UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRADO DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN CHALTURA, IMBABURA

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

Línea de investigación: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

AUTORA:

Ayleen Anthonella Burbano Guerrero

DIRECTOR:

Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, MSc.

Ibarra – Ecuador, 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Burbano Guerrero Ayleen Anthonella

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	**ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRADO DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN CHALTURA, IMBABURA**
AUTOR:	Ayleen Anthonella Burbano Guerrero
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	18/11/2026
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** ☐ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de noviembre de 2026

EL AUTOR:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
AYLEEN ANTHONELLA BURBANO GUERRERO

.....
Ayleen Anthonella Burbano Guerrero

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ayleen Anthonella Burbano Guerrero

Ibarra a los 18 días del mes de noviembre de 2026

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
LUIS MARCELO ALBUJA ILLESCAS

(f) ……

Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, MSc.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRADO DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN CHALTURA, IMBABURA

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Titulo de:

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, MSc. Validar únicamente en FirmaEC. Firmado electrónicamente por: LUIS MARCELO ALBUJA ILLESCAS

DIRECTOR FIRMA

Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD. Validar únicamente en FirmaEC. Firmado electrónicamente por: JULIA KARINA PRADO BELTRAN

MIEMBRO TRIBUNAL FIRMA

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 18 días del mes de noviembre del 2026

Ayleen Anthonella Burbano Guerrero: "ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRADO DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN CHALTURA, IMBABURA" / Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Agropecuaria. Ibarra, a los 18 días del mes de noviembre del 2026, 91 páginas.

DIRECTOR: Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar estrategias de manejo integrado para el control de nematodos fitoparásitos en el cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero en Chaltura, Imbabura.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Comparar el rendimiento y calidad de frutos entre los tratamientos en estudio.
- Determinar la incidencia y severidad del agallamiento radicular causado por nematodos fitoparásitos en plantas de tomate riñón, en los distintos tratamientos evaluados.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte, por brindarme la oportunidad de formarme académica y profesionalmente en la carrera de Ingeniería Agropecuaria.

En especial a mi director de tesis, Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, MSc, por su orientación, confianza y constante disposición para ayudarme. A mi asesora, Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD., por su paciencia y apoyo ante cada dificultad, al compartir sus conocimientos y demostrar siempre su vocación y calidad como docente.

A la Finca El Diamante, por facilitar el invernadero para el desarrollo de la fase de campo, a la Sra. Guadalupe Villota, por su confianza, paciencia y conocimientos compartidos; al Ing. Anderson Mora; y a Don Manuel y a su esposa, por su apoyo durante las labores de campo.

A las empresas que contribuyeron al desarrollo de la investigación: Bioseb Organics, representada por el Ing. Francisco Noboa; Sannagro, mediante el Ing. Roberto Sánchez; y Koppert, a través del Ing. Bryon Montero, por su valioso aporte con los controladores biológicos empleados en esta investigación.

A los docentes Ing. Magali Cañarejo Antamba, PhD., y MVZ. Xavier Bonifaz, MSc., por sus enseñanzas y por ser ejemplos de constancia y perseverancia. Al Ing. Fernando Basantes Vizcaino, PhD., por sus conocimientos compartidos, su orientación y aporte a mi formación profesional; y a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, por contribuir a mi formación académica.

A Maricita, por su constante apoyo y gestión administrativa desde Secretaría; y a mis compañeros de clase, por los aprendizajes y momentos compartidos durante esta etapa universitaria.

A todos quienes contribuyeron directa o indirectamente a la culminación de este trabajo, mi más sincero agradecimiento.

DEDICATORIA

*Agradezco y dedico este logro, en primer lugar, a **Dios**, por haberme permitido llegar hasta aquí, brindándome fortaleza, sabiduría y amor para afrontar cada desafío y culminar esta etapa tan importante de mi vida.*

*A mi madre, **Lorena Guerrero Andrade**, mi pilar y mi mayor ejemplo de superación. Por sostenerme siempre, acompañarme en cada derrota y levantarme cuando sentía que no podía continuar. Gracias por su amor incondicional, enseñarme a ser fuerte, perseverante y a luchar siempre por alcanzar algo más.*

*A mi padre, **José Luis Burbano**, por permanecer a mi lado a pesar de las dificultades que hemos atravesado. Este logro también es fruto de su apoyo, esfuerzo y confianza en mí, que han sido fundamentales para llegar hasta aquí. Gracias, papá, por demostrarme desde el inicio de esta carrera lo orgulloso que se siente de mí, por creer siempre en mis capacidades y en la mujer y profesional en la que me convertiría.*

*A mi abuelita, **Ximena Andrade Ibujes**, por ser un pilar fundamental en nuestra familia y por haber formado gran parte de la persona que soy. Gracias por enseñarme a ser independiente, fortalecer mi carácter y hacerme creer que soy capaz de alcanzar todo aquello que me proponga.*

*A mi hermana, **Sury Burbano Guerrero**, por su cariño y apoyo. Te dedico este logro para que cada triunfo de nuestra familia te recuerde que, a pesar de las dificultades, los tropiezos y los momentos en los que queremos renunciar, siempre será posible llegar a la meta. Deseo verte llegar aún más lejos y alcanzar cada uno de tus sueños.*

*A **Cristina Chavarria**, por haber estado presente en los momentos en que continuar parecía difícil, por el cariño, el apoyo incondicional y por impulsarme a no abandonar este camino. Gracias por creer en mí, por darme fuerzas cuando las necesité y por todo lo que compartimos. Aunque el tiempo haya cambiado nuestros caminos, siempre guardaré con cariño lo vivido. Fuiste mi compañera de batallas y cómplice de una etapa que siempre tendrá un lugar especial en mí.*

*A **Francisco Jumbo**, por su amor, paciencia y apoyo durante este camino. Gracias por sus palabras de aliento, por acompañarme y por darme fuerzas cuando más lo necesité. Gracias, infinitas gracias, por estar presente y compartir conmigo esta etapa tan importante en mi vida.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. ÍNDICE DE TABLAS XIII
2. ÍNDICE DE FIGURAS XV
3. ÍNDICE DE ANEXOS XVI
CAPÍTULO I 1
1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. ANTECEDENTES 1
1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 2
1.3. JUSTIFICACIÓN 3
1.4. OBJETIVOS 4
1.4.1. Objetivo general 4
1.4.2. Objetivos específicos 4
1.5. HIPÓTESIS 4
1.5.1. Hipotesis 4
2. CAPÍTULO II 6
MARCO TEÓRICO 6
2.1. Importancia del cultivo de tomate riñón 6
2.1.1. Importancia a nivel mundial 6
2.1.2. Importancia en Ecuador 7
2.2. Características agronómicas del tomate riñón 7
2.2.1. Clasificación taxonómica y morfológica del cultivo 8
2.2.2. Fases fenológicas del cultivo 9
2.2.3. Requerimientos edafoclimáticos 10
2.3. Manejo agronómico del cultivo 11

2.3.1. Siembra y trasplante 11
2.3.2. Riego 11
2.3.3. Tutoreo y poda 12
2.3.4. Cosecha 12
2.4. Problemas fitosanitarios en el cultivo de tomate 13
2.4.1. Principales plagas 13
2.4.2. Principales enfermedades 14
2.4.3. Impacto en la producción 15
2.5. Nematodos fitoparásitos en el cultivo de tomate 15
2.5.1. Definición y características 15
2.5.2. Importancia agrícola 16
2.5.3. Principales géneros de nematodos 16
2.5.3.1 *Meloidogyne:* nematodo agallador de raíces. 16
2.5.3.2 *Pratylenchus*: nematodo lesionador. 17
2.5.3.3 Otros nematodos relevantes. 17
2.6. Daño causado por nematodos en el cultivo 19
2.6.1. Daño en el sistema radicular 19
2.6.2. Alteraciones fisiológicas en la planta 19
2.6.3. Efecto en el crecimiento y rendimiento 20
2.7. Métodos de control de nematodos 21
2.7.1. Control químico 21
2.7.2. Control cultural 22
2.7.3. Control biológico 22
2.8. Control biológico de nematodos 23
2.8.1. Paecilomyces fumosoroseus 23
2.8.2. Paecelomyces lilacinus 23

2.8.3. Trichoderma spp. 24
2.9. Microorganismos utilizados en el control de nematodos 24
2.9.1. Paecilomyces lilacinus 24
2.9.2. Paecilomyces fumosoroseus 24
2.9.3. Trichoderma spp. 25
2.10. Evaluación del daño radicular por nematodos 25
2.10.1. Evaluación visual del daño 25
2.10.2. Escalas de severidad 26
2.11. Análisis económico en sistemas de producción agrícola 26
2.11.1. Costos de producción 26
2.11.2. Relación beneficio/costo 26
2.11.3. Importancia del análisis económico 27
2.12. MARCO LEGAL 27
2.12.1. Constitución de la República del Ecuador 27
2.12.2. Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria 28
2.12.3. Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable 28
2.12.4. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Antonio Ante 29
2.12.5. Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 29
2.12.6. Plan Nacional de Desarrollo Ecuador no se detiene 2025–2029 30
3. CAPÍTULO III 31
MARCO METODOLÓGICO 31
3.1. Caracterización del área de estudio 31
3.1.1. Ubicación geográfica 31
3.2. Materiales, equipos, insumos y herramientas 32
3.3. Métodos 32

3.3.1. Factor en estudio. 32
3.3.2. Diseño experimental. 33
3.3.3. **Características del experimento** 33
3.3.4. Características de la unidad experimental 34
3.3.5. Análisis estadístico. 34
3.4. Variables a evaluar 35
3.4.1. Altura de la planta (cm) 35
3.4.2. Diámetro del tallo (mm) 35
3.4.3. Peso de fruto (kg) 35
3.4.4. Incidencia de plagas 35
3.4.5. Presencia de agallas en raíces 36
3.4.6. Rendimiento 37
3.4.7. Análisis Económico 37
3.5. Manejo específico del experimento 37
3.5.1. Análisis de suelo 37
3.5.2. Preparación del suelo 38
3.5.3. Establecimiento del área de estudio y delimitación de parcelas. 39
3.5.4. Aplicación de los productos biológicos 39
3.5.5. Control de malezas 40
3.5.6. Trasplante 40
3.5.5. Riegos 42
3.5.8. Tutoreo 42
3.5.9. Monitoreo de enfermedades 42
3.5.6. Medición y registro de datos 42
3.5.7. Cosecha 43

4. CAPÍTULO IV 44

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 44

4.1. Comparación del rendimiento y calidad de frutos entre los tratamientos de estudio 44

4.1.1. Evaluación del crecimiento longitudinal (Altura) 44

4.1.2. Evaluación del diametro 47

4.1.3. Rendimiento total de los tratamientos 49

4.1.4. Rendimiento de frutos por clasificación de calidad según tratamiento e injerto. 51

4.2. Determinación de la incidencia y severidad del agallamiento radicular causado por nematodos fitoparásitos en plantas de tomate riñón, en los distintos tratamientos evaluados 54

4.2.1. Incidencia y severidad del agallamiento radicular causado por nematodos fitoparásitos 54

4.2.2. Incidencia de plagas asociadas al cultivo 56

4.2.2.1 Mosca blanca. 56

4.2.2.2 Minador. 58

4.2.2.3 *Tuta absoluta*. 59

4.2.2.4 Enrollador. 61

4.2.2.5 Áfidos. 62

4.2.3. Incidencia de enfermedades asociadas al cultivo 64

4.2.3.1 Tizon tardío. 65

4.2.3.2 Botrytis. 66

4.2.3.3 *Fusarium* sp. 67

4.3. Análisis de los resultados económicos de los tratamientos en estudio 69

4.3.1. Indicadores de rentabilidad y eficiencia financiera 69

5. CAPÍTULO V 71

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 71

5.1. Conclusiones 71

5.2. Recomendaciones 72

REFERENCIAS 73

ANEXO(S) 90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Contexto taxonómico del tomate riñón* 8

Tabla 2. *Dinámica fenológica y atributos agronómicos del tomate riñón.* 9

Tabla 3. Principales plagas del cultivo 13

Tabla 4. *Principales enfermedades que afectan al tomate riñón* 14

Tabla 5. *Distribución espacial de finca "El Diamante"* 31

Tabla 6. *Tabla de materiales utilizados dentro de la investigación* 32

Tabla 7. *Descripción de los tratamientos* 33

Tabla 8. *Medidas de cada parte de la unidad experimental.* 34

Tabla 9. *Detalle de los factores de estudio* 34

Tabla 10. *Escala de afectación de nemátodos en las raíces determinado por su porcentaje* 37

Tabla 11. *Análisis de varianza para altura de planta en tomate riñón en función de los días después del trasplante, tipo de injerto y control biológico* 44

Tabla 12. *Análisis de varianza para diámetro de planta en tomate riñón en función de los días después del trasplante, tipo de injerto y control biológico* 47

Tabla 13. *Análisis de la incidencia de mosca blanca según días después del trasplante, injerto y tratamiento* 56

Tabla 14. *Análisis de la incidencia del minador según días después del trasplante, injerto y tratamiento* 58

Tabla 15. *Análisis de la incidencia de Tuta absoluta según días después del trasplante, injerto y tratamiento* 60

Tabla 16. *Análisis de la incidencia del enrollador según días después del trasplante, injerto y tratamiento* 61

Tabla 17. *Análisis de la incidencia de áfidos según días después del trasplante, injerto y tratamiento* 63

Tabla 18. *Análisis de la incidencia de tizón tardío según días después del trasplante, injerto y tratamiento* 65

Tabla 19. *Análisis de la incidencia de Botrytis según días después del trasplante, injerto y tratamiento* 66

Tabla 20. *Medias descriptivas de la incidencia de Botrytis según días después del trasplante, injerto y tratamiento* 67

Tabla 21. *Análisis de la incidencia de Fusarium sp. según días después del trasplante, injerto y tratamiento* 68

Tabla 22. *Medias descriptivas de la incidencia de Fusarium sp. según injerto y tratamiento* 68

Tabla 23. *Análisis económico comparativo e indicadores de rentabilidad entre el Injerto 1 Tratamiento 1 y el Injerto 2 Tratamiento 6.* 69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Morfología y tamaño relativo de los nematodos fitoparásitos más importantes.* .. 16

Figura 2. *Daños directos e indirectos ocasionados por nematodos fitoparásitos en los cultivos.* 20

Figura 3. *Mapa de ubicación geográfica de la finca "El Diamante"* 31

Figura 4. *Esquema del diseño experimental.* 33

Figura 5. *Escala visual del índice de nodulación propuesta por Bridge y Page (1980)* 36

Figura 6. *Toma de muestras de suelo para su posterior análisis*..... 38

Figura 7. *Aplicación de los productos biológicos en las diferentes unidades experimentales* 40

Figura 8. *Cubierta de mulch sobre cada unidad experimental*..... 40

Figura 9. *Establecimiento de plántulas de tomate dentro del invernadero* 41

Figura 10. *Medición de la variable grosor de tallo de una de las unidades experimentales* 43

Figura 11. *Evolución de la altura de planta en portainjerto Robusto con Pietro 1 (a) e portainjerto Briomino con Pietro 2 (b) según los controles biológicos* 45

Figura 12. *Evolución del diámetro de planta en el injerto 1 (a) e injerto 2 (b) según los controles biológicos* 48

Figura 13. *Rendimiento total de tomate riñón por tratamiento e injerto*..... 50

Figura 14. *Análisis del rendimiento (t ha^{-1}) según la calidad comercial en injertos 1 (a) y 2 (b).* 52

Figura 15. *Grado de agallamiento radicular según tratamiento e injerto* 55

Figura 16. *Incidencia de mosca blanca según días después del trasplante e injerto* 57

Figura 17. *Incidencia de minador según días después del trasplante* 59

Figura 18. *Incidencia de Tuta absoluta según días después del trasplante*..... 60

Figura 19. *Incidencia de enrollador según días después del trasplante*..... 62

Figura 20. *Incidencia de áfidos según días después del trasplante y tratamiento*..... 63

Figura 21. *Incidencia de áfidos según injerto y tratamiento* 64

Figura 22. *Incidencia de tizón tardío según tratamiento* 65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Rendimiento de frutos por tratamiento, tipo de injerto y clasificación de calidad.. 90

Anexo 2. Análisis económico de costos del injerto 1 tratamiento 1 93

Anexo 3. Análisis económico de costos del injerto 2 tratamiento 6 95

ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRADO DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN CHALTURA, IMBABURA

Autora: Burbano Guerrero Ayleen Anthonella

Universidad Técnica del Norte

Correo: aaburbanog@utn.edu.ec

RESUMEN

El cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero enfrenta limitaciones productivas en la provincia de Imbabura debido al ataque de nematodos fitoparásitos, los cuales dañan el sistema radicular y reducen la absorción de nutrientes; por esta razón, la presente investigación planteó evaluar estrategias de manejo integrado para el control de estos patógenos en la parroquia de Chaltura, cantón Antonio Ante, mediante la comparación del rendimiento y la calidad de los frutos, la determinación de la incidencia y severidad del daño radicular, y el análisis económico de los tratamientos planteados. Para ello, se aplicó un diseño experimental de bloques completos al azar con parcelas divididas, donde el factor principal fue el tipo de injerto y las subparcelas correspondieron a seis tratamientos que incluyeron controladores biológicos y un testigo convencional. Los resultados demostraron que la interacción del injerto Pietro con Robusto (1) con *P. fumosoroseus* (Wize) (T1) alcanzó la mayor productividad, con un rendimiento total de 130.81 t ha^{-1} y un promedio de 25.95 kg $planta^{-1}$. En cuanto al daño radicular la combinación *de P. fumosoroseus* (Wize) y *Trichoderma* spp. (T4) en este mismo injerto logró mantener el 61.11% de las plantas sanas, a diferencia del manejo tradicional que presentó un 55% de daño severo. Estos resultados mostraron que la integración de injertos y microorganismos benéficos disminuye la afectación por nematodos y mejora la rentabilidad, destacándose el uso de *P. fumosoroseus* en el primer injerto (I1-T1) al obtener una relación beneficio-costo de 1.19.

Palabras clave: control biológico, metabolitos, *Purpureocillium lilacinum, Trichoderma*, injertos.

