante.
- Dosis: 0.2 – 0.4kg/ha o 0.14 – 0.28kg/mz (Disagro, 2023)

Se hará una disolución de 50 gramos de futron 3.0 WP, para 10 litros de agua, donde se realizarán 4 aplicaciones en los 3 bloques, para un total de 200 gramos del producto.

T2: Tratamiento biológico (Trichomax WP)

TRICHOMAX contiene un aislamiento natural de *Trichoderma viride* antagonista directo de hongos fitopatógenos (Combaten hongos patógenos por mico parasitismo, antibiosis y ocupación de espacio) como *Botrytis sp*, *Alternaria sp*, *Stemphylium sp*, *Rhizoctonia sp.*, *Verticillium sp.*, *Sclerotium sp.*, *Sclerotinia sp*. *Pythium sp.*, *Phoma sp.*, *Fusarium spp.*, *Phytophthora sp*. También producen inducción de resistencia contra enfermedades al favorecer la producción de fitoalexinas (Solagro, 2022).

Inductor de desarrollo

TRICHOMAX también tiene un reconocido efecto como inductor del desarrollo radicular y foliar en maíz, alfalfa, palta, y solanáceas en general como ajíes, tomate y pimientos; aumentando el rendimiento. Ayuda a la toma de nutrientes como hierro, cobre, manganeso y zinc. Reduce los requerimientos de fertilizantes sintéticos (Solagro, 2022).

Dosis: Se hará una disolución de 12.5 gramos de trichomax WP para 10 litros de agua, donde se realizarán 4 aplicaciones en los 3 bloques, para un total de 50 gramos del producto.

T3: Testigo sin tratamiento

Fueron plantas sin ningún tipo de tratamiento esto con el fin de evaluar la severidad de la bacteria dentro del terreno a estudiar.

Condiciones

Se realizó bajo un ambiente similar garantizando condiciones adecuadas para cada planta, se hizo en una casa malla con un área aproximada de 1/4 de manzana en el cual hay 4000 plantas donde solo se logró ocupar 3 bloques de 90 plantas cada uno. Estos tratamientos como son preventivos se dividieron en 4 aplicaciones 2 antes del trasplante que se hizo 7 y 14 días antes, 1 durante el trasplante y la última se hizo 7 días después.

Descripción de la variedad

El tomate Pony Express F1 es un híbrido de alto rendimiento, valorado por su excelente calidad de fruto y adaptabilidad. Esta variedad combina una maduración temprana, con una notable resistencia a enfermedades comunes, lo que lo convierte en una opción ideal para agricultores que buscan maximizar la producción y la rentabilidad. Sus frutos, uniformes y de buen tamaño (Harris Moran Seed Company, s.f.).

VARIABLES EVALUADAS

Porcentaje de efectividad:

De los dos tratamientos preventivos que se utilizaron tanto químico como biológico, se pretendió medir la eficacia de cada tratamiento durante todo el ciclo del cultivo.

Porcentaje de plantas con incidencia de marchitez bacteriana:

Toma de datos desde los primeros síntomas de aparición de la enfermedad, donde se revisaron las plantas diariamente.

Severidad de la enfermedad:

Es el porcentaje perceptible del tejido afectado de una planta con relación al total evaluado, para distinguir una planta sana de una enferma, se observó directamente el síntoma característico en las hojas, tomando una escala de severidad de 0 a 5 donde 0 es sin afectación y 5 planta muerta. (Medina, 2020, p. 31)

Escala de severidad 0–5 (ejemplo):

0 = Sin síntomas

1 = Marchitez leve en una hoja

2 = Marchitez moderada en varias hojas

3 = Marchitez en más del 50 % de la planta

4 = Marchitez total, pero tallo aún firme

5 = Planta completamente colapsada y muerta

Formato con formula de incidencia

Incidencia = (Número total de plantas/ Numero de plantas enfermas) ×100

Altura de planta:

Medida desde la base del tallo hasta el ápice principal, utilizada como indicador de crecimiento y vigor del cultivo.

Diámetro de tallo:

Grosor del tallo medido a cierta altura desde la base, indicador de robustez y desarrollo estructural de la planta.

9.2. Población y selección de la muestra

Para este estudio se tomó una población de 270 plántulas de tomate variedad Pony express F1 de 25 días de germinada. Se trabajó mediante muestreo censal, ya que se evaluó el 100% de la población, conformada por 270 plantas, garantizando datos cuantitativos completos y representativos

Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos

| Tipo de dato | Método | Técnica | Instrumento |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---|
| Aplicación de tratamientos | Cuantitativo experimental | Observación estructurada | Hoja de registro de aplicación |
| Incidencia de Ralstonia solanacearum | Cuantitativo | Observación directa | Cuaderno de campo / Formato con fórmula de incidencia (%) |
| Severidad de la enfermedad | Cuantitativo | Observación visual con escala | Escala de severidad 0–5 Ficha de monitoreo |

Tabla 4 Técnicas, instrumentos para recopilación de datos

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

Se empleó una hoja de campo para recopilar los datos del estudio, en la que se anotaron semanalmente las variables de crecimiento y afectación del cultivo. Para garantizar la exactitud de los registros, se utilizó un pie de rey digital para medir el diámetro del tallo; por otro lado, la altura de las plantas se logró usando una cinta métrica adaptada al trabajo en campo. Se organizó la totalidad de la información recolectada en una base de datos en Excel, lo que hizo más fácil su verificación y organización. Para comparar los tratamientos, se realizó el análisis estadístico utilizando las pruebas pertinentes y el software Infostat.

10.4. Confiabilidad y validez de los instrumentos

Los instrumentos empleados demostraron ser confiables, puesto que posibilitaron realizar mediciones robustas y repetibles, de acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014). Además, demostraron validez, ya que cada uno de ellos midió correctamente la variable correspondiente: el pie de rey para el diámetro, la cinta métrica para la altura y la hoja de campo para los registros directos en el lugar, cumpliendo con las normas establecidas por (Valencia y Carmenates, 2023). Excel e Infostat confirmaron esta validez al posibilitar un procesamiento exacto y normalizado de los datos.

10.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de datos

Los datos fueron organizados al principio en una base de Excel para su procesamiento, lo que facilitó su depuración, ordenación y preparación para el análisis estadístico. Para la comparación del comportamiento de los tratamientos, se empleó el software Infostat, una herramienta muy utilizada en ensayos agronómicos, con el objetivo de realizar las pruebas estadísticas apropiadas, como Tukey y ANOVA. Este procedimiento garantizó un análisis claro, fiable y que guardaba coherencia con las metas del estudio.

La presencia de la bacteria se garantizó porque desde hace más de 3 años que ha venido afectando el cultivo de tomate en esta misma área.

11. Análisis y discusión de resultados

Altura de las plantas semana 1. No hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) estadísticamente entre los tratamientos, lo que demuestra que todos se comportaron de manera similar.