INTEGRATED MANAGEMENT STRATEGIES FOR PLANT-PARASITIC NEMATODES IN TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) CULTIVATION UNDER GREENHOUSE CONDITIONS IN CHALTURA, IMBABURA

Author: Burbano Guerrero Ayleen Anthonella

University: Universidad Técnica del Norte

Email: aaburbanog@utn.edu.ec

ABSTRACT

Greenhouse cultivation of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) faces significant production constraints in Imbabura Province due to attacks by plant-parasitic nematodes, which damage the root system and reduce nutrient uptake. Therefore, this study aimed to evaluate integrated management strategies for controlling these pathogens in Chaltura Parish, Antonio Ante Canton, by comparing fruit yield and quality, determining the incidence and severity of root damage, and conducting an economic analysis of the proposed treatments. A randomized complete block design with split plots was implemented, in which the main factor was the graft type, while the subplots consisted of six treatments, including biological control agents and a conventional control. The results showed that the interaction between the Pietro scion grafted onto Robusto rootstock (I1) and *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) (T1) achieved the highest productivity, with a total yield of 130.81 t ha^{-1} and an average of 25.95 kg $plant^{-1}$. Regarding root damage, the combination of *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) and *Trichoderma spp*. (T4) in the same graft maintained 61.11% of the plants free from root damage, whereas the conventional management treatment recorded 55% severe damage. These findings demonstrate that integrating grafting with beneficial microorganisms reduces the impact of plant-parasitic nematodes and improves profitability, with Purpureocillium fumosoroseum applied to the first graft combination (I1–T1) standing out by achieving a benefit–cost ratio of 1.19.

Keywords: biological control, metabolites, *Purpureocillium lilacinum, Trichoderma, grafts.*

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) constituye uno de los sistemas productivos más relevantes dentro del sector hortícola (Peñaloza, 2021). Esto se debe a la actual demanda de este cultivo en la alimentación humana y a su importancia económica en sistemas intensivos de producción (Panno et al., 2021). Además, presenta un alto valor nutricional, debido a que es fuente de compuestos antioxidantes como el licopeno y el β-caroteno, así como de vitaminas C y A, los cuales contribuyen a la reducción del estrés oxidativo en el organismo (Shafe et al., 2024).

A nivel global, la producción de tomate ha manifestado un crecimiento sostenido con una producción de 78 millones de toneladas, una superficie de siembra de 5.4 millones de hectáreas aproximadamente por lo que alrededor del 0.11% del uso de suelo agrícola es destinado a la producción de este cultivo. Sin embargo, en regiones como América Latina, los rendimientos se ven limitados por diversos factores fitosanitarios, entre los cuales destacan los nematodos fitoparásitos (Orona et al., 2022). Según Manobanda (2022) los nematodos del género *Meloidogyne* ocasionan alteraciones fisiológicas en las plantas, debido a la inyección de secreciones que modifican el funcionamiento celular, provocando deformaciones en las raíces, necrosis y disminución del crecimiento vegetal por lo que su presencia facilita la entrada de otros patógenos, lo que agrava el daño y reduce el rendimiento del cultivo.

Por otra parte, su manejo, tradicionalmente se ha enfocado al uso de nematicidas químicos, los cuales han mostrado eficacia en la reducción de poblaciones; no obstante, su uso intensivo ha generado impactos negativos en el ambiente, riesgos para la salud humana y desequilibrios en los agroecosistemas (Maldonado et al., 2025). Mientras que alternativas como el control biológico ha mostrado resultados importantes en diferentes sistemas agrícolas de América Latina, donde microorganismos antagonistas como *Trichoderma* spp. y *Purpureocillium lilacinum* (Thom) presentan capacidad para parasitar huevos y juveniles de *Meloidogyne* spp., disminuir la reproducción del nematodo y estimular el desarrollo radicular de las plantas hospedantes (Contreras et al., 2025). Por lo que se conserva de la salud del suelo y se fortalece los mecanismos naturales de supresión de patógenos (Castro y Rivillas, 2022).

En Ecuador se evidenció que la aplicación de *Trichoderma asperellum* S. y *P. lilacinum* T. redujo significativamente las poblaciones de *Meloidogyne incógnita* (Kofoid y White) bajo condiciones de invernadero, constituyéndose en una alternativa viable para disminuir la dependencia de productos químicos convencionales (Manobanda, 2022).

1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Las áreas de producción de tomate son altamente susceptibles al ataque de nematodos fitoparásitos, los cuales ocasionan daños severos en el sistema radicular (Chimba, 2020). Según D'Errico et al. (2022) estas afectaciones provocan un desarrollo deficiente de las plantas, caracterizado por una reducción en el tamaño y número de hojas, disminución del peso de los frutos y, en casos avanzados, el volcamiento de las plantas debido a la pudrición de las raíces por lo que en una ausencia de control, las pérdidas productivas pueden alcanzar hasta un 60% en la primera cosecha y un 75% en la segunda.

Entre las principales problemáticas asociadas al manejo de nematodos se encuentra el uso intensivo de plaguicidas altamente peligrosos, que representan un riesgo significativo tanto para la salud humana como para la biodiversidad del ecosistema (Saadony et al., 2021). Valverde y Revelo (2025) evidenciaron que durante el desarrollo del cultivo se observa una disminución en la calidad y el rendimiento, lo que conlleva un incremento en la aplicación de nematicidas, por lo que su uso intensivo ha generado un aumento en los costos de producción, además de impactos negativos sobre el ambiente.

La respuesta más frecuente frente al daño ocasionado por nematodos en el cultivo de tomate ha sido el uso intensivo de plaguicidas químicos, lo que ha incrementado la dependencia de estos insumos en los sistemas productivos. A nivel mundial se considera que existen alrededor de 1500 ingredientes activos de plaguicidas, con más de 60 000 formulaciones comercializadas, lo que refleja la importancia de su utilización en la agricultura (Ruales y Barriga, 2020). Mientras que para el control de nemátodos en Ecuador hasta febrero de 2022 se reportaron 11 productos químicos registrados para su control en diferentes cultivos cuyos ingredientes activos incluyen compuestos como 1,3-dicloropropeno, cadusafos, etoprofos, fenamifos, fluopiram, oxamil y terbufos (Torres, 2023). Sin embargo, la aplicación continua de pesticidas no siempre asegura el control de las poblaciones de plagas, y ese es el mensaje fuerte que se desprende de varios trabajos, de igual forma la exposición a combinaciones de estos compuestos puede producir

efectos tóxicos acumulativos, aumentando los riesgos para la salud humana y para el medio ambiente (Kusakabe et al., 2022).

Mina et al. (2025) menciona que el uso intensivo de nematicidas no solo impacta a los organismos objetivo, sino también a la biota benéfica del suelo, lo que altera procesos ecológicos fundamentales al afectar microorganismos clave para la fertilidad y productividad agrícola, por lo que la dependencia de productos químicos para el control de nematodos fitoparásitos continúa siendo una práctica frecuente en los sistemas intensivos de producción de tomate, esto presenta limitaciones relacionadas con su sostenibilidad a largo plazo donde su uso puede afectar la salud del suelo, incrementar los costos de producción y generar impactos negativos sobre organismos benéficos asociados a la rizósfera (Castro y Rivillas, 2022).

De igual forma las crecientes restricciones sobre el uso de algunos ingredientes activos y la necesidad de reducir la carga química en los agroecosistemas han impulsado la búsqueda de alternativas más sostenibles para el manejo de nematodos agalladores (López et al., 2023)

1.3. JUSTIFICACIÓN

El uso intensivo de productos químicos para el control de nematodos fitoparásitos constituye una de las principales limitantes para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas modernos, aunque los nematicidas sintéticos permiten reducir temporalmente las poblaciones de estos organismos, su aplicación continua puede generar efectos adversos sobre la microbiota del suelo, afectar organismos benéficos y aumentar los riesgos de contaminación ambiental, comprometiendo la estabilidad de los agroecosistemas igualmente, el uso continuo de nematicidas químicos puede generar desequilibrios en los agroecosistemas y provocar resistencia en las poblaciones de plagas, reduciendo su eficacia a largo plazo (Castro y Rivillas. 2022). Además, la dependencia de estos insumos incrementa los costos de producción y dificulta la implementación de sistemas agrícolas más sostenibles y ambientalmente responsables (Valverde y Revelo, 2025).

Ante esta situación, surge la necesidad de implementar alternativas sostenibles que permitan el manejo eficiente de nematodos sin comprometer el equilibrio ambiental, donde el uso de agentes biológicos, como microorganismos benéficos y metabolitos de origen natural constituyen herramientas efectivas para disminuir las poblaciones de nematodos fitoparásitos y mejorar la salud del suelo (López et al., 2023). Asimismo, investigaciones desarrolladas en

Ecuador evidencian que el uso de extractos vegetales y agentes biológicos puede contribuir significativamente a la reducción de *Meloidogyne incognita,* favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate (Pino et al., 2025).

Estudios como los de Ayaz et al. (2024) han demostrado la eficacia del control biológico en la regulación de poblaciones de nematodos fitoparásitos por lo cual mencionan que esta estrategia permite mantener las poblaciones por debajo de los umbrales económicos, evitando pérdidas significativas en los cultivos. De igual manera, Magallanes et al. (2025) señalaron que la integración de prácticas biológicas y culturales permite reducir la incidencia de nematodos y mantener sus poblaciones por debajo de los niveles que ocasionan pérdidas económicas en cultivos hortícolas, estos resultados demuestran que las estrategias de manejo integrado representan una opción sostenible para mejorar la productividad agrícola sin incrementar la presión ambiental derivada del uso excesivo de agroquímicos.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar estrategias de manejo integrado para el control de nematodos fitoparásitos en el cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero en Chaltura, Imbabura.

1.4.2. Objetivos específicos

- Comparar el rendimiento y calidad de frutos entre los tratamientos en estudio.
- Determinar la incidencia y severidad del agallamiento radicular causado por nematodos fitoparásitos en plantas de tomate riñón, en los distintos tratamientos evaluados.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. Hipotesis

Ho: Las estrategias de manejo integrado de nematodos fitoparásitos no influyen en la severidad del daño radicular, el rendimiento ni la rentabilidad del cultivo de tomate riñón bajo condiciones de invernadero.

Ha: Las estrategias de manejo integrado de nematodos fitoparásitos influyen en la severidad del daño radicular, el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de tomate riñón bajo condiciones de invernadero.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Importancia del cultivo de tomate riñón

El cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) es considerado una de las hortalizas de mayor importancia económica y nutricional tanto a nivel mundial, como local, debido a su alto consumo, rentabilidad en invernaderos, demanda laboral constante y a su alto contenido en vitaminas A y C lo que lo posiciona en un alimento fundamental en la dieta diaria (Hipo, 2024).

2.1.1. Importancia a nivel mundial

El tomate es una de las hortalizas de mayor importancia a nivel mundial debido a su gran difusión comercial (Senthilkumar et al., 2020). Además, por a su alto contenido de vitaminas, minerales y sustancias antioxidantes, el tomate se ha considerado un alimento beneficioso para la salud. Debido a su bajo valor calórico, su aporte de licopeno, vitamina C y a su acción antioxidante, este cultivo se convierte en un alimento altamente demandado por los consumidores (Arteaga, 2022).

A nivel mundial la producción de tomate riñón está centrada en países como China, India, Estados Unidos y Turquía, y a nivel latinoamericano, Brasil es el único país que es considerado por la FAO como un productor importante del tomate (Velasco, 2013). De acuerdo a estudios realizados por la FAO (2013) China encabeza la producción de tomate riñón con alrededor de 48 millones de toneladas por año, mientras que Brasil produce alrededor de 4 millones de toneladas métricas por año.

Por otro lado los cambios en la alimentación y las crecientes tendencias en el consumo de alimentos más saludables y además con alto valor nutricional han incrementado el consumo de verduras en los cuales se incluye el tomate (Moscoso Gómez et al., 2021). Como consecuencia de estos factores, la demanda de tomate riñón ha aumentado, y de esta manera el consumo mundial per cápita de tomate riñón registrado fue de 140.9 millones de toneladas (Cacoango, 2018).

La FAO (2022) menciona que en el 2020 la producción mundial de tomate riñón fue de 186,8 millones de toneladas y un costo de 36 USD/caja de 25 lb, por lo que fue el valor el más alto registrado en los últimos cinco años, sin embargo en el año 2021 el precio se estabilizó en 18,36 USD/caja de 25 lb (Sistema de Información de Precios Agropecuarios [SIPA], 2022).

2.1.2. Importancia en Ecuador

La importancia del cultivo de tomate en Ecuador radica en que esta hortaliza es de alto consumo dentro de la canasta básica familiar y de gran valor para la agricultura del país. Cada ecuatoriano consume, en promedio, 5 kilos de tomate al año en el año 2013 y se espera que aumente debido a las nuevas tendencias de alimentación (SINAGAP, 2013; FAO, 2018). En el país hay 3 mil hectáreas de tomate, con una producción de aproximadamente 62 mil toneladas al año. La mayoría de tomateras está ubicada en la provincia de Santa Elena y en los valles de Azuay, Imbabura y Carchi (Bayer Crop Science, 2020).

Por otro lado la producción de tomate riñón se encuentra en alrededor de 50.000 Tm/año, donde la provincia de Imbabura es la principal provincia productora de este vegetal, seguida por la provincia del Carchi (Barreiro, 2016). En la provincia de Imbabura, Varela (2019) menciona que los principales cantones productores de tomate riñón son Antonio Ante, Ibarra y Pimampiro (Cacoango, 2018).

Aunque en términos económicos Ecuador no se encuentra entre los 30 primeros productores a nivel mundial (Hortoinfo, 2021), el tomate tiene una alta demanda y ha incrementado su precio en 2020 hasta 0.37 USD/kg a campo abierto y 0.86 USD en invernadero (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2018). En investigaciones locales en la provincia de Imbabura (Chatura) se observó que parcelas pequeñas con manejo tradicional enfrentan limitaciones de ventilación lo que eleva la humedad relativa nocturna sobre el 80%, aumentando la presencia de plagas y enfermedades, este problema condiciona la estructura de costos del productor local, lo que obliga a realizar aplicaciones fitosanitarias semanales que representan aproximadamente el 40% de los costos totales de producción (22% en insecticidas y 17% en fungicidas), sin embargo, pese a estos desafíos microclimáticos, el manejo actual de la zona asegura un rendimiento superior al 70% en frutos de calidad comercial de primera y segunda categoría (Albuja et al., 2025).

2.2. Características agronómicas del tomate riñón

Las características agronómicas del tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) constituye un factor clave para el análisis de la respuesta al cultivo bajo diferentes sistemas de manejo. Son: taxonómico, morfológico, edafoclimático y adaptativo, y afectan directamente al desarrollo fenológico, a la adaptación del cultivo y a su potencial de rendimiento.

2.2.1. Clasificación taxonómica y morfológica del cultivo

Según Marín (2017), el tomate (*Solanum lycopersicum L.*) es una planta perenne, herbácea y dicotiledónea, que pertenece a la familia Solanaceae, sin embargo, aunque su ciclo natural es perenne, se cultiva como anual debido a su aprovechamiento agrícola centrado en la producción de frutos. Su clasificación taxonómica se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1.

Contexto taxonómico del tomate riñón

Reino:	**Plantae**
División:	*Magnoliophyta*
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	*Solanum*
Especie:	*Solanum lycopersicum* L.

Jaramillo et al. (2007) describen al tomate como una planta de porte arbustivo cuyo crecimiento puede ser rastrero, semierecto o erecto, dependiendo de la variedad. En las variedades determinadas, el crecimiento es limitado, mientras que en las indeterminadas es continuo.

El tallo del tomate está constituido por nudos e internudos, a partir de los cuales se originan hojas, flores y ramas laterales; además, presenta tricomas los cuales cumplen funciones de protección y regulación fisiológica. De igual manera, el tallo tiene la capacidad de desarrollar raíces adventicias al entrar en contacto con el suelo, lo que contribuye a su establecimiento y adaptación en diferentes condiciones de cultivo (Salim et al., 2020).

Las hojas son compuestas, con foliolos dispuestos de forma alterna y con presencia de pubescencia. Las flores son hermafroditas, de color amarillo, y se agrupan en inflorescencias tipo racimo, característica que favorece la autofecundación. Estas estructuras reproductivas presentan variabilidad en número y disposición dependiendo del genotipo (Swamy, 2023).

El fruto del tomate es una baya carnosa que presenta variaciones en tamaño, forma y número de lóculos, los cuales contienen las semillas. Estas características morfológicas son utilizadas en estudios de diversidad genética y clasificación de variedades. Las semillas son pequeñas, con estructuras bien definidas como embrión, endospermo y testa, lo que permite su propagación eficiente en sistemas agrícola (Salim et al., 2020).

2.2.2. Fases fenológicas del cultivo

Las fases fenológicas del tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) en sistemas de cultivo protegido (invernadero) se dividen en fases fenológicas secuenciales; en cada fase el cultivo presenta exigencias climáticas y nutricionales para favorecer el crecimiento de follaje y engrose de los frutos (Peet y Welles, 2005). Según Albuja et al. (2025), el desarrollo del cultivo ronda los 190 días posteriores al trasplante (DDT), en la Tabla 2 se detalla la duración y los procesos biológicos clave de este ciclo:

Tabla 2.

Dinámica fenológica y atributos agronómicos del tomate riñón.

Etapa de desarrollo	Intervalo (DDT)	Duración	Procesos fisiológicos y manejo agronómico
Fase vegetativa y de anclaje	0 – 50	50 días	La planta concentra su energía en la emisión de raíces secundarias y pelos radicales. El acople vascular perfecto del injerto resulta fundamental para garantizar el transporte ininterrumpido de fluidos (Schwarz et al., 2010). Es el momento ideal para introducir microorganismos antagonistas en la rizósfera, con el fin de bloquear el ataque de nematodos (*Meloidogyne* spp.) y potenciar la asimilación de nutrientes.
Fase reproductiva (floración y cuajado)	51 – 109	59 días	Ocurre un cambio metabólico drástico hacia la multiplicación celular del ovario tras la polinización. Este proceso desata una intensa competencia por fósforo y potasio (Peet y Welles, 2005). La tasa de transpiración se eleva al máximo; por ello, cualquier daño vascular por agallas bloquea el xilema, induce un severo déficit hídrico, provoca el aborto de flores y merma el volumen final de producción (Jones et al., 2013).
Fase de llenado, maduración y recolección (cosecha)	110 – 190	81 días	Los frutos experimentan una expansión acelerada por la entrada constante de solutos y agua. El transporte adecuado de calcio es vital para eludir la necrosis apical, simultáneamente, se activan las vías bioquímicas responsables de la síntesis de licopeno.