Este resultado es similar a (Sun et al., 2023) quienes indican que es normal observar que los efectos sobre el crecimiento inicial (primera semana) no se diferencian estadísticamente entre tratamientos

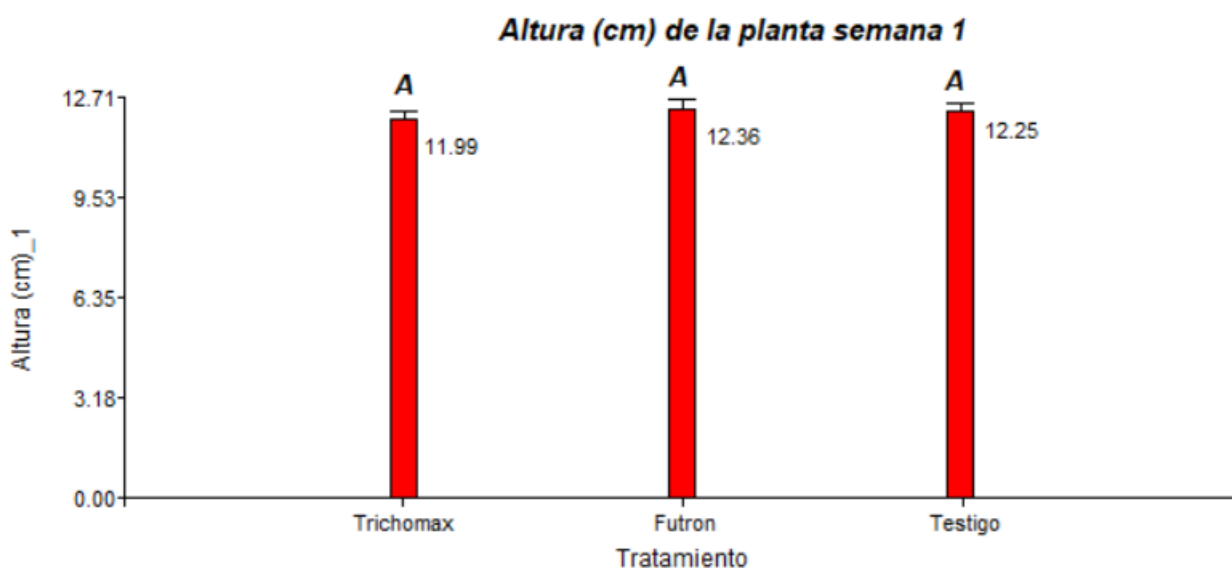


Ilustración 1 Altura de la planta en cm semana 1

Altura de las plantas semana 2

En cuanto a la altura durante la segunda semana, el mejor tratamiento fue el Futron con una media de 28.75cm, seguido de Trichomax con una media de 26.98 cm y el testigo con 22.36 cm. Lo que se demuestra que hay diferencia significativa tal como se observa en la figura.

Este resultado es similar a (Sun et al., 2023) quienes indican que es normal observar que los efectos sobre el crecimiento inicial (primera semana) no se diferencian estadísticamente entre tratamientos

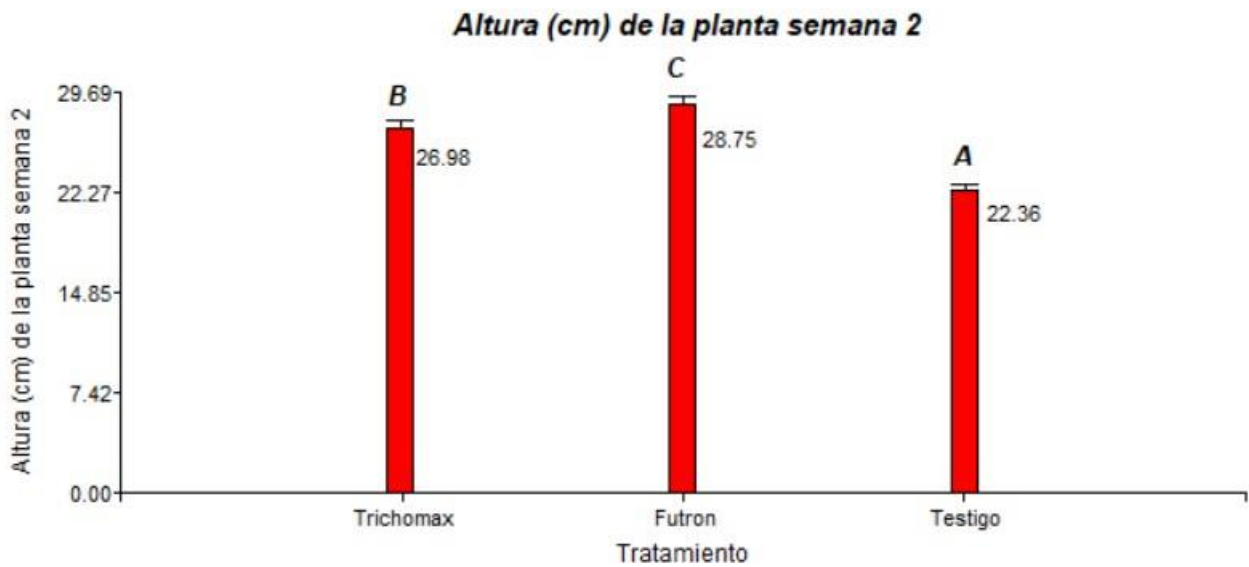


Ilustración 2 altura de la planta en cm semana 2

Semana 3. El comportamiento fue similar a la semana 2, siendo el Futron el mejor tratamiento con una media de 46.12cm, seguido de Trichomax con una media de 42.09 cm y el testigo con 29.49 cm, habiendo diferencias significativas en ese orden según el análisis estadístico.

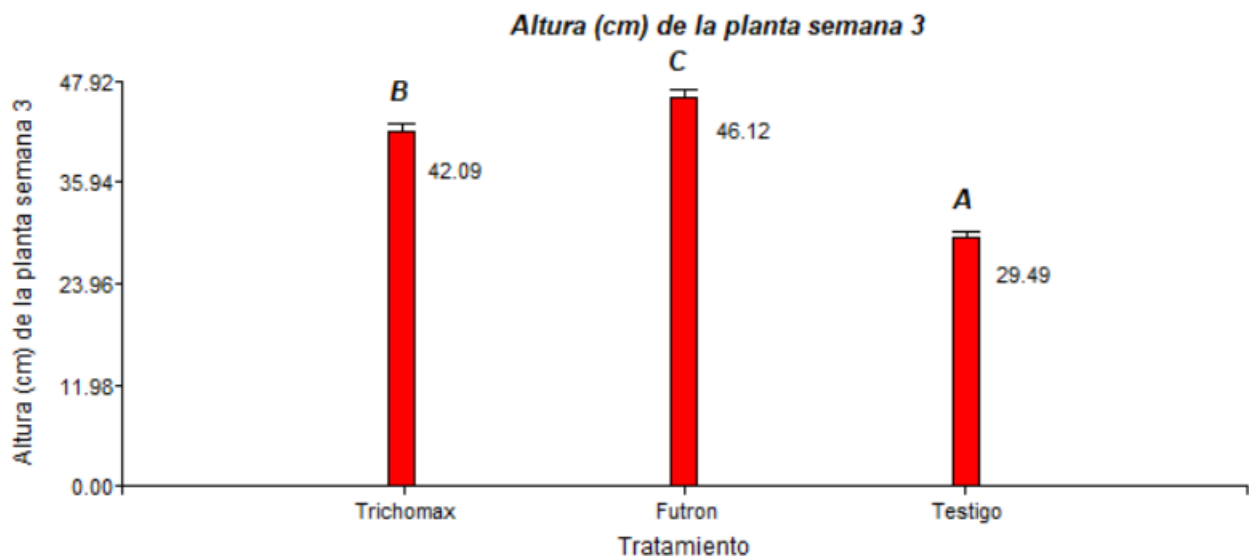


Ilustración 3 Altura de la planta en cm semana 3

Altura en la semana 4. El comportamiento cambio un poco, comportándose similar el Futron con una media de 59.01cm y el Trichomax con una media de 59.63 cm y el testigo que presento un comportamiento bajo con una media de 39.33cm. Mostrando una diferencia significativa entre los dos tratamientos biológicos versus el testigo.

Igual coincide con el estudio de a (Sun et al., 2023), los que afirman que a partir de la semana tres se evidencias diferencias significativas, por los efectos de la hormona de crecimiento versus el testigo

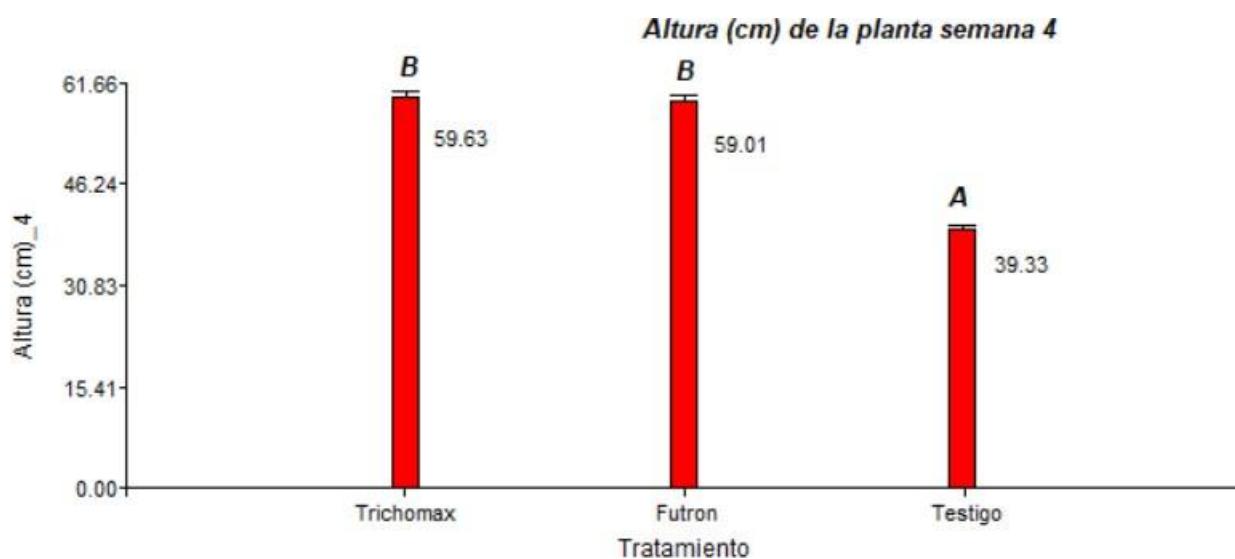


Ilustración 4 Altura de la planta en cm semana 4

Como resultado final se obtuvo que los bloques con mayor índice de crecimiento fueron los que se aplicó tratamiento trichomax seguido del futron 3.0 y por último el testigo o plantas sin tratamiento.

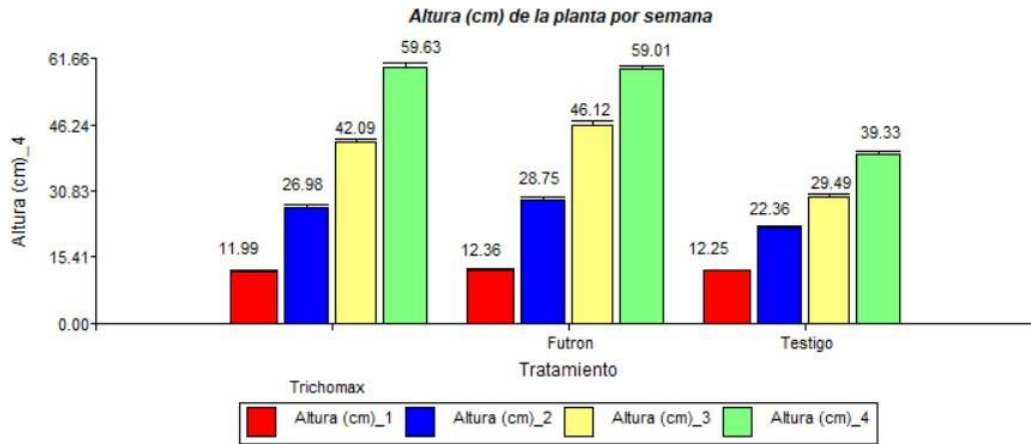


Ilustración 5 Altura de la planta en cm por semana

Con respecto al diámetro de la planta en mm

En la semana 1. Los tratamientos se comportaron similares, el testigo con una media de 4.45 mm, Trichomax con una media de 4.47 mm y el Futron con una media de 4.76mm. Siendo estadísticamente similares los tres tratamientos