De esta manera el empleo de patrones resistentes y la aplicación oportuna de biocontroladores actúan como un escudo biológico durante las fases fenológicas del cultivo al mantener el flujo

vascular intacto frente a la presión de nematodos, frenar el estrés fisiológico y asegurar un volumen de cosecha de alta calidad hasta el cierre del ciclo.

2.2.3. Requerimientos edafoclimáticos

El desarrollo y productividad del cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) dependen en gran medida de las condiciones edafoclimáticas, ya que estos factores influyen directamente en los procesos fisiológicos y metabólicos de la planta (Kumar, 2012). La interacción entre temperatura, humedad, radiación solar y características del suelo determina el crecimiento, la floración y el rendimiento del cultivo, especialmente en sistemas bajo condiciones protegidas (Wu et al., 2026).

La temperatura es uno de los factores más determinantes en el cultivo de tomate, debido a su influencia en la germinación, desarrollo vegetativo y procesos reproductivos (Xu et al., 2017). El rango óptimo se sitúa entre 20 y 30 °C; sin embargo, temperaturas superiores a 30 °C afectan negativamente la viabilidad del polen y el cuajado de frutos, mientras que temperaturas bajas limitan el crecimiento y retrasan el desarrollo fenológico del cultivo. Estas condiciones pueden provocar disminución en el rendimiento y calidad del fruto (Krishna, 2002).

La humedad relativa juega un papel clave en la fisiología del cultivo, con valores óptimos entre 60 % y 80 %. Asimismo, el manejo del agua en el suelo es fundamental, ya que fluctuaciones en la disponibilidad hídrica pueden generar desórdenes fisiológicos como el agrietamiento de frutos (Peñaloza, 2021).

La radiación solar es esencial para el proceso fotosintético y el desarrollo del cultivo, debido a que influye en la acumulación de biomasa y la calidad del fruto, una adecuada disponibilidad de luz favorece la formación de flores y frutos, mientras que niveles insuficientes pueden reducir el rendimiento. Además, la interacción entre radiación y temperatura es determinante en la eficiencia fotosintética del cultivo (Marín, 2017).

Mientras que, en el suelo, el tomate se adapta a una amplia variedad de condiciones edáficas, aunque presenta mejor desarrollo en suelos bien drenados, con buena aireación y contenido de materia orgánica. El pH óptimo se encuentra entre ligeramente ácido y neutro, mientras que la salinidad puede ser tolerada en niveles moderados, especialmente en sistemas de cultivo protegido, sin embargo, condiciones extremas afectan la absorción de nutrientes y el desarrollo radicular (Srinivasan, 2010).

2.3. Manejo agronómico del cultivo

El manejo agronómico del tomate riñón se establece como un conjunto de prácticas interdependientes que condicionan el establecimiento del cultivo, la formación de la canopia, la eficiencia en el uso del agua y la calidad final del fruto. En sistemas protegidos, la respuesta productiva del tomate depende de cómo se articulan las decisiones de trasplante, riego, conducción de plantas y cosecha con las condiciones microclimáticas y el destino comercial de la producción. Sotelo et al. (2021) mencionan que el cultivo protegido modifica variables de crecimiento, calidad nutricional e incidencia de plagas. De igual manera Colimba et al. (2022) añaden que la programación agronómica, en especial del riego, influye simultáneamente sobre rendimiento, calidad del fruto y eficiencia de uso del agua.

2.3.1. Siembra y trasplante

La siembra del tomate se realiza preferentemente en bandejas o semilleros, con el fin de obtener plántulas uniformes, vigorosas y con un sistema radical bien conformado antes del establecimiento definitivo. En esta etapa, la calidad del plantín no debe evaluarse solo por su altura, sino también por su compactación, diámetro de tallo, equilibrio entre parte aérea y raíz y capacidad de establecimiento después del trasplante. Bae et al. (2025) demostraron que las plántulas con mejor compactación, mayor índice de calidad y mejor desarrollo radical presentaron un establecimiento más eficiente y un crecimiento inicial más favorable tras el trasplante. Por otro lado, Sánchez (2023) mencionó que la edad del plantín y la fecha de trasplante influyen sobre la precocidad y el rendimiento, y que los plantines de mayor edad suelen alcanzar, en promedio, un rendimiento comercial 13 % superior al de los plantines convencionales en el sistema evaluado.

Portillo et al. (2020) mencionan que factores de vivero como el volumen del contenedor, la densidad de plántulas y la luz suplementaria modifican la calidad al trasplante, por lo que esta actividad debe planificarse para evitar plantines etiolados o con restricción radical.

2.3.2. Riego

El riego es una de las prácticas de mayor impacto en el comportamiento agronómico del tomate, debido a que tanto el déficit como el exceso de agua afectan el crecimiento vegetativo, la floración, el cuajado y la calidad del fruto. Bajo cubierta, el riego por goteo es la opción más eficiente porque el riego se puede ajustar a la necesidad de agua del cultivo reduciendo pérdidas por evaporación y percolación. Colimba et al. (2022), en un trabajo con tomate de invernadero

en Ecuador, demostraron que la dosis correspondiente al 100 % de la evapotranspiración del cultivo aplicada en un riego por día les daba el mejor resultado entre producción, calidad y eficiencia en el uso del agua. En la misma línea Mukherjee et al. (2023) demostraron que el riego por goteo controlado mediante un umbral de humedad de -10 kPa disminuyó el consumo de agua total y aumentó el rendimiento en comparación con el riego por surcos. En el plano de la aplicación Orozco (2022) registró en Guatemala un rendimiento con el mejor tratamiento de riego por goteo con balance hídrico de 123 500 kg ha-1 ante el manejo testigo local de 86 872.20 $kg \cdot ha^{-1}$. De igual forma Peralta y Urbina (2022) hallaron en Managua una superior productividad del agua en el sistema automatizado respecto del tradicional, lo que da aún mayor apoyo a la necesidad de programar el riego en función de la etapa fenológica, suelo y clima y no solamente por apreciación visual.

2.3.3. Tutoreo y poda

El tutoreo y la poda forman parte del manejo de conducción del tomate, especialmente en materiales de crecimiento indeterminado o en sistemas intensivos, porque permiten sostener la planta, mejorar la distribución de la luz dentro del dosel, reducir el contacto de los frutos con el suelo y facilitar labores como deshoje, monitoreo sanitario y cosecha. Lamptey y Koomson (2021) demostraron que los métodos de tutorado y poda modifican el rendimiento y la rentabilidad del cultivo, al alterar la arquitectura de la planta y la exposición de los racimos. Mientras que, Masrie y Girma (2023) mencionaron que la poda a dos tallos combinada con tutorado temprano incrementó el rendimiento comercial y el rendimiento total frente a plantas no podadas en su sistema de evaluación. Carriel (2022) menciona que la respuesta a la poda simple depende del híbrido, con efectos sobre el número de frutos comerciales, los kilogramos por planta y la calidad poscosecha medida en sólidos solubles.

2.3.4. Cosecha

La cosecha del tomate debe realizarse con base en el estado de madurez del fruto y en el destino de mercado, ya que el momento de recolección condiciona la firmeza, el color, el contenido de azúcares, la vida útil y la respuesta durante el almacenamiento. Mouhamed y Kasnazany (2024) mencionan que el estado de cosecha influye significativamente sobre variables como pH, sólidos solubles, azúcares totales, vitamina C, licopeno y compuestos fenólicos durante el almacenamiento, por lo que se resalta que la madurez de cosecha no es solo un criterio visual, sino una decisión tecnológica. Del mismo modo, Choi y Park (2023) evidenciaron que las

condiciones de luz y temperatura durante la maduración poscosecha modifican la evolución del color y la calidad del tomate. Por otro lado Sánchez (2022) el cual realizó su investigación con índices de color de cosecha como "pintón" y "rosa", evidenció que la utilidad agronómica de emplear estados de color como referencia operativa para definir el momento de corte.

2.4. Problemas fitosanitarios en el cultivo de tomate

El cultivo de tomate presenta una alta susceptibilidad a problemas fitosanitarios, tanto por ataque de insectos y ácaros como por enfermedades de origen fúngico, bacteriano y viral. Panno et al. (2021) mencionan que la producción de tomate se ve comprometida por varios patógenos capaces de afectar el rendimiento y la estabilidad del sistema productivo. En tomate bajo condiciones protegidas, Ally et al. (2023) señalan que las enfermedades microbianas y la presión de plagas han sido un limitante significativo, debido a que el microclima del invernadero puede favorecer su establecimiento y dispersión.

2.4.1. Principales plagas

Entre las plagas más relevantes del tomate destacan la mosca blanca, la polilla del tomate, los minadores de hoja y los pulgones. En un estudio sobre tomate bajo cultivo protegido, Sotelo et al. (2021) evaluaron como plagas comunes la mosca blanca y a los minadores, donde se pudo evidenciar que estos organismos forman parte recurrente del complejo fitosanitario del cultivo. En Tanzania, Mrosso et al. (2023) reportaron que la mosca blanca fue reconocida por los productores como la plaga insectil más recurrente en tomate, por lo que se ubica por encima de otros insectos de importancia económica. En la Tabla 3 se detallan los daños causados por estas plagas en el cultivo.

Tabla 3.

Principales plagas del cultivo

Nombre vulgar	Nombre científico	Daños en la planta
Mosca blanca	*Bemisia tabaco* G.	Deformación de hojas, transmisión de virus, reducción de la calidad del fruto (Li et al., 2023).
Pulgones	*Aphis gossypii* Gl.	Succión de savia, debilitamiento general de la planta, deformaciones en hojas.
Minador de hojas	*Liriomyza huidobrensis* B.	Minas en las hojas que reducen la capacidad fotosintética, debilitamiento de la planta
Polilla del tomate	*Tuta absoluta* M.	Daño en los brotes, perforación de frutos y flores, reducción del rendimiento (Desneux et al., 2022).

Fuente: Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA, 2020)

2.4.2. Principales enfermedades

Panno et al. (2021) menciona que los principales problemas patológicos del tomate incluyen enfermedades causadas por hongos, bacterias, fitoplasmas, virus y viroides. Mientras que entre las enfermedades microbianas más relevantes figuran la mancha y peca bacteriana, el cancro bacteriano, el tizón temprano, el moho gris, el moho de la hoja, el oídio y enfermedades virales como el mosaico del tomate (Ally et al. 2023) (Tabla 4).

Tabla 4.

Principales enfermedades que afectan al tomate riñón

Enfermedad	Síntomas	Manejo de la enfermedad
Necrosis apical, pudrición distal del fruto (culo negro)	Ocurre en la mitad del desarrollo del fruto, generando lesiones claras que se tornan café oscuro y hundidas en el ápice, provocando pudrición seca ó moho sin mostrar síntomas externos.	Se recomienda usar variedades resistentes, aplicar calcio antes de la siembra, mantener una humedad constante, evitar exceso de nitrógeno amoniacal y prevenir daños en las raíces.
Enrollamiento de las hojas	Las plantas de tomate presentan un enrollamiento de las hojas viejas hacia arriba, las hojas se mantienen firmes y coriáceas.	Realizar drenajes adecuados para mantener los suelos aireados y usar cultivares con resistencia.
Caída o aborto de flores	Aborto de las flores.	Utilizar cultivares resistentes, evitar aplicaciones excesivas de nitrógeno y aplicar riego en forma constante.
Tizón tardío o apagón (*Phytophthora infestans*)	Está distribuido en todo el mundo y los hospederos son las solanáceas. Se ve favorecido por humedades relativas superiores a 90 % y temperaturas entre 10 ºC y 25 ºC.	Se sugiere hacer lomillos altos, usar genotipos resistentes, rotar cultivos, aplicar nutrición balanceada, espaciar más las plantas en época lluviosa, usar bandas plásticas, eliminar residuos y malezas.
Tizón temprano o enmaderado bajero (*Alternaria* sp*, A. solani. A. lycopersici*)	Se dispersa a través del viento, la lluvia, las salpicaduras y los materiales infectados.	Ciertas prácticas culturales son útiles para controlar la enfermedad (como control de arvenses, retiro de residuos, riego matutino por goteo, mejoramiento de la aireación, uso de semillas sanas, control de nematodos y adecuada fertilización).
Antracnosis o podredumbre negra (*Colletotrichum coccodes, C. dematium, C. gloesporioides*.	El hongo puede permanecer varios días debajo la cutícula y la epidermis y al producirse bajas temperaturas, se activa y comienza a desarrollarse. La enfermedad se ve favorecida por temperaturas de 20 °C a 24 °C.	Evitar el riego por aspersión y que los frutos permanezcan en el suelo; realizar un control de malezas; utilizar un programa de aplicación de fungicidas, iniciando con la primera etapa del fruto verde y continuando hasta la cosecha para el control.
Mildiu polvoso o cenicilla (*Leveillula taurica, Erysiphe orontii y Oídium lycopersicum)*	Es un hongo parásito con amplio rango de hospederos como tomate, papa, berenjena y leguminosas. Se dispersa por el viento y crece entre 10 °C y 35 °C, con óptimo a 27 °C y humedad del 52 % al 75 %.	Eliminar las arvenses y los restos de residuos del cultivo, usar variedades resistentes y trasplantes sanos. Bajo un manejo integrado de plagas se pueden emplear fungicidas.

Fuente: (López, 2017); Panthee et al. (2024)

2.4.3. Impacto en la producción

El efecto de los problemas fitosanitarios en tomate no solo se limita a la reducción del rendimiento total, sino que también afecta el crecimiento de la planta, el área foliar funcional, la calidad comercial de los frutos y los costos de manejo. Panno et al. (2021) mencionan que las enfermedades del tomate comprometen directamente el rendimiento y exigen estrategias de manejo más precisas y oportunas. Por otra parte, Ally et al. (2023) mencionan que, en ambientes protegidos, la interacción entre patógenos y condiciones microclimáticas puede aumentar la severidad de las enfermedades y traducirse en pérdidas económicas significativas.

En enfermedades foliares, Panthee et al. (2024) indican que el tizón temprano puede provocar reducciones de rendimiento de 40 % a 80 % bajo condiciones favorables para el patógeno. En cuanto a la marchitez bacteriana. De igual forma Chengo (2023) evidenció pérdidas estimadas entre 35 % y 90 % en campo e invernadero, confirmando que esta enfermedad representa una de las principales restricciones para la producción sostenible de tomate.

2.5. Nematodos fitoparásitos en el cultivo de tomate

En el cultivo de tomate, los nematodos fitoparásitos constituyen un componente clave del complejo sanitario del suelo, debido a su capacidad para colonizar la rizósfera y alterar el funcionamiento del sistema radical. Tileubayeva et al. (2021) informaron en hortalizas de invernadero la coexistencia de 11 géneros de nematodos fitoparásitos, con dominio de *Meloidogyne,* seguido por *Helicotylenchus* y *Pratylenchus*. Mientras que Pradhan et al. (2023) señaló que, en las solanáceas de fruto, los nematodos agalladores del género *Meloidogyne* constituyen el grupo de mayor importancia para tomate, pimiento y berenjena, debido a su amplia distribución y rango de hospederos.

2.5.1. Definición y características

Los nematodos fitoparásitos son organismos microscópicos que obtienen nutrientes directamente de los tejidos vegetales y, en sistemas hortícolas intensivos, se comportan como plagas edáficas de alta persistencia (Guzmán, 2011). Khan et al. (2023) describen a los nematodos agalladores como endoparásitos sedentarios, ubicuos y polífagos del género *Meloidogyne*. Estos nematodos evaden la inmunidad vegetal y reprogramen células sanas de la raíz para transformarlas en células gigantes, que funcionan como sitios permanentes de alimentación (Jagdale et al., 2021).

En términos biológicos, la fase infectiva del segundo estadio del juvenil (J2) se considera que es la que invade la raíz de la planta huésped, generalmente en las proximidades del ápice radical y se dirige hacia el cilindro vascular. Jagdale et al. (2021) mencionan que la penetración es una combinación de proceso mecánico con el estilete junto con la secreción de efectores desde las glándulas esofágicas que induce la formación de agallas.

2.5.2. Importancia agrícola

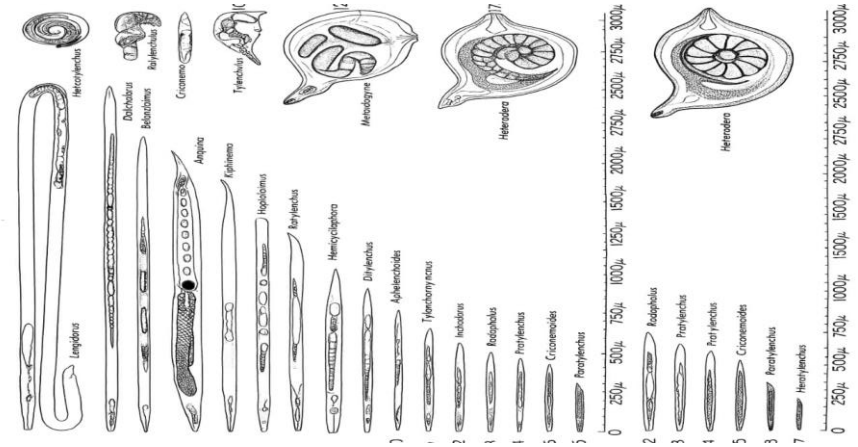
La toma de agua y nutrientes entre factores más básicos para el crecimiento de la planta, influyen en que los nematodos tengan consecuencias negativas en el crecimiento y rendimiento del cultivo. *Meloidogyne* spp. puede causar hasta 68 % de pérdidas en tomate cuando la población es elevada (Padilla et al., 2022). Pradhan et al. (2023) sostienen que *Meloidogyne* spp. continúa siendo una limitante seria para la producción de solanáceas de fruto debido a su diversidad específica y a su amplio rango de hospederos, en Ecuador, Ayala y Hernández (2023) calcularon pérdidas económicas en el cultivo del tomate entre 24 % y 33 % a causa de *Meloidogyne* spp. De igual forma, Saravia (2021) informó que la susceptibilidad del tomate riñón ante *Meloidogyne* ssp. reduce la calidad, el rendimiento y la venta del cultivo en ambiente semi hidropónico.