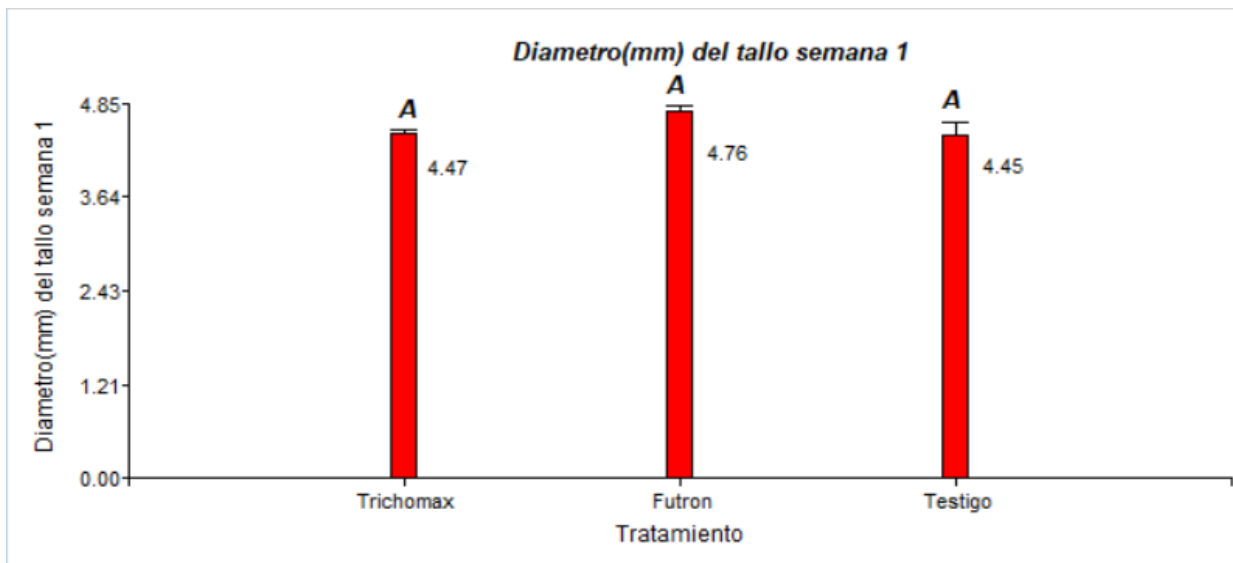


Ilustración c Diámetro del tallo en mm semana 1

Con relación a la semana 2. El diámetro del tallo presento una similitud con respecto a la semana 1, ya que no hubo diferencias significativas entre los tres tratamientos. El testigo con una media de 5.35 mm. Futron con una media de 5.50 mm y el Trichomax con una media de 5.67. Aunque presentaron valores diferentes estadísticamente son similares. No hay diferencias significativas entre los tratamientos. $p > 0.05$

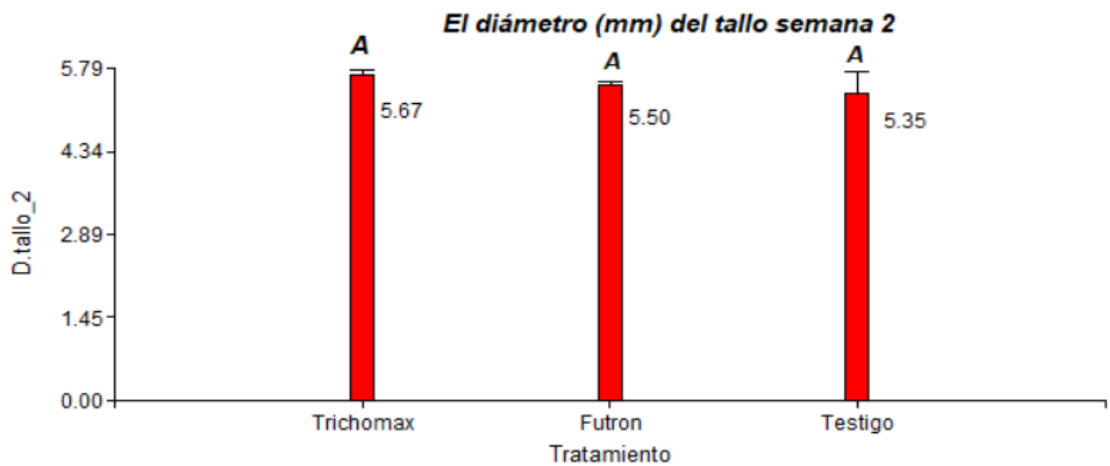


Ilustración 7 Diámetro del tallo (mm) semana 2

Diámetro (mm) del tallo Semana 3. En esta semana hubo una variación, siendo los mejores tratamientos Trichomax con una media de 6.52mm, Futron con una media de 6.36mm y el testigo con 5.55mm, habiendo diferencias significativas entre Los dos biológicos (Futron y Trichomax) versus el testigo. Ambos biológicos se comportaron de manera equivalente.

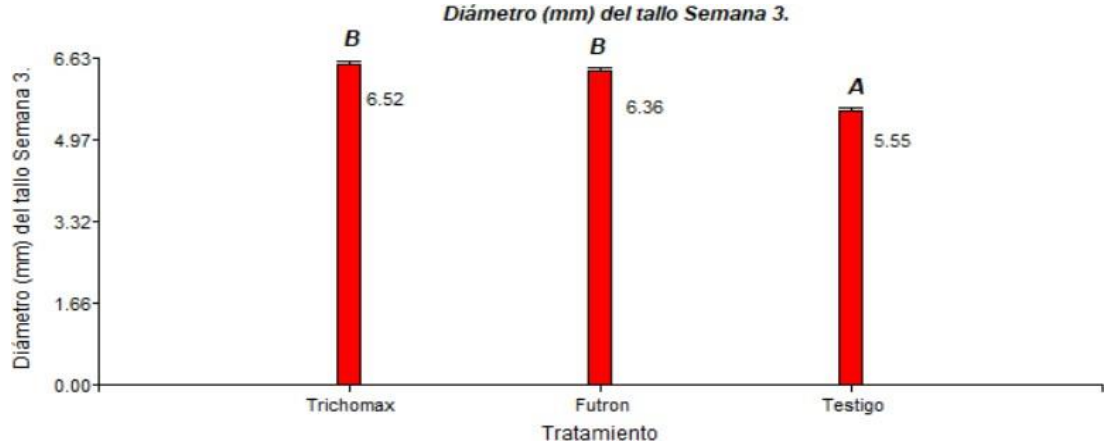


Ilustración 8 Diámetro del tallo (mm) semana 3

Diámetro(mm) semana 4. En este periodo hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tres tratamientos, Siendo el mejor Trichomax con una media de 7.60 mm, seguido de Futron con una media de 7.04mm y el de menor desarrollo fue el testigo con una media de 6.42mm.

Cabe destacar que el efecto del bloque $p > 0.05$, no es significativo, esto quiere decir que los bloques, no influyeron en las variables que se midieron.

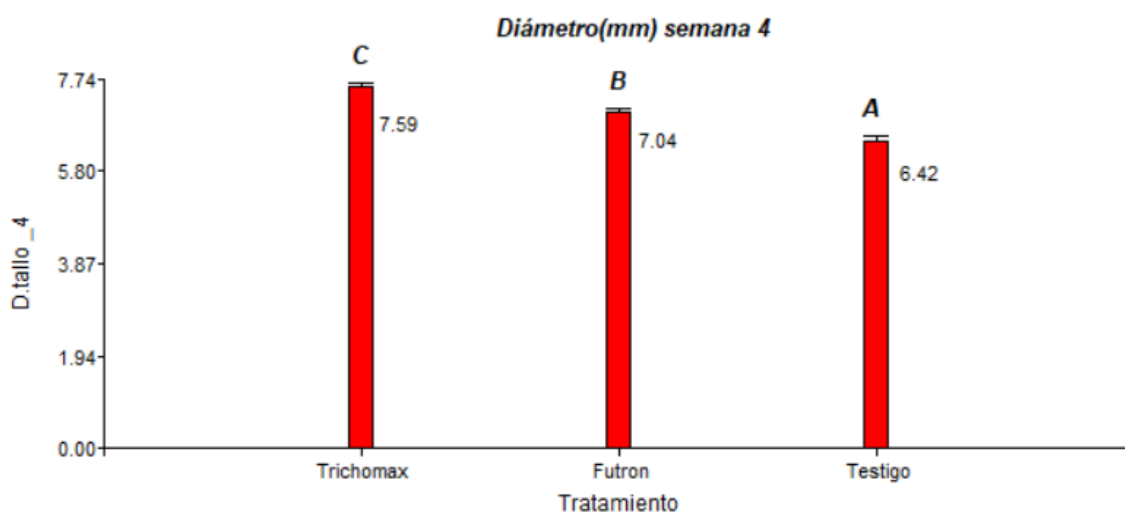


Ilustración 5 Diámetro del tallo(mm) semana 4

Como resultado final se obtuvo que los bloques con mayor índice de crecimiento del diámetro del tallo fueron los que se aplicó tratamiento trichomax seguido del futron 3.0 y por último el testigo o plantas sin tratamiento.