2.5.3. Principales géneros de nematodos

2.5.3.1 *Meloidogyne:* nematodo agallador de raíces. Son gusanos *pseudocelomados* parásitos internos de las raíces de cientos de especies vegetales; las hembras depositan los huevos que se convierten en larvas, sufriendo mudas hasta convertirse en adultos (Figura 1).

Figura 1.

Morfología y tamaño relativo de los nematodos fitoparásitos más importantes.



Fuente: (Agrios, 2009)

Estas larvas entran por cualquier parte vegetal en contacto con el suelo húmedo, pero principalmente por la punta de los pelos absorbentes, ya que su estilete no es muy vigoroso. *Meloidogyne* es un género de nematodos inductores de agallas habitan en casi todas las regiones templadas y cálidas; son parásitos internos de las raíces de cientos de especies vegetales, incluyendo casi todos los cultivos hortícolas entre otras de importancia agrícola (Tapia et al., 2022).

2.5.3.2 *Pratylenchus*: nematodo lesionador. Este organismo se encuentra presente en diversas regiones del mundo y ataca las raíces de muchas especies de plantas. La gravedad del daño, que depende del huésped, se manifiesta como una disminución o retraso del crecimiento de las raíces debido al desarrollo de lesiones localizadas en las raíces jóvenes, posteriormente estas lesiones permiten la entrada de hongos y bacterias secundarios que provocan la pudrición de los tejidos. Los nematodos de este género presentan un cuerpo cilindroide, miden entre 0.4 y 0.7 mm de longitud, con un diámetro de 20 a 25 µm. Cuentan con una cabeza roma, estilete grueso y una cola redonda. Son endoparásitos migratorios que se introducen en los tejidos corticales de la raíz para alimentarse. Su ciclo vital puede completarse en un lapso de 45 a 65 días. Dentro de cada lesión se puede hallar un nematodo como mínimo, sin embargo, en varias ocasiones una misma célula es atravesada por múltiples individuos. Las hembras ponen los huevos en la corteza y con frecuencia se halla un "nido" con huevos, larvas y adultos. Una vez que los huevos eclosionan, las crías consumen las células del parénquima y se mueven dentro de la corteza, creando daños. Algunas especies de nematodos migran a otras partes dentro de la misma raíz o a raíces próximas, creando nuevas infecciones. Las lesiones mayores se necrosan y se hacen un nicho para los microorganismos oportunistas que incrementan la pudrición del sistema radicular. Perdemos raíces funcionales, obstaculizando la capacidad de la planta para tomar el agua y los nutrimentos y por ende hacienda sentir sus efectos: clorosis, marchitez e insuficiencia en sus órganos aéreos (Agrios, 2009).

2.5.3.3 Otros nematodos relevantes.

- *Helicotylenchus*

Guzmán (2011), menciona que *Helicotylenchus* spp. es un nematodo que, dependiendo del hospedante, presenta un hábito alimenticio principalmente ectoparásito, es decir, se alimenta desde la superficie externa de las raíces. Sin embargo, algunas especies pueden comportarse como semiendoparásitas, penetrando parcialmente los tejidos corticales de la raíz. En estos casos, el nematodo puede desarrollar todos sus estadios dentro del córtex, alimentándose

durante largos periodos sin provocar síntomas visibles al inicio. No obstante, en condiciones de alta infestación, las lesiones provocadas que varían de 3 a 10 cm y presentan un color que va del castaño rojizo al negro pueden unirse, causando necrosis extensa del tejido externo de la raíz y la muerte progresiva de esta.

- *Criconemoides*

Según Bustamante y Ordoñez (2019) los nematodos del género *Criconemoides* presentan un cuerpo que puede mantenerse recto o con una ligera curvatura al morir o al estar en reposo. La morfología se caracteriza por una región anterior redondeada y un extremo posterior que va desde redondeado hasta cónico. La cutícula presenta entre 42 y 200 anillos retrorsos bien definidos, con bordes posteriores lisos o ligeramente serrados. En la banda labial se alojan uno o dos anillos finos que hilan sin una línea de separación con el cuerpo. El estilete, grueso y con extensiones basales, tiene la forma de un ancla hacia delante. También el esófago tiene un procuerpo unido a un bulbo medio desarrollado y las glándulas esofágicas forman un pequeño bulbo posterior.

- *Rotylenchus*

Las especies del género *Rotylenchus* son nematodos fitoparásitos obligados que infectan una amplia variedad de plantas, tanto silvestres como cultivadas. Estos nematodos ectoparásitos migratorios se localizan en la superficie de las raíces y se alimentan sin invadir el tejido radicular. El daño que ocasionan se concentra en la necrosis de las células alcanzadas por el estilete, ya que no penetran los tejidos internos de la planta (Valdez et al., 2025).

- *Tylenchorhynchus*

Cabe destacar que este género representa un grupo amplio de nematodos ectoparásitos migratorios, conocidos comúnmente como “nematodos achaparrados”, los cuales afectan diversos cultivos agrícolas. Las hembras presentan tamaños de 0.36 a 1.6 mm, con cutícula delgada o anillada y, a veces, con estrías longitudinales. Cuatro líneas se muestran en el campo lateral, sin areolas detrás del esófago, sin embargo, las bandas externas pueden tener areolas. El aguijón es robusto con un larga cono y fuertes protuberancias basales. La cabeza puede ser continua o desplazada y lisa o anillada. Los deíridos son apenas visibles y los fásmidos están en-media-la-cola. Las esporas poseen un bulbo medio opaco hendido con claras válvulas y un bulbo basal desconectado del intestino. La vulva se ubica hacia el centro del cuerpo, y los ovarios son dobles. La cola es variable, desde cónica hasta redondeada, con terminación lisa o

anillada. Los machos, por lo general presentes, son más pequeños y tienen espículas con borde distal y gubernáculo en forma de varilla o gancho (Ramírez et al., 2015).

2.6. Daño causado por nematodos en el cultivo

El daño ocasionado por los nematodos fitoparásitos en tomate no se limita a la presencia de deformaciones en la raíz, sino que compromete procesos estructurales, fisiológicos y productivos del cultivo. Los nematodos del género *Meloidogyne* establecen una interacción íntima con la planta hospedera mediante la formación de sitios de alimentación especializados (Khan et al., 2023). Tapia et al. (2022) mencionan que, al afectar el sistema vascular radical, estos nematodos inducen privación de nutrientes y alteraciones en el transporte de agua, lo que explica la aparición de síntomas tanto en la raíz como en la parte aérea.

2.6.1. Daño en el sistema radicular

En el sistema radicular, el daño comienza cuando el nematodo penetra los tejidos y modifica el funcionamiento normal de las células para establecer sitios permanentes de alimentación. Jagdale et al. (2021) señalan que los nematodos agalladores secuestran el ciclo celular y el metabolismo de la raíz para transformar células sanas en células gigantes. Esta parasitosis induce grandes deformaciones nodulares en las raíces, dentro de las cuales se desarrollan dichas células gigantes, fundamentales para el crecimiento y reproducción del nematodo (Meidani et al., 2025). Además del engrosamiento localizado, la raíz parasitada experimenta una profunda reorganización funcional (Leiva y Paz, 2023).

2.6.2. Alteraciones fisiológicas en la planta

Las lesiones ocasionadas en la raíz se traducen en alteraciones fisiológicas en toda la planta. Tapia et al. (2022) indican que los nematodos agalladores provocan deficiencia en la absorción de agua y nutrientes al comprometer el sistema vascular, lo que se manifiesta en clorosis, marchitez y reducción del crecimiento. Khan et al. (2022) observaron en tomate que la infección por *Meloidogyne* ssp. generó cambios notorios en variables fisiológicas y bioquímicas del hospedero, con un efecto acumulativo a medida que progresó la infección.

La evidencia experimental reciente confirma que estas alteraciones incluyen cambios en el aparato fotosintético y en el metabolismo oxidativo. Khan et al. (2022) reportaron disminución del contenido de clorofila y de la tasa fotosintética, junto con incrementos en transpiración y conductancia estomática en plantas infectadas. De igual forma Sikandar et al. (2024)

encontraron que densidades de inóculo de *Meloidogyne enterolobii* entre 500 y 2000 J2 por planta redujeron significativamente la pigmentación fotosintética, el intercambio gaseoso y la fluorescencia de clorofila, al mismo tiempo que incrementaron los niveles de malondialdehído y peróxido de hidrógeno, indicadores claros de estrés oxidativo

2.6.3. Efecto en el crecimiento y rendimiento

Como consecuencia del deterioro radical y de las alteraciones fisiológicas inducidas por el nematodo, el crecimiento del tomate se ve comprometido de manera progresiva (Figura 2). Sikandar et al. (2024) demostraron que el impacto negativo sobre el crecimiento aumentó en función de la densidad de inóculo, afectando el desarrollo general de las plantas. En un trabajo de tesis desarrollado en Nicaragua, Leiva y Paz (2023) evaluaron seis genotipos de tomate inoculados con diferentes concentraciones de *Meloidogyne* spp. y registraron diferencias en número de deformaciones radicales, índice de daño, factor de reproducción y longitud de raíz, lo que confirma que la presión del nematodo influye directamente sobre el establecimiento y el desempeño vegetativo del cultivo.

Figura 2.

Daños directos e indirectos ocasionados por nematodos fitoparásitos en los cultivos.



Fuente:(Bayer, 2024)

En producción, el efecto final es un menor rendimiento con reducción de calidad comercial, donde *Meloidogyne* spp. puede producir hasta 68 % de pérdida de rendimiento en tomate. En Ecuador, Saravia (2021) reporta que la vulnerabilidad del tomate riñón ante *Meloidogyne* ssp.

puso en riesgo la calidad, producción y comercialización del cultivo en condiciones semi hidropónicas.

2.7. Métodos de control de nematodos

El manejo de nematodos fitoparásitos en tomate debe plantearse desde un enfoque integrado, debido a que ninguna medida aislada garantiza una supresión estable de las poblaciones en sistemas intensivos de producción. Tapia et al. (2022) sostienen que el control de *Meloidogyne* spp. requiere combinar estrategias compatibles según el nivel de infestación, el sistema de cultivo y el momento de intervención. Khan et al. (2023) añaden que la transición desde esquemas basados exclusivamente en nematicidas hacia programas que integran control químico, cultural y biológico responde tanto a criterios de eficacia como de sostenibilidad ambiental.

2.7.1. Control químico

El control químico ha sido tradicionalmente una de las herramientas más utilizadas contra nematodos, sobre todo cuando se requiere una reducción rápida de la población inicial en suelos infestados. Oka (2020) el manejo químico evolucionó de fumigantes y nematicidas de vieja generación, muchos de ellos restringidos o retirados por su alta toxicidad, hacia moléculas no fumigantes de nueva generación tales como fluensulfone, fluopyram y fluazaindolizine. Tapia et al. (2022) concuerdan en que esta transición está siendo motivada por la reducción de riesgos a la salud humana y ambiental manteniendo la efectividad agronómica.

En el tomate, estudios recientes indican que los nematicidas fluorados pueden reducir de manera considerable el daño causado por *Meloidogyne* spp. Castro et al. (2024) evaluaron en tomate aplicaciones de fluopyram, fluensulfone y fluazaindolizine para el manejo de *Meloidogyne enterolobii* y reportaron que fluopyram fue el tratamiento individual más efectivo, mientras que fluensulfone y fluazaindolizine aplicados en pre-siembra redujeron daño y pérdidas de rendimiento. También, Loffredo et al. (2024) observaron en ensayos de invernadero que los tres nematicidas con base en fluor redujeron significativamente juveniles y huevos de *Meloidogyne* ssp. en tomate, con una respuesta mejor que la obtenida con los agentes biológicos evaluados en la protección temprana del trasplante.

Aunque es útil, el control químico no debe considerarse como una solución única o permanente, Oka (2020) señala que incluso los nematicidas de nueva generación deben integrarse en

esquemas de manejo racionales, debido a sus limitaciones en persistencia y al riesgo de depender demasiado de un solo mecanismo de control.

2.7.2. Control cultural

El control cultural implica prácticas de manejo del suelo y cultivo diseñadas para reducir la población del patógeno, romper su ciclo y/o hacer el ambiente menos favorable para su proliferación. Según Tapia et al. (2022) en este grupo se consideran las rotaciones con especies no hospedantes, la eliminación de residuos radicales infestados, la higiene del material vegetal, la solarización y la utilización de cultivares o portainjertos resistentes.

Entre las prácticas culturales que reciben una nueva atención están la solarización y el empleo de coberturas resistentes a plagas. Rudolph et al. (2023) demostraron en tomate bajo túnel alto que la solarización del suelo junto a cultivares resistentes disminuye las densidades de nematodos en suelo y raíces en comparación con los tratamientos sin solarizar.

El cultivo sobre patrones alternativos y la biofumigación se están desarrollando también como importantes herramientas culturales. Fullana et al. (2024) reportaron que el injerto de tomate sobre *Solanum torvum* Sw. disminuyó drásticamente la multiplicación de *Meloidogyne* ssp. y *M. javanica* T. lo que permitió rendimientos superiores a los de plantas no injertadas cuando la infestación inicial era alta.

2.7.3. Control biológico

El control biológico se basa en el uso de organismos antagonistas o de sus metabolitos para afectar la supervivencia, infección o reproducción del nematodo. bacterias, hongos y otros microorganismos nematófagos pueden actuar mediante parasitismo, producción de enzimas líticas, liberación de compuestos tóxicos y estimulación de respuestas de defensa en la planta (Ahmad et al., 2021).

La eficacia del control biológico en tomate con *Pythium oligandrum* D. puede reducir la infección de *Meloidogyne* ssp., con mortalidad elevada de juveniles, menor penetración de raíces y reducción del número de agallas, además de promover crecimiento vegetal (Xue et al., 2024). Por otro lado Ji et al. (2024) mostraron que *Bacillus velezensis* TA-1 R. colonizó raíces de tomate, redujo el número de agallas y activó respuestas defensivas del hospedero, lo que confirma que algunos biocontroladores no solo actúan de forma directa sobre el nematodo, sino también mediante resistencia inducida.

2.8. Control biológico de nematodos

El control biológico de nematodos se ha consolidado como una línea prioritaria dentro del manejo integrado, especialmente en sistemas hortícolas donde el uso continuo de nematicidas sintéticos ha sido cuestionado por sus efectos sobre la salud humana, la biota del suelo y la sostenibilidad del agroecosistema. Poveda et al. (2020) establecen que el control biológico es la regulación de la población de nematodos o su nivel de daño con organismos antagonistas que son naturales, estimulados en el ambiente o introducidos como agentes de control. Ahmad et al. (2021) extienden esta perspectiva alegando que los principales agentes utilizados para el biocontrol son las bacterias, hongos, y actinomicetos que pueden intervenir en diferentes etapas del nematodo y en muchos casos, promover el crecimiento de las plantas.

La base de este control es el uso de organismos antagonistas vivos, como lo son los detallados a continuación, que han demostrado adherirse a la cutícula del nematodo o parasitar los huevos de las hembras, matando posteriormente a los nematodos (Manobanda, 2022).

2.8.1. Paecilomyces fumosoroseus

Paecilomyces fumosoroseus W. es un hongo entomopatógeno que ha demostrado eficacia como agente de control biológico contra diversas plagas agrícolas, aunque su uso principal se ha centrado en el manejo de insectos (Moreno et al., 2020).

2.8.2. Paecelomyces lilacinus

Este es un hongo del suelo con potencial para el control biológico de nematodos parásitos de las plantas, Este hongo parasita los huevos y hembras de los nematodos con la participación de enzimas líticos causando deformaciones, destrucción de ovarios y reducción de la eclosión. Produce toxinas que afectan el sistema nervioso y causan deformación en el estilete de los nematodos que sobreviven, lo que permite reducir el daño de sus poblaciones, valores de pH ligeramente ácidos permiten producir toxinas que afectan el sistema nervioso de los nematodos (Manobanda, 2022).

En la investigación de Romero (2004) menciona que *Paecelomyces lilacinus* a una concentración de 8 x 10^{11} conidias por gramo de producto comercial, a una dosis de 240 g de producto por hectárea, no tuvo diferencias significativas en relación con el control químico. Esto concuerda con la investigación de Fernández et al. (2016) donde nos indica que dos

aplicaciones de *Paecelomyces*, se reduce considerablemente el número de nódulos en las raíces que una sola aplicación de *Paecelomyces*.

2.8.3. Trichoderma spp.

Son hongos filamentosos del género *Trichoderma* son habitantes comunes de la rizosfera, son productores de una serie de metabolitos secundarios de gran importancia que incluyen péptidos no ribosomales, policétidos, pironas, sideróforos y terpenos volátiles y no volátiles, han sido utilizados para suprimir un sin número de enfermedades de las plantas y el crecimiento de patógenos en contacto con los tejidos de las plantas en el medio ambiente del suelo tanto en condiciones de invernadero como de campo (Manobanda, 2022).

2.9. Microorganismos utilizados en el control de nematodos

Los microorganismos empleados en el control de nematodos fitoparásitos incluyen principalmente hongos y bacterias capaces de afectar la eclosión, movilidad, penetración, alimentación o reproducción del nematodo. Rahman et al. (2024) indican que los hongos utilizados en horticultura pueden actuar como agentes de biocontrol mediante parasitismo, antibiosis, competencia y producción de metabolitos bioactivos. Contreras et al. (2025) añaden que estos microorganismos también pueden modificar la rizósfera e inducir respuestas defensivas en la planta hospedera, lo que amplía su utilidad dentro del manejo integrado.