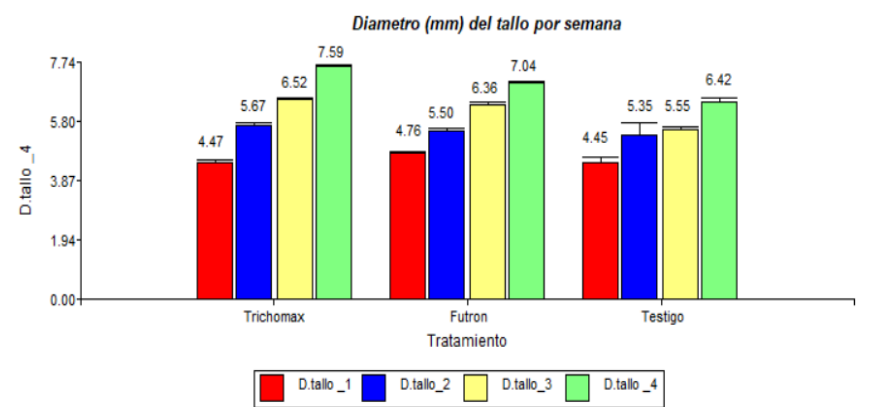


Ilustración 10 Diámetro del tallo (mm) por semana

Número de plantas afectadas.

En las primeras dos semanas no fueron afectadas ninguna planta, en ninguno de los tres tratamientos.

En la tercera semana hubo diferencias significativas estadísticamente entre los tres tratamientos en relación con el número de plantas afectadas. Futron con una media de 0.09 y trichomax con una media 0.11 plantas afectadas se comportaron de manera similar. Mientras que el testigo con una media de 0.30 plantas afectadas fue el más afectado por la bacteria.

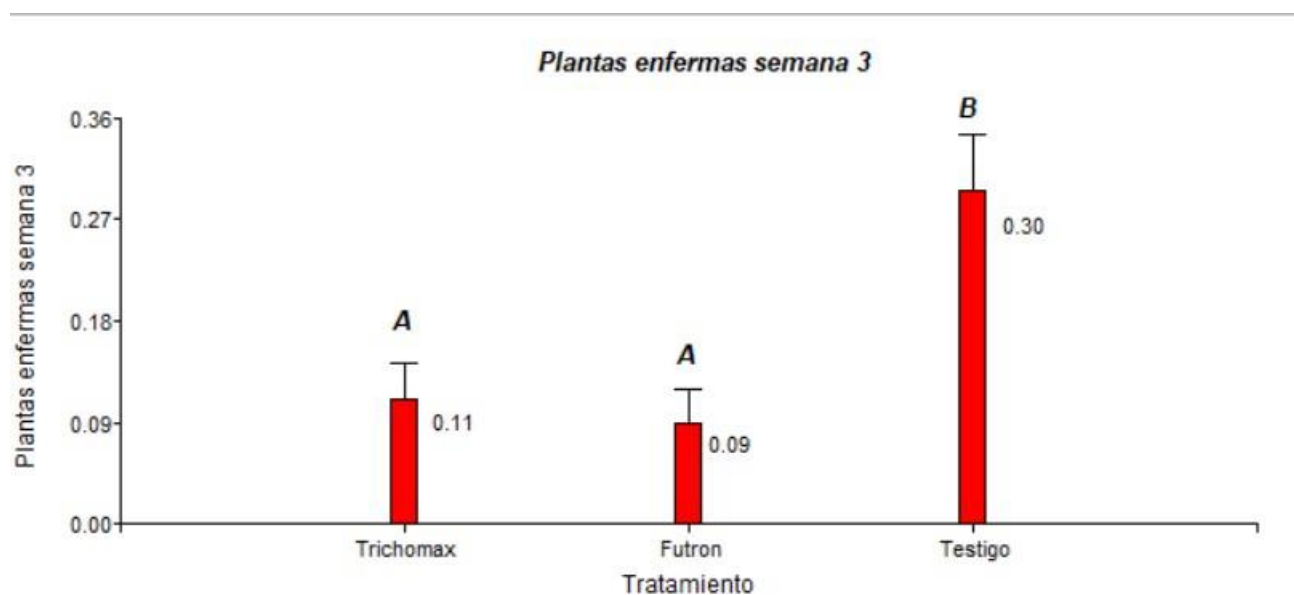


Ilustración 11 Plantas enfermas con la bacteria semana 3

Semana 4 plantas afectadas

Con respecto a las plantas afectadas en la semana cuatro, hubo diferencias significativas, los tratamientos Futron y trichomax se comportaron de manera similar y superior al testigo

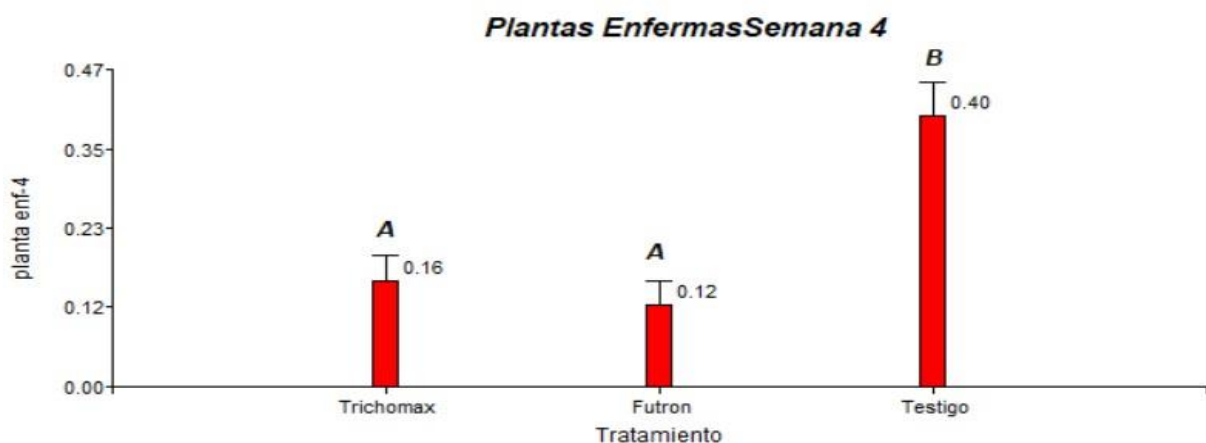
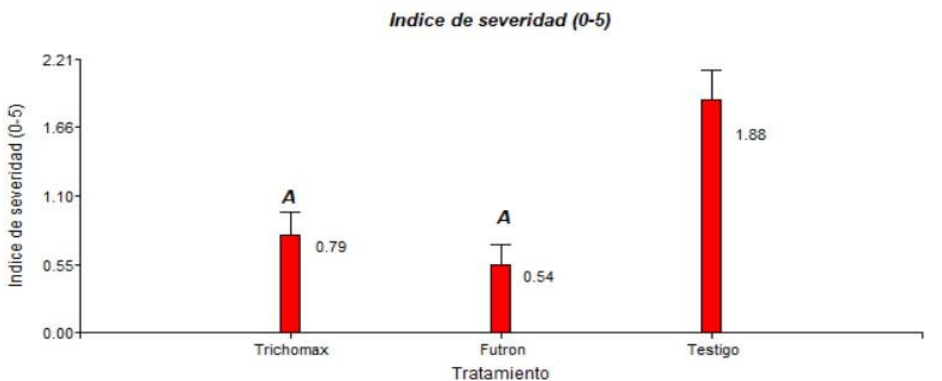


Ilustración 12 Plantas enfermas semana 4

Indice de severidad.