2.9.1. Paecilomyces lilacinus

Paecilomyces lilacinus este hongo es uno de los agentes biológicos más estudiados contra nematodos debido a su capacidad para parasitar huevos y hembras, reducir la eclosión y, en varios casos, estimular el crecimiento vegetal (Sirias, 2007). Este es un hongo con efecto dual, debido a que combina actividad de control biológico con promoción del crecimiento (Moreno et al., 2020). En un estudio experimental en solanáceas infectadas con nematodos agalladores, se observaron reducciones en la eclosión de huevos, mayor mortalidad de juveniles y menor formación de agallas, lo que respalda su potencial para programas de manejo en tomate (Rigobelo et al., 2024).

2.9.2. Paecilomyces fumosoroseus

La evidencia reciente específica de *Paecilomyces fumosoroseus* en el control de nematodos fitoparásitos es menos abundante que la disponible para *P. lilacinum* o *Trichoderma* spp. Rahman et al. (2024) lo incluyen dentro del grupo de hongos con potencial para el manejo

biológico de nematodos en cultivos hortícolas, aunque reconocen que su validación agronómica es todavía más limitada en algunos sistemas. Además, Khan et al. (2024) menciona que, la producción de compuestos bioactivos como polisacáridos, flavonoides, ergosterol y nucleósidos, aumenta el interés en esta especie como fuente de metabolitos con posible actividad biológica en estrategias de control.

2.9.3. Trichoderma spp.

El género Trichoderma es uno de los grupos microbianos más estudiados en el manejo biológico de nematodos, debido a su capacidad de colonizar la rizosfera, competir por recursos y producir enzimas y metabolitos con actividad antagonista. Contreras et al. (2025) señalan que *Trichoderma* spp. puede actuar mediante quitinasas, proteasas, lipasas, glucanasas y compuestos como gliotoxina, viridina y ciclosporina. Rahman et al. (2024) destacan además que este género ha mostrado resultados consistentes en cultivos hortícolas, por lo que se considera uno de los microorganismos más promisorios dentro del control biológico de nematodos.

2.10. Evaluación del daño radicular por nematodos

La evaluación del daño radicular permite estimar la magnitud real de la infestación, debido a que el sistema radical constituye el principal sitio de penetración y alimentación del nematodo. Pun et al., (2021)mencionan que la cuantificación de la infestación puede realizarse mediante observación directa de raíces, medición morfométrica y análisis digital de imágenes.

Por otro lado, Belladonna et al. (2025) menciona que la caracterización fenotípica del daño en tomate sigue siendo un criterio central para diferenciar materiales resistentes y susceptibles frente a *Meloidogyne* ssp.

2.10.1. Evaluación visual del daño

La evaluación visual del daño se basa en la inspección del sistema radical para identificar agallas, deformaciones, necrosis o masas de huevos. Yadav et al. (2023) emplean esta estrategia para evaluar genotipos de tomate frente a *Meloidogyne*. ssp. en condiciones de malla en interiores. Pun et al., (2021) indicaron que, si bien la evaluación visual continúa siendo práctica y comúnmente empleada, puede ser complementada con instrumentos digitales para aumentar la precisión y objetividad.

2.10.2. Escalas de severidad

Las escalas de severidad otorgaron así la posibilidad de convertir la observación cualitativa del daño radical en categorías que pueden ser comparables entre tratamientos o genotipos. Belladonna et al. (2025) utilizaron índices de agallamiento y variables fenotípicas para evaluar el comportamiento de materiales de tomate frente a *Meloidogyne* ssp. Yadav et al. (2023) también emplearon criterios de severidad para diferenciar respuestas de resistencia y susceptibilidad, confirmando que estas escalas siguen siendo herramientas útiles para estudios de selección y validación de tratamientos.

2.11. Análisis económico en sistemas de producción agrícola

El análisis económico constituye un componente fundamental en la evaluación de los sistemas de producción agrícola, debido a que se permite interpretar la eficiencia y sostenibilidad de una actividad productiva desde una perspectiva financiera. En el caso del tomate, el análisis no es solo para estimar los costos y los ingresos, sino que también permite para entender las relaciones entre la gestión agronómica, uso de insumos y rentabilidad del sistema. Peña et al. (2022) reportan que el análisis económico es fundamental para estimar la factibilidad de sistemas de producción novedosos. Zhuang et al. (2024) argumentan que la economía de un sistema agrícola está determinada por su habilidad para producir un nivel satisfactorio de productividad aislado de los gastos fijos y los gastos variables.

2.11.1. Costos de producción

El gasto en producción incluía la suma de los recursos financieros que se necesitaban para cultivar desde plantar hasta cosechar. Estos incluyen variables y componentes fijos, y su tamaño depende del nivel tecnológico de sistemas, del manejo agrícola aplicado y de las condiciones de producción. En tomate, Peña et al. (2022) señalaron la mano de obra, la infraestructura, el uso de agua y el manejo fitosanitario, como los rubros significativos. De igual manera, Ebissa et al. (2024) sostienen que la estructura de costos constituye un elemento determinante en la sostenibilidad económica del sistema productivo, particularmente en esquemas intensivos o tecnificados.

2.11.2. Relación beneficio/costo

La relación beneficio/costo es un indicador económico ampliamente empleado para valorar la conveniencia financiera de una actividad agrícola, ya que expresa la proporción entre los

beneficios generados y los costos asumidos durante el proceso productivo. Su importancia estriba en que ayuda a interpretar si los ingresos de la empresa compensan o no la inversión realizada. Este índice fue empleado por Bhandari y Adhikari (2024), para el análisis de la rentabilidad del cultivo de tomate bajo cubierta plástica, resaltándose su ventaja para la toma de decisiones productivas. En el mismo sentido, Zhuang et al. (2024) analizan que la interpretación de la relación beneficios/costos debe llevarse a cabo juntamente con la productividad del sistema y el nivel de inversión tecnológica, ya que estos dos factores inciden en la rentabilidad final.

2.11.3. *Importancia del análisis económico*

La relevancia del análisis económico en la agricultura es que permite ligar los resultados técnicos y productivos con criterios de factibilidad y sostenibilidad. No es suficiente con que un tratamiento o tecnología evidencie una respuesta agronómica positiva, es necesario que la aplicación sea financieramente viable en la realidad de los sistemas productivos. Ebissa et al. (2024) subrayan que la sostenibilidad económica debe considerarse en conjunción con la productividad y la resiliencia de los sistemas. De igual manera, Peña et al. (2022) advierten que incluso sistemas productivos con alto nivel tecnológico pueden perder viabilidad si la estructura de costos supera la capacidad de retorno económico.

2.12. MARCO LEGAL

2.12.1. *Constitución de la República del Ecuador*

La Constitución de la República del Ecuador (2008) establece un precedente jurídico global al reconocer en su Capítulo Séptimo a la naturaleza como sujeto de derechos. El Artículo 71 estipula que la naturaleza tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. En el campo de la sanidad del suelo, esto significa que el manejo de plagas, tales como los nematodos fitoparásitos, no debe afectar negativamente la calidad biológica del suelo. El Artículo 281 considera la soberanía alimentaria como un deber del Estado para garantizar que las personas tengan acceso a alimentos saludables y nutritivos. Para ello, el numeral 4 del mismo artículo establece la obligación estatal de fomentar la producción agroecológica por medio de la investigación y trasferencia tecnológica, con prioridad a métodos que conserven la agrobiodiversidad. Estos preceptos constitucionales fundamentan la transición de métodos de

control químicos altamente residuales hacia estrategias de manejo integrado y biológico en el cultivo de tomate riñón, protegiendo así el derecho de la población a un entorno ecológicamente equilibrado (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

2.12.2. *Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria*

La Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (2009) desarrolla los principios constitucionales orientados a garantizar la autosuficiencia de alimentos sanos. El fomento a la producción agroecológica a través de mecanismos de promoción que permitan adoptar tecnologías limpias está contemplado en su Artículo 26 en esta ley. Esta regulación es fundamental para el control de patógenos del suelo porque ordena una transición hacia la reducción en el uso de agroquímicos y el incremento de insumos de origen biológico y prácticas culturales que reduzcan el impacto ambiental. En el cultivo de tomate riñón, el proyecto se traduce en el fortalecimiento de capacidades técnicas para que los agricultores de la provincia de Imbabura introduzcan la rotación de cultivos, el uso de enmiendas orgánicas y biocontroladores. Al reducir la carga química en el control de nematodos, se cumple con el mandato legal de proteger la salud de los productores y consumidores, asegurando la sostenibilidad de los sistemas productivos de pequeña y mediana escala (Asamblea Nacional del Ecuador, 2009).

2.12.3. *Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable*

La Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable (2017) constituye un pilar fundamental para la gestión de los recursos fitogenéticos en el país. Su Artículo 1 destaca la importancia de proteger y revitalizar la agrobiodiversidad como base de la agricultura sustentable. En lo que respecta al manejo de nematodos fitoparásitos, esta ley incentiva el uso de semillas y material vegetativo de alta calidad fitosanitaria que presente resistencia o tolerancia natural a patógenos, reduciendo la vulnerabilidad de los cultivos protegidos. De igual manera se promueve la investigación científica aplicada (Art. 34) para desarrollar soluciones biotecnológicas y prácticas de manejo que permitan enfrentar las plagas del suelo sin degradar la riqueza genética local. Esto es particularmente relevante en invernaderos de Chaltura, donde la intensificación del cultivo de tomate riñón requiere de un manejo del suelo que preserve su microbiota benéfico y su estructura productiva para las futuras generaciones (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017).

2.12.4. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Antonio Ante*

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del Cantón Antonio Ante (2024) funciona como la hoja de ruta para el desarrollo armónico de sus parroquias, incluyendo a Chaltura. Este es un instrumento sectorial que tiene en la agricultura la base sobre la que se sustenta la economía de la región y que presenta líneas de acción específicas para mejorar la competitividad del subsector hortofrutícola. El plan apunta a tecnificar el campo aplicando buenas prácticas agrícolas (BPA) y haciendo un uso sostenible del agua y del suelo. En Chaltura, donde la principal actividad es la producción bajo invernadero, el PDOT contempla apoyo institucional para combatir graves problemas fitosanitarios, como la invasión de *Meloidogyne* spp. se pretender de esa manera coherente con el desarrollo local no solamente aumentar los rendimientos, sino también lograr que la expansión de la frontera agrícola bajo cubierta no derive en contaminación de acuíferos o erosión de los suelos del cantón (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Antonio Ante [GADM-AA], 2024).

2.12.5. *Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*

La Agenda 2030, adoptada por la Organización de las Naciones Unidas (2015), establece un marco global articulado para garantizar el desarrollo sostenible a través de 17 objetivos interconectados. En este contexto, la investigación orientada al desarrollo de estrategias sostenibles para el manejo de nematodos fitoparásitos en el cultivo de tomate riñón se vincula directamente con los compromisos internacionales, respondiendo de manera prioritaria al ODS 2 (Hambre Cero), al buscar alternativas eficientes de manejo de fitopatógenos que reduzcan las pérdidas en el rendimiento agrícola, promoviendo así prácticas que aseguran la producción continua de alimentos inocuos y fortalecen la productividad de los pequeños agricultores. Asimismo, se articula con el ODS 3 (Salud y Bienestar) mediante la reducción progresiva de nematicidas sintéticos y plaguicidas químicos, disminuyendo la exposición a agentes tóxicos por parte de los productores y garantizando hortalizas libres de residuos nocivos para los consumidores. De igual manera, se alinea con el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables) al incentivar el uso de bioinsumos y buenas prácticas agrícolas que mitigan la liberación de contaminantes al aire, suelo y agua, minimizando los impactos ambientales de la actividad agrícola; y finalmente tributa al ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres), ya que la conservación de la biología del suelo como un ecosistema vivo estimula el uso de controles biológicos y enmiendas orgánicas que frenan la degradación de las capas arables y protegen la

biodiversidad de microorganismos benéficos en la rizosfera (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015)

2.12.6. *Plan Nacional de Desarrollo Ecuador no se detiene 2025–2029*

El Plan Nacional de Desarrollo "Ecuador No Se Detiene" 2025–2029 constituye el principal instrumento de planificación del Estado ecuatoriano, al orientar las políticas públicas y las acciones gubernamentales hacia el bienestar social, la productividad y el desarrollo sostenible. Entre sus ejes estratégicos se prioriza el fortalecimiento del sector agropecuario mediante la innovación tecnológica, la sostenibilidad ambiental y el incremento de la competitividad productiva, por lo que la presente investigación se articula con los lineamientos orientados a promover sistemas de producción agrícola más eficientes y sostenibles, mediante la implementación de estrategias de manejo integrado de nematodos en el cultivo de tomate riñón.

De igual forma la generación de alternativas fitosanitarias basadas en el uso de biotecnología y prácticas agrícolas responsables contribuye a mejorar la productividad de los sistemas bajo invernadero como en la zona de Chaltura, lo que reduce las pérdidas ocasionadas por organismos fitopatógenos y fortaleciendo la sostenibilidad económica y ambiental de los productores de la provincia de Imbabura. De esta manera el presente estudio aporta al desarrollo de una agricultura más resiliente, lo que favorece la adopción de tecnologías que permiten optimizar el uso de recursos y fortalecer la seguridad alimentaria, alineados con los objetivos nacionales de desarrollo sostenible y crecimiento productivo establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2025–2029 (Consejo Nacional de Planificación, 2025).

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Caracterización del área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en la parroquia de San José de Chaltura - Antonio Ante (Tabla 5). La zona presenta dos microclimas definidos por la altitud un sector cálido y seco (1920-2200 m.s.n.m.) y un sector templado (superior 2200 m.s.n.m), (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Antonio Ante [GADM-AA], 2024).

Tabla 5.

Distribución espacial de finca "El Diamante"

Ubicación	Descripción
Provincia	Imbabura
Cantón	Antonio Ante
Parroquia	San José de Chaltura
Altitud	2354 m.s.n.m.
Norte	0º21`47"
Oeste	78º12`23"

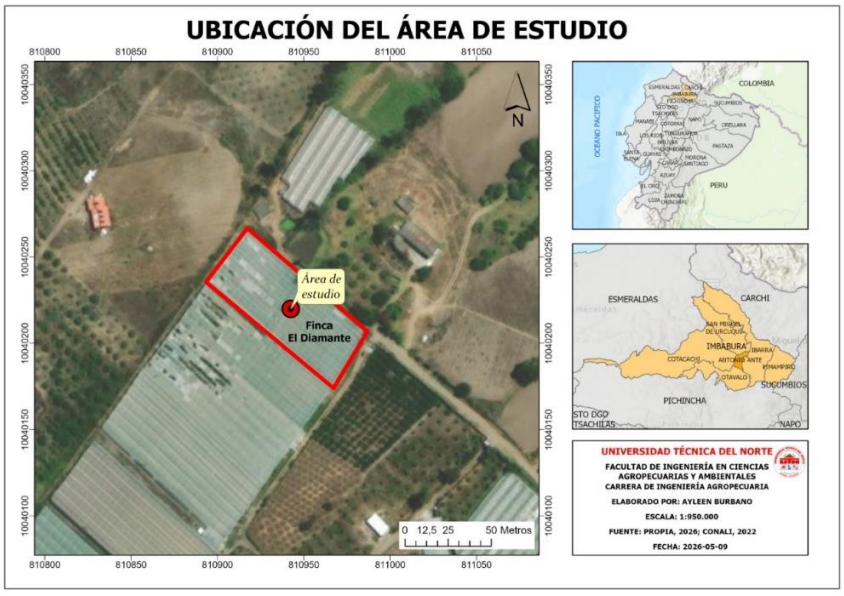
Fuente: (Google, 2024)

3.1.1. Ubicación geográfica

En la Figura 3 se muestra el mapa con la ubicación geográfica de la finca en la cual se llevó a cabo la investigación.

Figura 3.

Mapa de ubicación geográfica de la finca "El Diamante"



3.2. Materiales, equipos, insumos y herramientas

En la Tabla 6 se presentan los diferentes materiales utilizados durante el desarrollo de la investigación.

Tabla 6.

Tabla de materiales utilizados dentro de la investigación

Materiales	Equipos	T. Biológicos	Herramientas
Etiquetas	Balanza digital	*Pacelomices fumosoroseus*	Cuaderno de campo
Letreros	Calculadora	*Pacelomices lilacinus*	Calibrador Pie de rey
	Cámara	Metabolitos	Flexómetro
		Thrichoderma	Bomba de fumigación

3.3. Métodos

La presente investigación fue de carácter experimental, debido a que se aplicaron distintos tratamientos biológicos y tipos de injerto en donde se observó como influyen estos en el control de nemátodos en el cultivo de tomate riñón dentro de invernadero. Para el correcto desarrollo de la investigación se trabajó con seis tratamientos: *Paecilomyces lilacinus*, *Paselomyces fumosoroseus*, la combinación de *P. fumosoroseus* + *Trichoderma*, *P. lilacinus* + *Trichoderma*, metabolitos, y un tratamiento con manejo convencional.

El diseño experimental aplicado fue de Bloques Completos al Azar (DBCA) con parcelas divididas, donde la parcela principal fue el tipo de injerto, y las subparcelas correspondieron a los diferentes tratamientos biológicos. Se realizaron tres repeticiones, donde se obtuvo un total de 36 unidades experimentales.

Este trabajo permitió comparar cuál de los tratamientos aplicados tienen un efecto positivo en el control de nemátodos, ya sea solo o combinado, además que se determinó cómo influyeron los injertos en el resultado antes mencionado.

3.3.1. Factor en estudio.

Se utilizaron seis tratamientos, *Paecilomyces lilacinus, Paecilomyces fumosoroseus* y cada uno de estos con *Trichoderma,* Metabolitos además de un manejo tradicional de la finca que fue el testigo (Tabla 7).

Tabla 7.

Descripción de los tratamientos

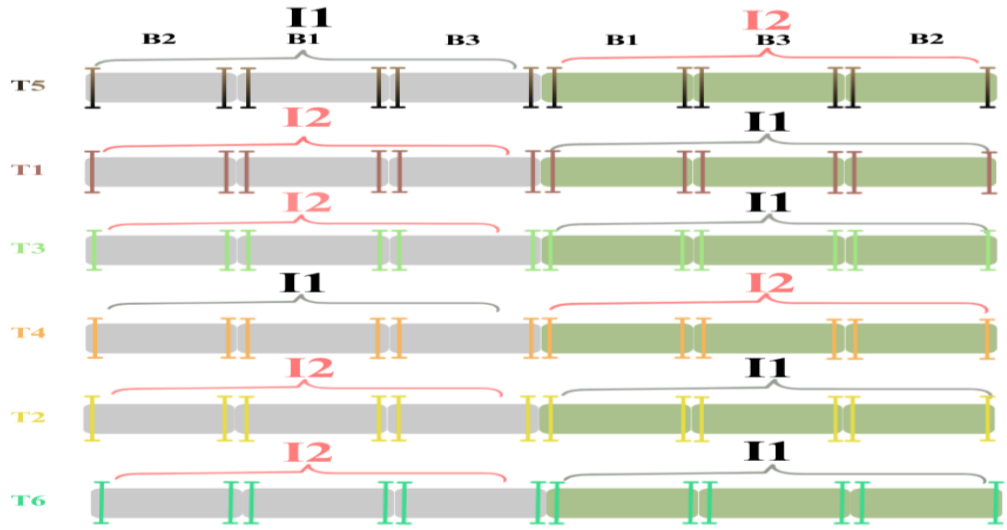
TRATAMIENTO	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN	DOSIS
Paecilomyces Fumosoroseus	T1	180 g kg^{-1} (2.0 × 10^9 UFC g^{-1})	400 g ha^{-1}
Paecilomyces Lilacinus	T2	2 × 10^8 UFC g^{-1}	2 L ha^{-1}
Metabolitos	T3	1 × 10^9 células L^{-1}	3 cm^3 L^{-1}
P.F + *Trichoderma*	T4	180 g kg^{-1} (2.0 × 10^9 UFC g^{-1}) + 1 × 10^6 esporas g^{-1}	3 kg·ha^{-1} + 400 g ha^{-1}
P.L + *Trichoderma*	T5	2 × 10^8 UFC g^{-1} + 1 × 10^6 esporas g^{-1}	3 kg· ha^{-1} + 2 L ha^{-1}
Manejo convencional	T6	1 × 10^8 UFC g^{-1}	3 kg· ha^{-1}

3.3.2. Diseño experimental.

La Figura 4 muestra el diseño experimental aplicado dentro de la investigación, donde se emplearon bloques completos al azar con parcelas divididas, en donde la parcela principal fue el tipo de injerto y subparcelas las aplicaciones de controladores biológicos, con tres bloques cada uno, dando así un total de 36 unidades experimentales.

Figura 4.

Esquema del diseño experimental.



3.3.3. Características del experimento

A continuación, se describen las características principales del experimento realizado dentro de la finca El Diamante:

- Tipo de injerto: 2
- Control biológico: 6

- Bloques: 3
- Total, de unidades experimentales: 36
- Camino principal: 0.80 m
- Área total del ensayo: 273.6 m^2

3.3.4. Características de la unidad experimental

De cada cama establecida dentro del experimento se fraccionó en 6 unidades experimentales que constaba de 6 plantas cada una, dando un total de 36 plantas, siendo cada una de 3.6 m^2, como se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8.

Medidas de cada parte de la unidad experimental.

Datos	Medidas
Área total de la unidad experimental	3.6 m^2
Camino entre camas	80 cm
Ancho de cama	60 cm
Largo de cama	36 m
Número de plantas por unidad experimental	6

3.3.5. Análisis estadístico.

El análisis estadístico se realizó con el software InfoStat (versión 2020), para lo cual las variables paramétricas (que cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza), se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) complementado con la prueba de comparación de medias de LSD Fisher (α= 0.05). En el caso de las variables no paramétricas, se utilizó la prueba de Friedman (α = 0.05). Los factores de estudio se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9.

Detalle de los factores de estudio

Factor	Código	Descripción del Nivel
Factor 1: Injertos	**I1**	Portainjerto *Robusto* con *Pietro*
	I2	Portainjerto *Briomino* con *Pietro*
Factor 2: Tratamientos	**T1**	*Paecilomyces fumosoroseus*
	T2	*Paecilomyces lilacinus*
	T3	Metabolitos
	T4	*Paecilomyces fumosoroseus* + *Trichoderma* spp. (*P.F + T*)
	T5	*Paecilomyces lilacinus* + *Trichoderma* spp. (*P.L + T*)
	T6	Manejo Convencional (Testigo)

3.4. Variables a evaluar

3.4.1. Altura de la planta (cm)

La variable altura de planta se evaluó semanalmente, considerando las diferentes fases fenológicas del cultivo y las especificaciones establecidas por la finca, para la medición se utilizó un flexómetro, determinando la distancia desde el nivel del suelo hasta el ápice de cada planta, con una altura máxima de referencia de 1.90 m. La evaluación se realizó en las seis plantas correspondientes a cada unidad experimental.

3.4.2. Diámetro del tallo (mm)

La variable diámetro del tallo también se evaluó semanalmente, midiendo a 2 cm por encima del nivel del suelo con la ayuda de un calibrador, la evaluación se realizó en las seis plantas correspondientes a cada unidad experimental, hasta la finalización de la primera cosecha del cultivo.

3.4.3. Peso de fruto (kg)

Se contaron los frutos producidos por cada planta de la unidad experimental, luego se pesaron en una balanza digital y al final se sumó el total del peso por planta y unidad experimental.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1867: 2020 del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), el tomate riñón se clasifica en las siguientes categorías:

- Primera clase: Frutos de tamaño uniforme, forma redonda o ligeramente ovalada, sin manchas, golpes ni daños visibles. El color debe ser homogéneo y tener firmeza al tacto.
- Segunda clase: Frutos con ligeros defectos en forma o color, sin comprometer su calidad en sabor y textura. Pueden presentar pequeñas manchas o abolladuras superficiales.
- Tercera clase: Frutos con defectos evidentes en forma, color o madurez, pero aptos para el consumo (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2020)

3.4.4. Incidencia de plagas

La recolección de datos para esta variable inició después de realizado el trasplante y se realizó cada 15 días hasta el día de la cosecha; y se realizaron observaciones de forma visual garantizando la revisión por tercios (3 hojas).

Para su cálculo se aplicó la siguiente ecuación:

$$\%Incidencia = \frac{Número\ de\ plantas\ afectadas}{Número\ total\ de\ plantas} \times 100$$

Ec. 1

3.4.5. *Presencia de agallas en raíces*

Incidencia:

Se determinó al final del ciclo productivo de la planta en donde se aplicó la siguiente ecuación para determinar el porcentaje de plantas afectadas por agallas en relación con el total de plantas evaluadas por tratamiento.

$$\%Incidencia\ de\ nemátodos = \frac{Número\ de\ plantas\ afectadas}{Número\ total\ de\ plantas} \times 100$$

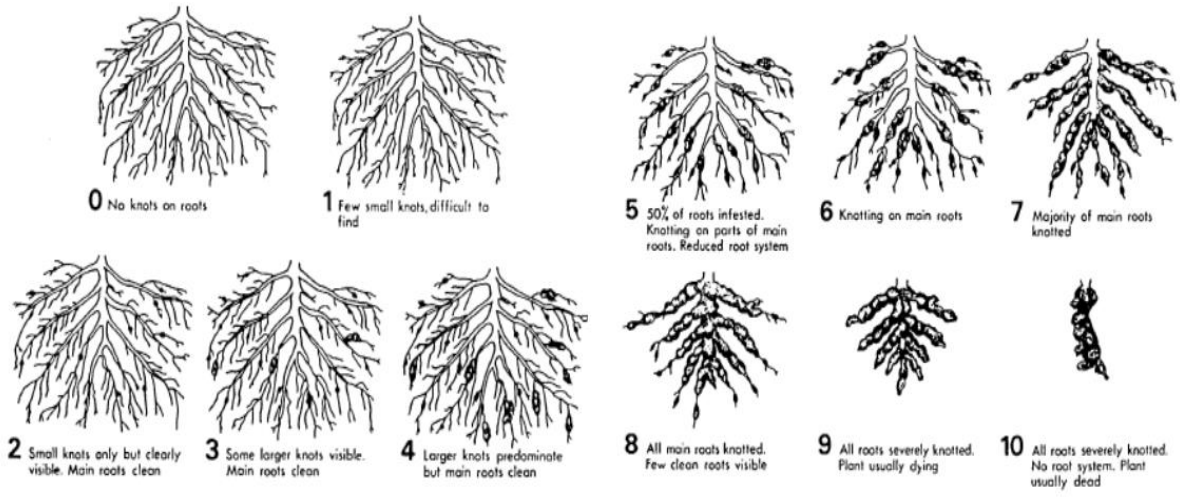
Ec. 2

Severidad:

Los resultados obtenidos para esta variable se recolectaron al terminar el ciclo de cultivo, para lo cual se utilizó la escala establecida por Bridge y Page (1980) (Figura 5) misma que nos permite determinar el porcentaje de severidad de nemátodos en cada planta.

Figura 5.

Escala visual del índice de nodulación propuesta por Bridge y Page (1980)



Para la evaluación del daño causado por nematodos agalladores en el sistema radicular del tomate, se empleó la escala visual propuesta por Zeck (0 a 10), la cual transforma la observación cualitativa de las raíces en categorías cuantitativas comparables entre tratamientos (Tabla 10),

donde el valor de 0 representa la ausencia absoluta de agallas visibles, mientras que el valor de 10 corresponde a un sistema radical totalmente agallado y desprovisto de raíces fibrosas funcionales (Desaeger et al., 2020).

Tabla 10.

Escala de afectación de nemátodos en las raíces determinado por su porcentaje

Grado	Descripción visual del daño	Nivel de severidad
0	Sistema radicular completo y sano. Sin agallas.	Sano
1	Muy pocas agallas, muy pequeñas. Difíciles de ver.	Leve
2	Agallas pequeñas, fáciles de ver, pero pocas.	Leve
3	Agallas más numerosas, pero las raíces siguen funcionando bien.	Moderado
4	Agallas moderadas (Aproximadamente 30-40 % de raíces afectadas).	Moderado
5	50% de las raíces afectadas. El funcionamiento de la raíz empieza a caer.	Severo
6	Más del 50% de agallas. Empiezan a formarse masas grandes.	Severo
7	Grandes masas de agallas. Pocas raíces nuevas o finas.	Muy severo
8	La mayoría de la raíz es una masa deforme. La planta está atrofiada.	Muy severo
9	Raíz totalmente podrida o deformada. La está muriendo.	Crítico
10	Planta muerta y sistema radicular destruido.	Muerta

Nota. La tabla presenta una adaptación descriptiva de la escala visual de agallamiento de Zeck (1971) de toma valores de 0–10 utilizada para calificar el daño radical por *Meloidogyne* spp. en tomate.

3.4.6. Rendimiento

El rendimiento se determinó por el peso total de los frutos en cada tratamiento, mismos datos fueron recolectados en kg/parcela, posteriormente se realizó una proyección en $t \cdot ha^{-1}$ para identificar qué tratamiento arrojó el mejor resultado. La medición de esta variable fue tomada desde la primera hasta la última cosecha.

3.4.7. Análisis Económico

El análisis económico fue realizado en Excel, para esto se tomó los costos de producción de cada tratamiento realizado y el beneficio neto que presenta cada uno de estos, con lo que se identificó la relación beneficio costo de cada tratamiento evaluado. Finalmente se realizó una comparativa de los diferentes casos y se determinó la supremacía de uno de ellos que se dará a conocer posteriormente en el apartado de resultados.

3.5. Manejo específico del experimento

3.5.1. Análisis de suelo

Como parte del diagnóstico presuntivo para el manejo integrado de nematodos se efectuó en el campo de establecimiento del cultivo de tomate riñón, un muestreo de suelo. Se extrajeron 15 submuestras a profundidad de 25 cm, distribuidas aleatoriamente en la parcela, se retiraron

previamente los primeros 5 cm de suelo superficial, porque los nematodos no suelen habitar zonas secas.

Las submuestras se colocaron en un cubo limpio y se mezclaron cuidadosamente para formar una muestra compuesta representativa de la zona. De esta mezcla se tomó aproximadamente 1 kg de tierra, que se colocó en una bolsa de plástico debidamente etiquetada y se mantuvo alejada del sol y del calor, ya que las temperaturas superiores a 48 °C pueden influir en la viabilidad de los nematodos.

La muestra fue enviada a un laboratorio para su análisis, los resultados posibilitaron conocer la existencia de géneros de nematodos fitoparásitos, lo que permitió planificar estrategias de manejo integrado, adecuadas, donde se incluirán métodos preventivos y correctivos, con la finalidad de minimizar los efectos de dichos organismos en cultivos posteriores (Figura 6).

Figura 6.

Toma de muestras de suelo para su posterior análisis



3.5.2. Preparación del suelo

Previo al trasplante del cultivo de tomate riñón en invernadero, se realizó una preparación biológica del suelo orientada a optimizar sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Inicialmente, se incorporó cal agrícola para corregir la acidez del suelo y mejorar su estructura. Posteriormente, se aplicó materia orgánica compostada en una dosis de 3 kg/m², con el objetivo

de favorecer la retención de humedad, la aireación y el desarrollo de la microbiota benéfica. Una vez incorporados estos insumos, se pasó el motocultor para homogeneizar el suelo. Posteriormente el suelo continuará estabilizándose biológicamente por un periodo de 45 días. Finalmente, se armaron las camas de cultivo, con una dimensión de 0,8 m de ancho por 36 m de largo, asegurando una distribución ordenada y eficiente del área de siembra.

3.5.3. *Establecimiento del área de estudio y delimitación de parcelas.*

Para dar inicio al proceso experimental se delimito el área dentro del invernadero, en donde se estableció las diferentes parcelas experimentales. El ensayo se organizó bajo un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas, donde la parcela principal correspondío al tipo de injerto (Injerto 1 e Injerto 2) y las subparcelas a las diferentes aplicaciones de controladores biológicos. Se trabajó con tres bloques, cada uno compuesto por todas las combinaciones posibles entre injertos y tratamientos, sumando un total de 36 unidades experimentales.

Cada unidad experimental se etiquetó, indicando el tratamiento, la repetición y el tipo de injerto correspondiente, asegurando un orden sistemático mismo que facilitó el manejo agronómico y la recolección precisa de datos. La siguiente configuración hizo posible evaluar de forma clara y directa el efecto de cada factor y su interacción, minimizando la variabilidad y maximizando la confiabilidad de los resultados.

3.5.4. *Aplicación de los productos biológicos*

La consolidación de los agentes de control biológico en la rizosfera fue asegurada con la aplicación al suelo de los productos biológicos cinco días antes de realizar el trasplante. La aplicación se realizó con el uso de una mochila pulverizadora fija, el tratamiento fue homogéneo para cada unidad experimental. Los agentes biológicos emplearon fueron *Paecilomyces lilacinus, Paecilomyces fumosoroseus, P. fumosoroseus* + *Trichoderma* spp*., P. lilacinus* + *Trichoderma* spp y metabolitos microbianos, en las dosis que correspondía con el tratamiento asignado. Posteriormente se realizaron aplicaciones mensuales para conservar una población activa de microorganismos benéficos en el suelo, reforzando su efecto sobre los fitopatógenos y promoviendo un ambiente más sano para el desarrollo del cultivo (Figura 7).

Figura 7.

Aplicación de los productos biológicos en las diferentes unidades experimentales



3.5.5. Control de malezas

Se utilizó mulch en el cultivo de tomate riñón para controlar las malezas. Esta práctica ayudó a evitar el crecimiento de malezas al bloquear la luz, y también retiene la humedad del suelo, lo que es clave para mantener el cultivo bien regado, además, el mulch ayuda a conservar la temperatura del suelo, protegiendo las raíces de cambios bruscos de temperatura y favoreciendo el crecimiento saludable de las plantas (Figura 8).

Figura 8.

Cubierta de mulch sobre cada unidad experimental



3.5.6. Trasplante

Previo al trasplante definitivo de las plántulas de tomate riñón a la unidad experimental, se realizó un proceso de inmersión en los tratamientos biológicos establecidos, esta actividad tuvo

como objetivo favorecer la colonización inicial de los agentes de control biológico en la zona radicular, como parte fundamental del manejo integrado de nematodos, las plántulas fueron retiradas cuidadosamente de los almácigos y colocadas en bandejas limpias, luego, se procedió a sumergir las raíces en las soluciones correspondientes a cada tratamiento, los cuales serán:

- *Paecilomyces lilacinus*
- *Paecilomyces fumosoroseus*
- *P. fumosoroseus* + *Trichoderma* spp.
- *Paecilomyces lilacinus* + *Trichoderma* spp.
- Metabolitos

Cada tratamiento se aplicó de forma separada, asegurando que las raíces queden completamente cubiertas por la solución durante el tiempo necesario para una adecuada impregnación, una vez finalizada la inmersión, se realizó el trasplante durante las horas más frescas de la mañana para minimizar el estrés de las plántulas. Además, se verificó que el suelo de la unidad experimental estuviese húmedo, lo que facilitó el establecimiento de las plántulas y redujo el impacto del trasplante en el desarrollo inicial de las plantas, este procedimiento fue clave para iniciar el ensayo bajo condiciones controladas y con una base sanitaria en donde se evaluó el efecto de los tratamientos sobre la población de nematodos y el desarrollo del cultivo (Figura 9).

Figura 9.

Establecimiento de plántulas de tomate dentro del invernadero



3.5.5. *Riegos*

Se utilizó un sistema de riego por goteo, el cual permitió una aplicación eficiente y localizada del agua directamente en la zona radicular de las plantas. Las cintas de riego empleadas contaban con orificios (emisores) espaciados cada 25 cm, lo que garantizó una distribución uniforme del agua a lo largo de las camas de cultivo. El riego se realizó cuatro veces por semana, con una duración de 30 minutos por sesión, lo cual permitió mantener la humedad del suelo cercana a la capacidad de campo, favoreciendo el desarrollo óptimo del cultivo y evitando el estrés hídrico.

3.5.8. Tutoreo

En la etapa de fructificación del cultivo de tomate riñón, se realizó el tutorado. A medida que los frutos aumentaban de tamaño y peso, las ramas se volvían más vulnerables a romperse. Para lograr evitar un estrés por mal manejo o peso excesivo, se colocó un sistema de soporte que ayudó a mantener la planta erguida y en buen estado. Además, esta técnica facilitó muchas de las labores dentro del invernadero, como la poda, el control de plagas y enfermedades, la fertilización y la cosecha (Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario, 2022).