En relación al índice de severidad, los tratamientos Futron con una media de 0.54 y Trichomax con una media de 0.79, se comportaron de manera similar lo que demuestra que controlaron a la enfermedad (*Ralstonia*), mientras que el testigo presentó un mayor ataque de la enfermedad con una media de 1.88 de severidad

Ilustración 13 índice de severidad (0-5)



En un estudio realizado en Nicaragua se encontraron resultados similares a nuestra investigación, donde se utilizaron 240 plantas de tomate como muestra, realizando un diseño en bloque al azar y cuatro repeticiones sugiriendo alternativas sostenibles como la utilización de tratamientos biológicos (Trichoderma y bacterias antagónicas viables) contra *Ralstonia solanacearum*.

12. Conclusiones

Los tratamientos biológicos mostraron efectos diferenciados frente a *Ralstonia solanacearum* en la semana 3, lo que sugiere una acción retardada pero significativa en la protección de las plantas.

El desarrollo vegetativo no fue mejorado por los tratamientos biológicos, siendo el testigo el que presentó mayor diámetro del tallo. Sin embargo, no se observaron efectos negativos en altura.

La severidad de los síntomas de marchitez bacteriana se redujo en etapas avanzadas, lo que respalda el uso de bioinsumos como estrategia preventiva, especialmente si se aplican con anticipación y en condiciones adecuadas.

El efecto del bloque fue no significativo, lo que valida la homogeneidad experimental y permite atribuir los efectos observados directamente a los tratamientos.

Los resultados obtenidos permiten rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, al que al menos uno de los tratamientos biológicos logro mejorar el crecimiento y disminuir la marchitez bacteriana demostrando que hay diferencias significativas con respecto al testigo.

13. Recomendaciones

A la Universidad y personal técnico:

- Fortalecer líneas de investigación sobre biocontroladores, ampliando evaluaciones hacia rendimiento, microbiología del suelo y costos de adopción.
- Realizar el estudio en diferentes épocas y condiciones edafoclimáticas para validar la estabilidad del efecto de Trichomax y Futron.
- Desarrollar programas de capacitación y transferencia tecnológica sobre manejo preventivo de marchitez bacteriana usando biológicos.

A los productores:

- Aplicar Trichomax o Futron de forma preventiva siguiendo el cronograma empleado, especialmente en suelos con historial de Ralstonia.
- Poner en práctica el manejo integrado de cultivo, como: rotación de cultivos, desinfección de herramientas y control del riego.
- Monitorear periódicamente para identificar a tiempo la aparición de síntomas y vigor del cultivo para ajustar oportunamente las prácticas de manejo.

14. Referencias

- Álvarez, E. (2023). *Cultivo del Tomate*. San Salvador : Centro Nacional de Tecnología . Retrieved 14 de julio de 2025, from <https://www.centa.gob.sv/download/guia-tecnica-del-cultivo-de-tomate/>
- Castillo Martínez, L., Morán Centeno, J., & Varela Ochoa, G. (2019). *Sistemas de producción de tomates (Solanum lycopersicum M.) en Nicaragua: una caracterización en el informe científico*, Masaya. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4014>
- Disagro. (25 de abril de 2023). *Blog. Protección de Cultivos*. Retrieved 6 de octubre de 2025, from BIOSMART TECH: https://www.disagro.com.hn/wp-content/uploads/2023/05/futron_3.0_wp_panfleto.pdf
- García , G. (2021). *Concepto de guía de observación*. Retrieved 18 de Julio de 2025, from <https://www.clubensayos.com/Temas-Variados/Concepto-de-gu%C3%ADa-de-observaci%C3%B3n/5415159.html>
- García, R., García, A., & Delgado, L. (1999). *Revista Forestal Venezolana*. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/>
- Ferreira, I. C., & Carvalho, A. (01 de 01 de 2017). *ProQuest*. <https://www.proquest.com/>
- García , G. (2021). *Concepto de guía de observación*. Retrieved 18 de Julio de 2025, from <https://www.clubensayos.com/Temas-Variados/Concepto-de-gu%C3%ADa-de-observaci%C3%B3n/5415159.html>
- Gomez , A., & Morales, K. (2020). *MANEJO INTEGRADO DE CULTIVOS (MIC) DE TOMATE, BAJO DOS SISTEMAS*. Mdellin: INTA. <https://dspace.tdea.edu.co/>
- Hernández, R. S., Fernández, C. C., & Baptista , P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F, Mexico: The McGraw-Hill Companies, Inc. Retrieved 6 de Agosto de 2023, from <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- Hernández, Y., Mariño, N., & Trujillo, G. (Abril de 2005). *scielo*. <https://ve.scielo.org/>

- INATEC. (2018). *Manual del Protagonista. Cultivo de Hortalizas*. INATEC. Retrieved 12 de julio de 2025, from https://www.tecnacional.edu.ni/media/Hortalizas_3X2OH2y.pdf
- InfoAgro. (s.f.). *InfoAgro*.
https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate_parte_i_.asp
- INTA. (2018). *Recomendacion para la produccion de tomate*. <https://inta.gob.ni/>
- López , J., & Matey, W. (06 de julio de 2022). *Repositorio UNA*.
<https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4507>
- López , B., & Matey , W. (01 de Abril de 2022). *olerancia de seis cultivares de tomate (Solanum spp) a Ralstonia solanacearum [Smith (1896) Yabuuchi et al.; 1996], en el Centro Experimental El Plantel, Masaya, 2020*. Managua: UNA. Retrieved 24 de junio de 2025, from <https://repositorio.una.edu.ni/4507/>
- López-Nieto, Morán-Rosales,, Segovia-Molina, Rivas-Flores, Pérez-Ascencio, & Serrano-Cervantes. (24 de Julio de 2020). *revista agrociencia*.
<https://www.agronomia.ues.edu.sv/>
- Medina, L. (enero de 2020). *Evaluación de la tolerancia de portainjertos de tomate y berenjena para el manejo de Ralstonia solanacearum [Smith (1896) Yabuuchi et al., 1996], León Nicaragua, 2019*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria (UNA). Retrieved 28 de junio de 2025, from <https://repositorio.una.edu.ni/4074/1/tnf02m491.pdf>
- MEFCCA. (2022). *Cartilla de Hortalizas*. <https://www.economiafamiliar.gob.ni/>
- Mendoza, J., Alistac, E., Cedillo, J., Treviño, L., & Hernández, J. (2024). *Determinación de los parámetros cinéticos y estequiométricos de crecimiento del fitopatógeno Ralstonia solanacearum RsJ031*. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. Retrieved 30 de noviembre de 2025, from <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/47-3/11a.pdf>
- Quirós Campos, S. (2022). *Cultivo del Tomate. Guia tecnica*. Costa Rica: INTA. Retrieved 7 de agosto de 2025, from https://platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2021/Tomate_Edit.pdf