El tutorado se realizó usando hilos de polipropileno resistentes, que se ataron en la base de cada planta y se fijaron a un alambre guía ubicado en la parte superior de la estructura. A medida que la planta crecía, el tallo principal se fue enrollando de forma manual alrededor del hilo, con cuidado de no dañarlo (FAO, 2013).

3.5.9. Monitoreo de enfermedades

Durante todo el desarrollo del cultivo, se realizó un monitoreo quincenal en cada unidad experimental para detectar posibles enfermedades foliares, donde se revisó cuidadosamente las plantas, observando cualquier cambio en las hojas y tallos, como manchas, amarillamientos, marchitez o pudriciones.

3.5.6. *Medición y registro de datos*

Para las variables longitud del tallo, diámetro de tallo se utilizó un calibrador pie de rey y un flexómetro, para las otras variables se utilizaron diferentes equipos para la toma de datos. Las lecturas se realizaron al principio y al final del experimento dependiendo de las variables en cada unidad experimental. Por último, se realizó un análisis combinado para determinar el efecto de los tratamientos que tuvieron en el cultivo de tomate riñón (Figura 10).

Figura 10.

Medición de la variable grosor de tallo de una de las unidades experimentales



3.5.7. Cosecha

La cosecha de los frutos de tomate riñón se realizó en horas de la mañana, conforme al protocolo establecido por la finca El Diamante. El proceso fue completamente manual, y los frutos se recolectaron utilizando fundas plásticas. En primer lugar, se contó la cantidad de frutos por planta. Luego, se procedió a pesar cada fruto y medir su largo y diámetro para obtener un registro detallado de la producción por planta, según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1867: 2020 del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2020).

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente apartado se detalla los resultados obtenidos de las variables agronómicas y los parámetros productivos del cultivo los cuales se basaron en la interacción entre el material vegetal (I1 e I2) y las diferentes estrategias de biocontrol aplicadas, lo que permitió determinar las tendencias de crecimiento, vigor y rendimiento comercial del cultivo

4.1. Comparación del rendimiento y calidad de frutos entre los tratamientos de estudio

La comparación del rendimiento y calidad de frutos de tomate riñón permitió evaluar la respuesta productiva del cultivo frente a los distintos tratamientos en estudio, para lo cual, se consideraron variables asociadas al crecimiento, desarrollo y producción de plantas, con el propósito de identificar diferencias en el desempeño agronómico relacionadas con el tipo de injerto y manejo biológico aplicado.

4.1.1. Evaluación del crecimiento longitudinal (Altura)

Los resultados del análisis de varianza para la variable altura de planta detallado en la Tabla 11, mostró una interacción significativa entre los días después del trasplante (DDT), el tipo de injerto y el controlador biológico aplicado (F = 1.54; p = 0.0065).

Tabla 11.
Análisis de varianza para altura de planta en tomate riñón en función de los días después del trasplante, tipo de injerto y control biológico

Fuente de variación	gl	Valor-F	Valor-p
Días después del trasplante	11	36174.06	<0.0001
Injerto	1	29.03	<0.0001
Control biológico	5	34.16	<0.0001
DDT × Injerto	11	12.72	<0.0001
DDT × Control	55	9.30	<0.0001
Injerto × Control	5	17.78	<0.0001
DDT × Injerto × Control	55	1.54	0.0065

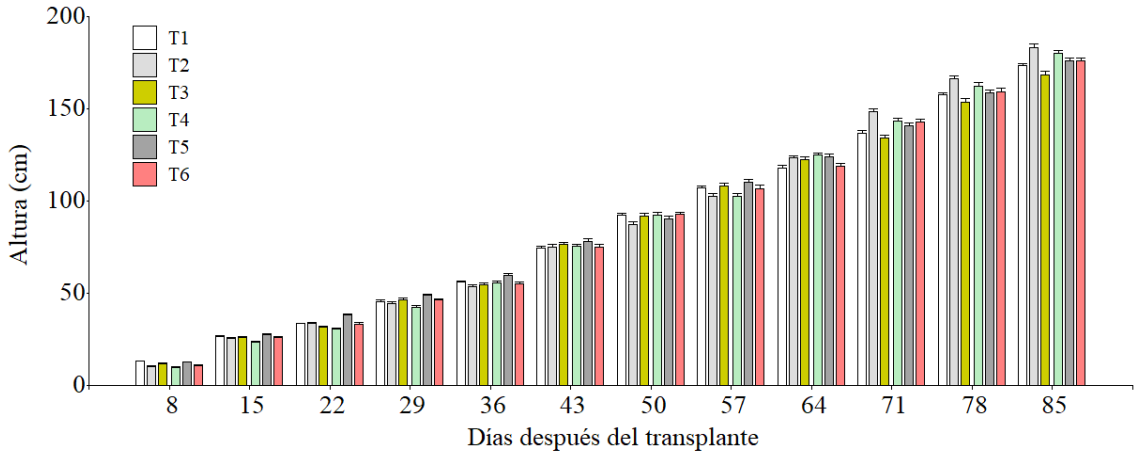
Mediante la Figura 11a se evidenció que el injerto 1(Pietro con robusto) mostró un desarrollo longitudinal constante con relación a los días después del trasplante (DDT) sin embargo, la dinámica de crecimiento se divide en dos etapas diferenciadas, durante la fase vegetativa de establecimiento del cultivo comprendida entre los 8-43 DDT, el T5 (*Paecilomyces lilacinus*) destaco al alcanzar una altura máxima de 78.22 cm a los 43 días. A diferencia del T4 (*P.*

fumosoroseus + *Trichoderma*) el cual mostró el desarrollo inicial más bajo durante la fase vegetativa con 9.78cm y a los 43 días con 75.72 cm.

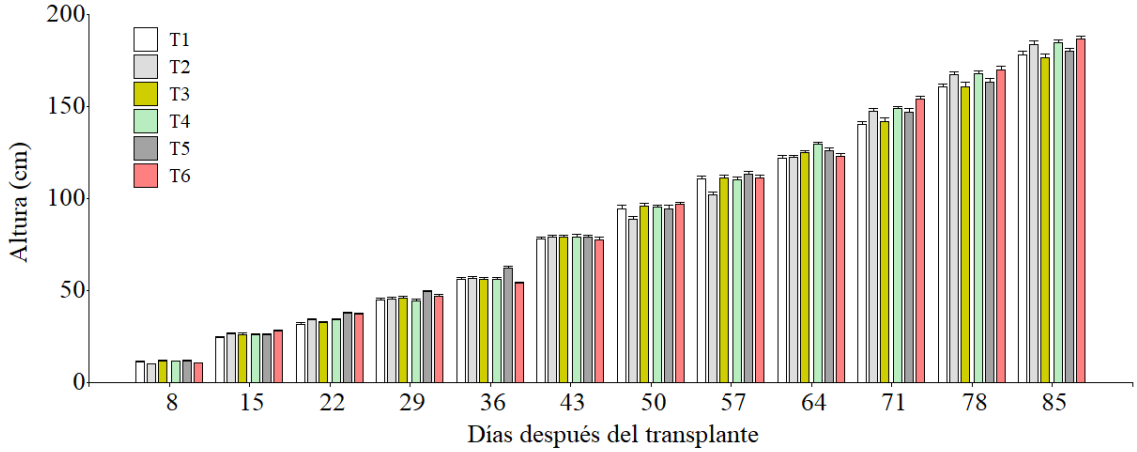
Mientras que, en la fase reproductiva comprendida desde los 64 días hasta la medición final a los 85 días, se observó un cambio en esta tendencia debido a que los tratamientos T2 (*Paecilomyces lilacinus*) y T4 mostraron una aceleración significativa en su crecimiento estableciéndose como los tratamientos más altos al cierre del ciclo con valores de 183.28 cm y 180.86 cm respectivamente, y como valor más bajo dentro de esta fase T3 (metabolitos).

Por otro lado, en la Figura 11b el injerto 2 (Briomino) mostró un crecimiento más acelerado en el desarrollo fenológico del cultivo, T6 (Manejo convencional) se estableció como el tratamiento más destacado durante la mayor parte de los días de evaluación sin embargo presentó una fluctuación atípica en su fase vegetativa entre 36-43 DDT donde presentó los valores más bajos con 53.94 cm y 77.39 cm respectivamente. Al finalizar esta etapa T6 vuelve a recuperar su ritmo de crecimiento y finaliza como el tratamiento con la media más alta con 186.5 cm a los 85 días en su fase reproductiva. Mientras que T1 (*P. fumosoroseus)* se mantuvo de forma continua como el tratamiento más bajo en la mayoría de las fechas de medición con una altura final de 178.11 a los 85 días.

Figura 11.
Evolución de la altura de planta en portainjerto Robusto con Pietro 1 (a) e portainjerto Briomino con Pietro 2 (b) según los controles biológicos



(a)



(b)

Al contrastar ambos resultados, el Injerto 2 mantuvo una jerarquía más estable liderada por el manejo convencional y los controladores de amplio espectro, esto sugiere que Briomino posee una mayor eficiencia adaptativa y capacidad de elongación bajo las condiciones evaluadas, mientras que el Pietro con Robusto depende en mayor medida de la protección radicular sostenida proporcionada por los microorganismos antagonistas para expresar su máximo porte apical hacia el final del ciclo productivo. Lo que concuerda con Dascón et al. (2022) quienes señalaron que materiales genéticos de tomate con mayor vigor fisiológico presentaron alturas finales entre 160 y 175 cm al cierre del ciclo productivo, lo que muestra una respuesta más estable frente a diferentes manejos agronómicos.

En cuanto a los tratamientos, Moreno et al. (2020), evaluaron especies del género *Paecilomyces* como promotores de crecimiento en cultivos hortícolas bajo invernadero, donde se observó que las plantas tratadas alcanzaron una altura de 87.2 cm en su fase reproductiva a los 90 días después del trasplante. Aunque las alturas reportadas fueron inferiores a las obtenidas en la presente investigación ambos estudios coinciden en que este género favorece significativamente la elongación vegetativa debido a su capacidad para estimular la síntesis de fitohormonas y mejorar la absorción de nutrientes en la rizósfera.

De igual manera, Vukelić et al. (2021) reportaron que la inoculación con especies del género *Trichoderma* incrementó significativamente el crecimiento longitudinal del tomate donde se evidenció que las plantas tratadas presentaron un crecimiento vegetativo más vigoroso durante las etapas avanzadas del cultivo, lo que concuerda con lo observado en el presente estudio, donde el T4 alcanzó 180.86 cm a los 85 días en Pietro con Robusto, lo que mostró una respuesta

positiva asociada al efecto bioestimulante del género *Trichoderma* sobre el desarrollo fisiológico del cultivo.

Por otra parte, Rodríguez (2022), al evaluar asociaciones microbianas en tomate bajo invernadero en Ecuador, obtuvo alturas entre 145 y 168 cm a los 90 días después del trasplante en tratamientos con microorganismos antagonistas, al realizar la comparación en la presente investigación los tratamientos biológicos superaron dichos valores, al alcanzar alturas de hasta 183.28 cm en Pietro con Robusto y 186.5 cm en Briomino a los 85 días, lo cual evidencia una mayor eficiencia fisiológica y adaptativa de los injertos utilizados bajo las condiciones experimentales evaluadas.

Cabe resaltar que las plantas de ambos injertos poseían la capacidad fisiológica de alcanzar una mayor elongación, sin embargo, los valores finales estuvieron influenciados por las labores culturales de la finca la cual realiza un despunte apical a 1.9m para optimizar el manejo técnico del cultivo.

4.1.2. Evaluación del diametro

El análisis de varianza para la variable diámetro del tallo detallado en la Tabla 12 determinó una interacción significativa entre los días después del trasplante, el tipo de injerto y el controlador biológico (F = 1.67; p = 0.0016).

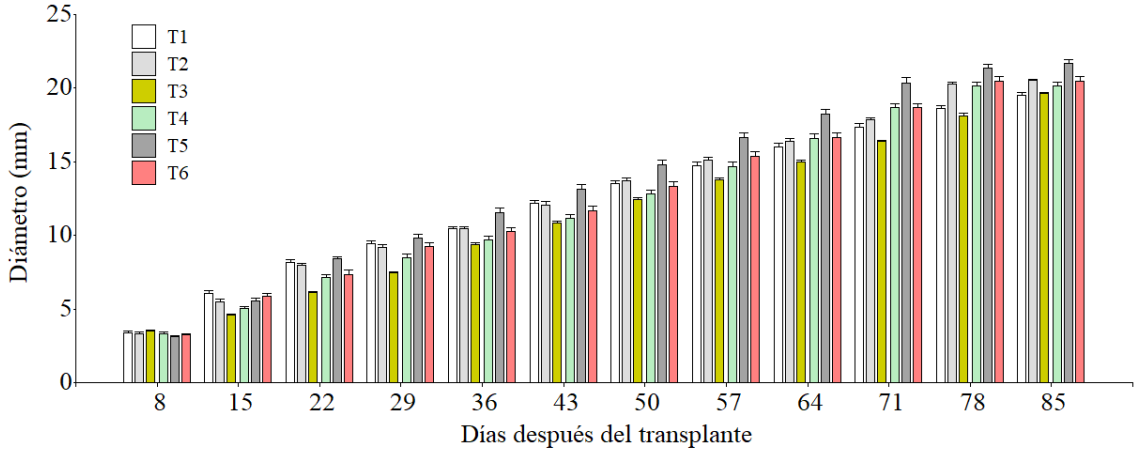
Tabla 12.
Análisis de varianza para diámetro de planta en tomate riñón en función de los días después del trasplante, tipo de injerto y control biológico

Fuente de variación	gl	Valor- F	Valor-p
Días después del trasplante	11	11076.03	<0.0001
Injerto	1	54.10	<0.0001
Control biológico	5	127.66	<0.0001
DDT × Injerto	11	4.70	<0.0001
DDT × Control	55	14.94	<0.0001
Injerto × Control	5	5.71	<0.0001
DDT × Injerto × Control	55	1.67	0.0016

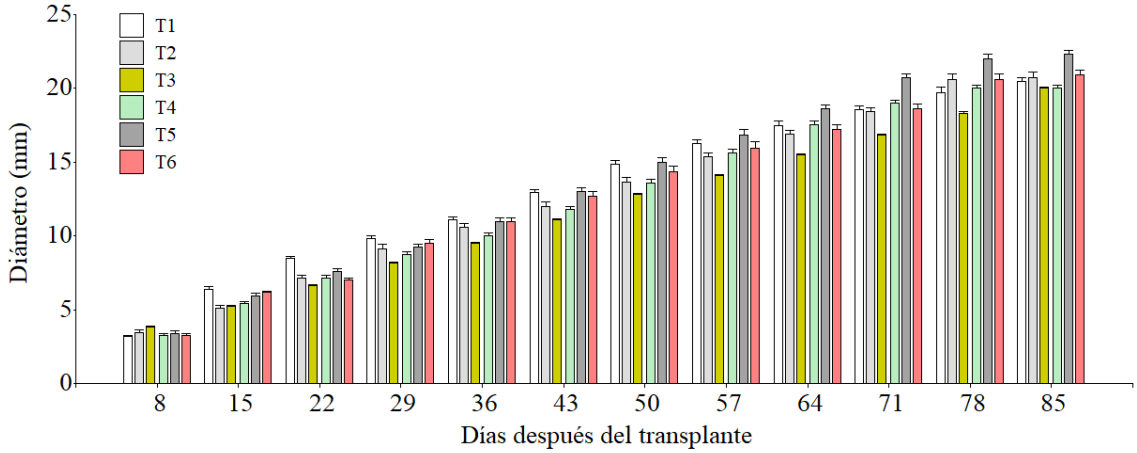
En la figura 12a correspondiente al injerto 1 se evidenció que el diámetro presenta un incremento gradual donde inició con valores promedio de 3.11mm, mediante la aplicación de T5, sin embargo en la fase vegetativa (15DDT) y reproductiva (85 DDT) se observó una mejora en el desarrollo del diámetro con T5, el cual presentó los valores más altos en engrosamiento de tallo al alcanzar 21.68mm a los 85 DDT, por el contrario T3 presentó el desarrollo más bajo al en la mayoría de evaluaciones con una media final de 19.63 mm.

Por otro lado, el injerto 2 (Figura 12b) mostró un desarrollo de diámetro más evidente desde las etapas iniciales del cultivo donde T5 destaco significativamente al iniciar a los 8 DDT con 3.39 mm y mantenerse como el tratamiento con los valores más altos en el transcurso del ciclo del cultivo, finalizando con 22.32mm a los 85 DDT lo que representó un incremento de 18.93mm. Por el contrario, T3, aunque inició siendo el tratamiento con mayor diámetro (3.85mm), se estableció como el tratamiento con valores más bajos en la mayoría de las mediciones, al finalizar el ciclo del cultivo solo alcanzo 19.99mm, por lo que se evidenció una diferencia de 2.33 mm en el engrosamiento final a favor de la combinación de microorganismos antagonistas.

Figura 12.
Evolución del diámetro de planta en el injerto 1 (a) e injerto 2 (b) según los controles biológicos



(a)



(b)

Al contrastar ambos injertos a los 85 DDT, el Injerto 2 presentó valores superiores de diámetro en la mayoría de los tratamientos evaluados, la diferencia más notable se observó en T1, donde el Injerto 2 superó al Injerto 1 por 0.97 mm (4.98 %), mientras que con T5, el Injerto 2 superó al Injerto 1 por 0.64 mm, lo que representó un incremento del 2.95 %. De esta manera T5 favorece de manera consistente en el diámetro del tallo independientemente del patrón, pero Briomino mostró una ventaja biológica para maximizar el engrosamiento en la etapa productiva.

Rodríguez (2022), reportó que plantas de tomate tratadas con consorcios microbianos alcanzaron diámetros de tallo de 17.8 mm a los 90 días después del trasplante, mientras que el tratamiento testigo registró 15.3 mm, lo que representó un incremento del 16.3 %, lo que concuerda con el presente estudio donde la interacción entre microorganismos antagonistas e injertos permitió una mejora estructural del tallo.