- (2024). *Registro Fotográfico*. StudySmarter. Retrieved 18 de Julio de 2025, from <https://www.studysmarter.es/resumenes/estudios-de-arquitectura/construccion/registro-fotografico/>
- Rodriguez, P. (2023). *Identificación molecular de virus ARN que afectan cultivos de tomate*. Huacho. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/>
- Rueda , O., Juvera , J., Holguin, R., & Romo, I. (2018). *Evaluación de la actividad antibacteriana in vitro de aceites esenciales de orégano y tomillo contra Ralstonia solanacearum*. Universidad de Sonora-Departamento de Agricultura y Ganadería, Sonora. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.995>
- Solagro. (30 de agosto de 2022). <https://doctoragro.pe/wp>. Retrieved 6 de octubre de 2025, from Solagro, Trichomax: <https://solagro.com.pe/wp-content/uploads/2018/04/1.-FT-TRICHOMAX-SENASA.pdf>
- Sun, Y., Xu, Z., & Meng, Z. (2023). *Biocontrol de la marchitez bacteriana en tomate mediante Bacillus subtilis cepa R31*. Pub Med Central. Retrieved 2 de diciembre de 2025, from <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10568012/>
- UNAN. (2021). *Las líneas y sub líneas de investigación de la unan-managua*. Managua: UNAN-Managua. Retrieved 18 de Marzo de 2024, from [file:///F:/L%C3%ADneas%20de%20Investigaci%C3%B3n%20Aprobadas%20en%20sesi%C3%B3n%202014-2021%20del%2009Jul2021%20\(1\).pdf](file:///F:/L%C3%ADneas%20de%20Investigaci%C3%B3n%20Aprobadas%20en%20sesi%C3%B3n%202014-2021%20del%2009Jul2021%20(1).pdf)
- valdez , M. (01 de septiembre de 2016). *CIAD REPOSITORIO*. <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/>
- Valencia, J., & Carmenates, O. (2023). *Validación de un instrumento para su implementación en el proceso de capacitación comunitaria*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Metropolitana. Retrieved 27 de noviembre de 2025, from <https://www.redalyc.org/pdf/7217/721778125019.pdf>
- Vidal;, M., Gomez, J., & Herrera, E. (24 de enero de 2020). *Repositorio UNA*. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3978>

Anexos A

Tabla 5 Altura de la planta (cm) semana 1

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------|-------|----------------|-------------------|-------|
| Altura (cm) | 1 270 | 0.01 | 0.00 | 21.04 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|---------|-----|------|------|---------|
| Modelo | 14.89 | 4 | 3.72 | 0.56 | 0.6883 |
| Tratamiento | 6.34 | 2 | 3.17 | 0.48 | 0.6186 |
| Bloque | 8.55 | 2 | 4.27 | 0.65 | 0.5235 |
| Error | 1746.11 | 265 | 6.59 | | |
| Total | 1761.00 | 269 | | | |

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.89817

Error: 6.5891 gl: 265

| Tratamiento | Medias | n | E.E. |
|-------------|--------|----|--------|
| Trichomax | 11.99 | 90 | 0.27 A |
| Testigo | 12.25 | 90 | 0.27 A |
| Futron | 12.36 | 90 | 0.27 A |

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

Tabla c Altura de la planta (cm) semana 2

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------|-------|----------------|-------------------|-------|
| Altura (cm) | 2 270 | 0.23 | 0.22 | 19.30 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|---------|-----|--------|-------|---------|
| Modelo | 1958.93 | 2 | 979.46 | 38.81 | <0.0001 |
| Tratamiento | 1958.93 | 2 | 979.46 | 38.81 | <0.0001 |
| Error | 6738.36 | 267 | 25.24 | | |
| Total | 8697.29 | 269 | | | |

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.75778

Error: 25.2373 gl: 267

| Tratamiento | Medias | n | E.E. |
|-------------|--------|----|--------|
| Testigo | 22.36 | 90 | 0.53 A |
| Trichomax | 26.98 | 90 | 0.53 B |
| Futron | 28.75 | 90 | 0.53 C |

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

Tabla 7 Altura de la planta (cm) semana 3

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------|-------|----------------|-------------------|-------|
| Altura (cm) | 3 222 | 0.46 | 0.46 | 18.14 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|----------|-----|---------|-------|---------|
| Modelo | 9964.05 | 2 | 4982.02 | 93.51 | <0.0001 |
| Tratamiento | 9964.05 | 2 | 4982.02 | 93.51 | <0.0001 |
| Error | 11667.45 | 219 | 53.28 | | |
| Total | 21631.49 | 221 | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.84958

Error: 53.2760 gl: 219

Tratamiento Medias n E.E.

| | | | | |
|-----------|-------|----|------|---|
| Testigo | 29.49 | 59 | 0.95 | A |
| Trichomax | 42.09 | 80 | 0.82 | B |
| Futron | 46.12 | 83 | 0.80 | C |

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

Tabla 8 Altura de la planta (cm) semana 4

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------|-------|----------------|-------------------|-------|
| Altura (cm) | 4 202 | 0.58 | 0.58 | 13.24 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|----------|-----|---------|--------|---------|
| Modelo | 14418.07 | 2 | 7209.03 | 137.59 | <0.0001 |
| Tratamiento | 14418.07 | 2 | 7209.03 | 137.59 | <0.0001 |
| Error | 10426.67 | 199 | 52.40 | | |
| Total | 24844.73 | 201 | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.01043

Error: 52.3953 gl: 199

Tratamiento Medias n E.E.

| | | | | |
|-----------|-------|----|------|---|
| Testigo | 39.33 | 47 | 1.06 | A |
| Futron | 59.01 | 79 | 0.81 | B |
| Trichomax | 59.63 | 76 | 0.83 | B |

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

Tabla 5 Diámetro del tallo (mm) semana 1

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|-------|----------------|-------------------|-------|
| D.tallo | 1 270 | 0.02 | 0.01 | 24.09 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|--------|-----|------|------|---------|
| Modelo | 5.30 | 2 | 2.65 | 2.20 | 0.1129 |
| Tratamiento | 5.30 | 2 | 2.65 | 2.20 | 0.1129 |
| Error | 321.79 | 267 | 1.21 | | |
| Total | 327.09 | 269 | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.38412

Error: 1.2052 gl: 267

| Tratamiento | Medias | n | E.E. |
|-------------|--------|----|--------|
| Testigo | 4.45 | 90 | 0.12 A |
| Trichomax | 4.47 | 90 | 0.12 A |
| Futron | 4.76 | 90 | 0.12 A |

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

Tabla 10 Diámetro del tallo (mm) semana 2

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|-------|----------------|-------------------|-------|
| D.tallo | 2 270 | 3.4E-03 | 0.00 | 39.96 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|---------|-----|------|------|---------|
| Modelo | 4.46 | 2 | 2.23 | 0.46 | 0.6317 |
| Tratamiento | 4.46 | 2 | 2.23 | 0.46 | 0.6317 |
| Error | 1293.63 | 267 | 4.85 | | |
| Total | 1298.09 | 269 | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.77018

Error: 4.8451 gl: 267

| Tratamiento | Medias | n | E.E. |
|-------------|--------|----|--------|
| Testigo | 5.35 | 90 | 0.23 A |
| Futron | 5.50 | 90 | 0.23 A |
| Trichomax | 5.67 | 90 | 0.23 A |

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

Tabla 11 Diámetro del tallo (mm) semana 3

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
|----------|---|----------------|-------------------|------|------|
| D.tallo | 3 | 221 | 0.30 | 0.29 | 9.79 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|--------|-----|-------|-------|---------|
| Modelo | 34.19 | 2 | 17.09 | 46.31 | <0.0001 |
| Tratamiento | 34.19 | 2 | 17.09 | 46.31 | <0.0001 |
| Error | 80.47 | 218 | 0.37 | | |
| Total | 114.65 | 220 | | | |

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.23802

Error: 0.3691 gl: 218

| Tratamiento | Medias | n | E.E. | |
|-------------|--------|----|------|---|
| Testigo | 5.55 | 58 | 0.08 | A |
| Futron | 6.36 | 83 | 0.07 | B |
| Trichomax | 6.52 | 80 | 0.07 | B |

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

Tabla 12 Diámetro del tallo (mm) semana 4

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
|----------|---|----------------|-------------------|------|-------|
| D.tallo | 4 | 201 | 0.27 | 0.25 | 10.62 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|--------|-----|-------|-------|---------|
| Modelo | 40.52 | 4 | 10.13 | 17.79 | <0.0001 |
| Bloque | 0.05 | 2 | 0.02 | 0.04 | 0.9588 |
| Tratamiento | 40.47 | 2 | 20.24 | 35.53 | <0.0001 |
| Error | 111.63 | 196 | 0.57 | | |
| Total | 152.15 | 200 | | | |

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.31446

Error: 0.5696 gl: 196

| Tratamiento | Medias | n | E.E. | |
|-------------|--------|----|------|---|
| Testigo | 6.42 | 47 | 0.11 | A |
| Futron | 7.04 | 79 | 0.08 | B |
| Trichomax | 7.60 | 75 | 0.09 | C |

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

Tabla 13 Plantas enfermas semana 3

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--------------|-----|----------------|-------------------|--------|
| planta enf-3 | 266 | 0.06 | 0.06 | 218.64 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|-------|-----|------|------|---------|
| Modelo | 2.32 | 2 | 1.16 | 8.88 | 0.0002 |
| Tratamiento | 2.32 | 2 | 1.16 | 8.88 | 0.0002 |
| Error | 34.40 | 263 | 0.13 | | |
| Total | 36.72 | 265 | | | |

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.12751

Error: 0.1308 gl: 263

| Tratamiento | Medias | n | E.E. | |
|-------------|--------|----|------|---|
| Futron | 0.09 | 89 | 0.04 | A |
| Trichomax | 0.11 | 90 | 0.04 | A |
| Testigo | 0.30 | 87 | 0.04 | B |

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

Tabla 14 Plantas enfermas semana 4

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--------------|-----|----------------|-------------------|--------|
| planta enf-4 | 270 | 0.09 | 0.08 | 177.80 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|-------|-----|------|-------|---------|
| Modelo | 4.46 | 4 | 1.11 | 6.91 | <0.0001 |
| Tratamiento | 4.14 | 2 | 2.07 | 12.83 | <0.0001 |
| Bloque | 0.32 | 2 | 0.16 | 0.99 | 0.3741 |
| Error | 42.76 | 265 | 0.16 | | |
| Total | 47.22 | 269 | | | |

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.14055

Error: 0.1614 gl: 265

| Tratamiento | Medias | n | E.E. | |
|-------------|--------|----|------|---|
| Futron | 0.12 | 90 | 0.04 | A |
| Trichomax | 0.16 | 90 | 0.04 | A |
| Testigo | 0.40 | 90 | 0.04 | B |

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

Tabla 15 Índice de severidad (0-5)

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------------|-----|----------------|-------------------|--------|
| Severidad(0-5) | 270 | 0.09 | 0.07 | 179.62 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|---------|-----|-------|-------|---------|
| Modelo | 94.13 | 4 | 23.53 | 6.37 | 0.0001 |
| Tratamiento | 90.70 | 2 | 45.35 | 12.27 | <0.0001 |
| Bloque | 3.43 | 2 | 1.71 | 0.46 | 0.6293 |
| Error | 979.54 | 265 | 3.70 | | |
| Total | 1073.66 | 269 | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.67272

Error: 3.6964 gl: 265

| Tratamiento | Medias | n | E.E. | |
|-------------|--------|----|------|---|
| Futron | 0.54 | 90 | 0.20 | A |
| Trichomax | 0.79 | 90 | 0.20 | A |
| Testigo | 1.88 | 90 | 0.20 | B |

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

14.1. Anexos B



F1. Casa maya donde se va a plantar el tomate



F2. Mapa de la finca

Croquis del Experimento en el campo

| | | |
|------------|------------|------------|
| T:1 | T:2 | T:3 |
| T:3 | T:1 | T:2 |
| T:2 | T:3 | T:1 |

| | |
|------------|---------------------------------------|
| T:1 | Tratamiento biológico (futron 3.0 WP) |
| T:2 | Tratamiento biológico (Trichomax WP) |
| T:3 | Sin tratamiento |



F3. Tratamiento biológico



F4. Tratamiento biológico



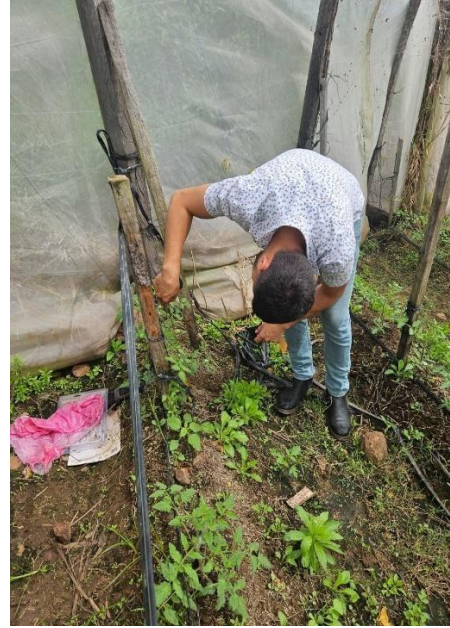
F5. Dosificación de los bactericidas



F6. disolución de los productos



F7. Elaborado por los autores



F8. Midiendo la altura de la planta



F9. Medición del diámetro del tallo



F10. Plantas afectadas



F11. Marchitamiento de la planta



F12. Xilema afectado



F13. Afectaciones en la raíz



F13. Plantas afectadas



¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