Por otra parte, Dascón et al. (2022) obtuvieron diámetros de tallo entre 16.4 y 19.1 mm durante la etapa productiva, por lo que los genotipos con mayor vigor vegetativo mantuvieron estructuras más robustas y una mayor estabilidad agronómica, lo que concuerda con el comportamiento observado en el injerto Briomino, el cual presentó mayores valores de diámetro respecto a Pietro con Robusto en la mayoría de los tratamientos a los 85 DDT, por lo que se evidenció una mejor adaptación fisiológica y una mayor capacidad para maximizar el crecimiento secundario del tallo bajo condiciones de manejo biológico.

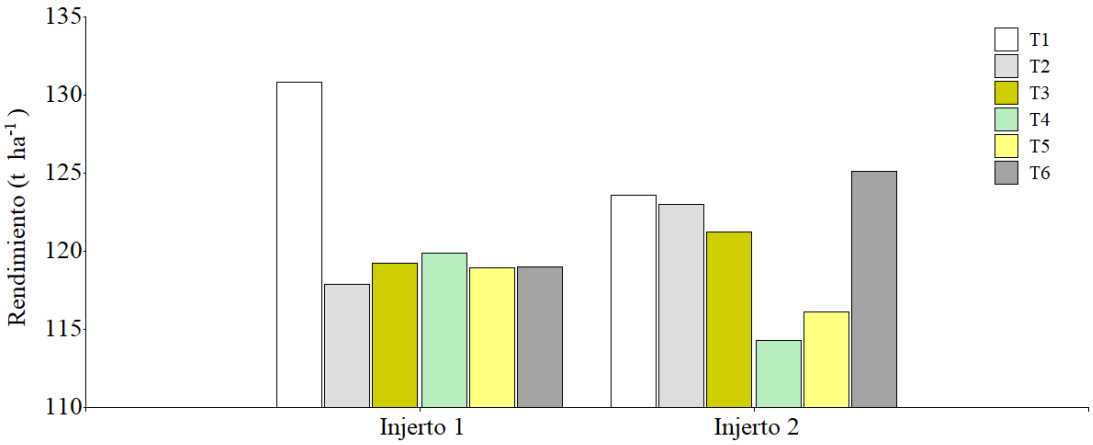
4.1.3. *Rendimiento total de los tratamientos*

El rendimiento total de tomate riñón evidenció diferencias productivas significativas según la interacción entre los tratamientos y los materiales vegetales evaluados, los valores oscilaron entre 130.81 t ha^{-1} y 114.29 t ha^{-1}, lo que evidenció que la eficiencia productiva dependió de la afinidad con el tipo de injerto utilizado.

En la Figura 13 se observó que el Injerto 1 alcanzó el mayor rendimiento de toda la investigación con el tratamiento T1, al registrar 130.81 t ha^{-1}, lo que evidencia una respuesta favorable de este material vegetal frente a la aplicación individual del agente de control biológico, por otro lado, el menor rendimiento dentro de este mismo injerto se registró con T2, con 117.86 t ha^{-1}, lo que mostró 12.95 t ha^{-1} entre tratamientos, lo que confirma que la respuesta productiva estuvo influenciada por el tipo de controlador biológico aplicado.

Por otra parte, en el Injerto 2, el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento T6, con 125.09 t ha^{-1}, seguido de T1 con 123.60 t ha^{-1}, sin embargo, valores más bajos de producción se registraron en los tratamientos T4 (114.29 t ha^{-1}) y T5 (116.12 t ha^{-1}), correspondientes a la aplicación de consorcios microbianos, por lo que aunque este injerto presentó un crecimiento vegetativo favorable durante el ciclo del cultivo, su rendimiento total fue menor bajo estos tratamientos, debido a una interacción menos favorable entre el material vegetal Briomino y *P. fumosoroseus* + *Trichoderma* spp, debido a que su establecimiento y actividad en la rizósfera dependen de la compatibilidad entre cepas, la disponibilidad de nutrientes, las condiciones edáficas y la respuesta fisiológica del genotipo vegetal, lo que indica que la respuesta productiva de Briomino fue más eficiente con aplicaciones individuales o bajo manejo convencional que con combinaciones microbianas más complejas.

Figura 13.
Rendimiento total de tomate riñón por tratamiento e injerto



Estos resultados concuerdan con lo reportado por Rosa (2018), quien al evaluar *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum* en tomate frente a *Meloidogyne javanica*, determinó que la aplicación conjunta de estos microorganismos presentó un efecto favorable en el manejo del nematodo, por lo que la combinación de agentes de control biológico puede llegar a contribuir y mejorar las condiciones del sistema radical, como lo observado en T5, donde la combinación de *P. lilacinus* + *Trichoderma* spp. favoreció una mayor producción de frutos de primera categoría.

De igual manera, Blanco et al. (2024) mencionan que, en cultivo de tomate en Bolivia determinaron que la aplicación de *P. lilacinus* y *Trichoderma* spp. redujo la población de nematodos en las raíces, donde *P. lilacinus* registró 90 nematodos y *Trichoderma* spp. 98, frente

a 205 nematodos en el tratamiento testigo, lo que representó una reducción promedio del 52 %, por lo que la acción de estos microorganismos sobre las poblaciones de nematodos puede favorecer las condiciones del sistema radical y consecuentemente, la producción de frutos comerciales.

Asimismo, los resultados de Singh et al. (2013), muestran que la aplicación de *P. lilacinum* en tomate permitió reducir el agallamiento ocasionado por *Meloidogyne incognita* hasta en 61 % e incrementar el rendimiento comercial hasta en 43 % respecto al tratamiento sin aplicación, lo que concuerda con la proporción de frutos de primera categoría registrada en el presente estudio en el tratamiento que combinó *P. lilacinum* + *Trichoderma* spp., debido a que un menor daño en el sistema radical permite mantener mejores condiciones para el desarrollo y producción de la planta.

En este sentido, la respuesta obtenida podría estar relacionada con una interacción favorable entre el material vegetal Briomino y los microorganismos aplicados, lo que permitió mantener una mayor proporción de frutos de calidad comercial.

4.1.4. Rendimiento de frutos por clasificación de calidad según tratamiento e injerto

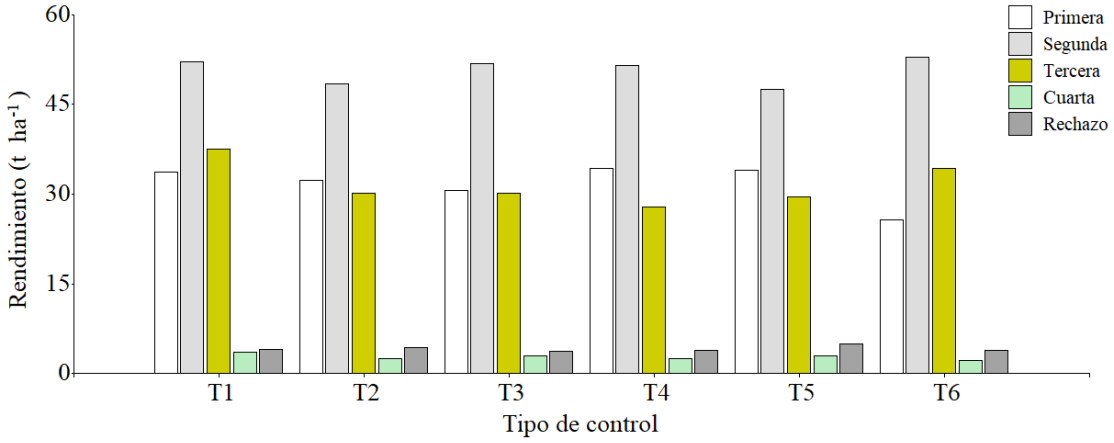
En base a los resultados obtenidos detallados en el Anexo 1, la clasificación por categorías comerciales (incluyendo el rechazo), se pudo evaluar el impacto del material vegetal en la calidad final de cada tratamiento, de esta manera se evidenció que la producción de tomate se concentró en frutos de segunda y tercera categoría, mientras que las categorías cuartas y rechazo fueron mínimas.

En la Figura 14a se evidenció los resultados obtenidos para el injerto 1 donde T1 presento un rendimiento constante al registrar 33.65 t ha^{-1} en frutos de primera y con un valor mayor frente a los otros tratamientos en la tercera clasificación (37.51 t ha^{-1}), por el contrario, T6 presento una producción baja en frutos de primera calidad con 25.74 t ha^{-1} sin embargo tuvo una mejora en producción en frutos de segunda clasificación al ser el valor más alta en esta categoría con 52.90 t ha^{-1}.

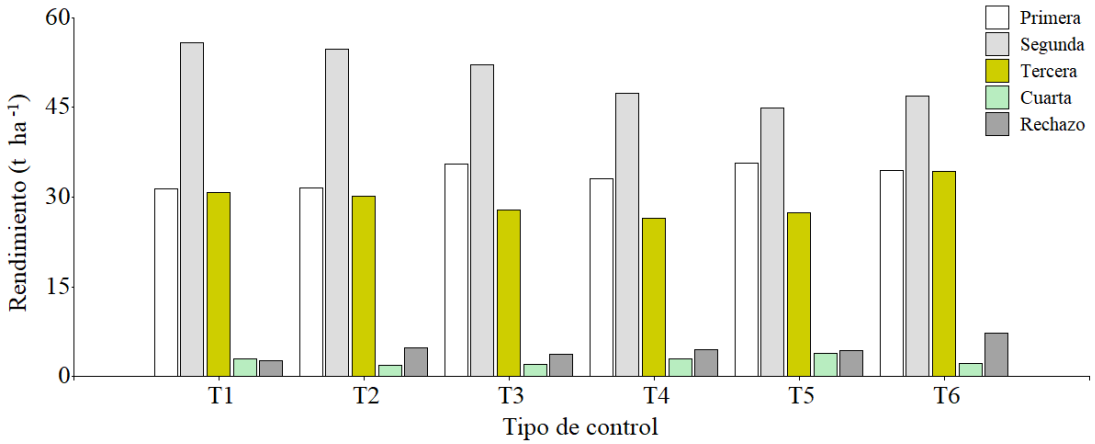
Por otro lado en el injerto 2 (Figura 14b) presento una mejora potencial para frutos de primera calidad donde T5 registró el mayor peso en frutos de primera clasificación con 35.66 t ha^{-1}, seguido por T3 con 35.56 t ha^{-1} sin embargo el máximo rendimiento se centró en frutos de segunda clasificación con T1 donde se obtuvo 52.90 t ha^{-1}; cabe recalcar que aunque T6, presentó valores altos en frutos de primera genero la mayor cantidad de frutos de rechazo (7.30

t ha⁻¹), lo que representa un 85.49% más de frutos de descarte en comparación con el promedio de los tratamientos biológicos.

Figura 14.
Análisis del rendimiento (t ha⁻¹) según la calidad comercial en injertos 1 (a) y 2 (b).



(a)



(b)

Al comparar los injertos, se observó que el Injerto 2 supera al Injerto 1 en la producción de calidades superiores en conjunto con T5, con una diferencia de 1.66 t ha⁻¹ (4.87%), de igual forma en la segunda clasificación, el Injerto 2 mantuvo valores superiores en T1, donde superó al Injerto 1 por 3.75 t ha⁻¹ (7.19%), de esta forma la segunda clasificación es la categoría dominante en el sistema productivo.

En este sentido, Moreno, et al., (2020b) reportaron que la inoculación con *Paecilomyces* favorece un incremento significativo en la biomasa aérea y mejora el índice de calidad vegetal, debido a que se optimiza la asignación de recursos hacia órganos productivos, lo que explica la

mayor proporción de frutos de primera calidad observada en la combinación del material Briomino con el tratamiento T5.

De igual forma Vásquez y Bolaños (2021), mencionan que el efecto de *P. lilacinus* sobre el cultivo de tomate bajo condiciones de infestación de *M. incognita*, determinaron un incremento del 29% en el rendimiento respecto al tratamiento testigo, lo que concuerda con la respuesta observada en el presente estudio para los tratamientos que incorporaron microorganismos biológicos, particularmente en el Injerto 2 con T5 (*P. lilacinus* + *Trichoderma* spp.), donde se alcanzó un rendimiento de 35.66 t ha^{-1} de frutos de primera categoría, por lo que la incorporación de *P. lilacinus* mostró una respuesta productiva del tomate bajo condiciones de manejo de nematodos, aunque la magnitud de la respuesta puede variar según el material vegetal, las condiciones de cultivo y la forma de aplicación del microorganismo.

Asimismo, Tacán et al. (2022), al evaluar genotipos de tomate en condiciones locales, observaron que aquellos materiales con mayor eficiencia fisiológica presentan una mayor proporción de frutos comerciales y menor descarte, lo que concuerda con el presente estudio donde el Injerto 2 superó al Injerto 1 en la categoría de primera clasificación bajo T5, lo que confirma que la selección del material vegetal es determinante para sostener la calidad comercial bajo esquemas de manejo biológico.

De igual forma, Al Achkar et al. (2026) al evaluar consorcios microbianos en tomate injertado bajo condiciones de invernadero, determinaron que la respuesta productiva estuvo condicionada por la interacción entre el material vegetal y los microorganismos aplicados, con incrementos de 9.1% y 12.6% en determinadas combinaciones, mientras que en otras se presentaron reducciones en el rendimiento, lo que concuerda con el comportamiento observado en el presente estudio donde el Injerto 2 presentó una respuesta superior al Injerto 1 bajo T5, con una diferencia de 1.66 t ha^{-1} (4.87%) en frutos de primera categoría, por lo que el efecto de los tratamientos biológicos relacionan el microorganismo utilizado y la capacidad de respuesta del material vegetal empleado. De esta manera el predominio de tomates de segunda categoría coincide con los estándares comerciales requeridos por el mercado habitual de la finca, lo que asegura la comercialización de la cosecha obtenida.

4.2. Determinación de la incidencia y severidad del agallamiento radicular causado por nematodos fitoparásitos en plantas de tomate riñón, en los distintos tratamientos evaluados

La evaluación fitosanitaria del cultivo permitió determinar la incidencia y severidad del agallamiento radicular causado por nematodos fitoparásitos en plantas de tomate riñón, considerando la respuesta de los distintos tratamientos e injertos evaluados. Además del análisis específico del daño radicular, se incluyó la incidencia de plagas y enfermedades asociadas al cultivo, con el propósito de complementar la interpretación del estado sanitario de las plantas durante el ciclo productivo.

4.2.1. Incidencia y severidad del agallamiento radicular causado por nematodos fitoparásitos

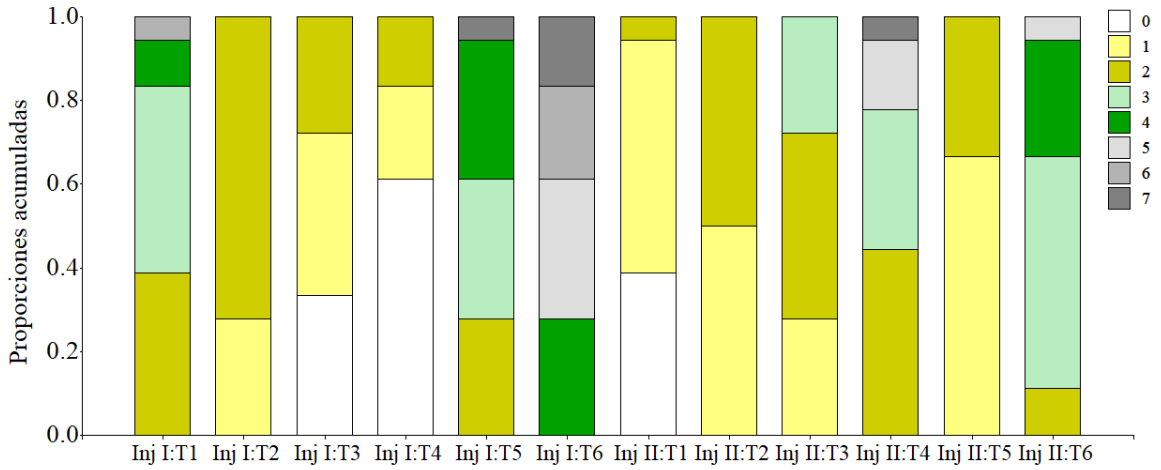
Para determinar la incidencia y severidad del agallamiento radicular causado por nematodos fitoparásitos en plantas de tomate riñón, se estableció la incidencia mediante la presencia de agallas en el sistema radicular (grados superiores a 0), mientras que la severidad se evaluó según la intensidad del daño mediante la distribución de las plantas en los diferentes grados de agallamiento para cada combinación de tratamiento e injerto.

En la Figura 15, se evidenció que para el I1 los tratamientos T3 y T4 presentaron menor afectación debido a que la mayor cantidad de plantas se concentran en daño nulo y leve, T4 destaco con el 61.11% de plantas sanas (grado 0) y el 38.89% en daños leves (grados1-2), mientras que T3 presento el 33.33% y 66.67% para las mismas condiciones de T4, por otro lado T6 presento la mayor severidad en grados de afectación de moderado a muy severo con una concentración del 55% de plantas en niveles de daño severo y 17% en escala de afectación muy severo. Para el resto de los tratamientos las concentraciones de las plantas se centraron en daños moderados.

En el Inj II, el tratamiento T1 registró un 39% de plantas sin daño radicular y el 62 % con daño leve, de manera similar T2 y T5 presentaron el 100% de las plantas con daño leve siendo estos los tratamientos con niveles más bajos de severidad, por el contrario T6 presentó el 84% de plantas con daño moderado y T4 presentó una distribución más variable, con un 44.44% en grado bajo (2), un 33.33% en grado moderado (3) y un 22.22% en categorías severas a muy severas por lo que se observó una mayor afectación radicular en comparación con los tratamientos T1, T2 y T5 del mismo injerto.

Figura 15.

Grado de agallamiento radicular según tratamiento e injerto



Rodríguez, (2022) en su estudio indicó que los consorcios microbianos en tomate riñón alcanzaron una eficacia de control del 45.50% sobre la severidad de patógenos vasculares, mientras que en el presente estudio, la combinación del T4 en el I1 superó este valor, al registrar un incremento del 15.61% en plantas libres de daño severo por lo que la interacción entre *P. fumosoroseus* y *Trichoderma* favorece un mayor efecto de biocontrol, debido a mecanismos complementarios que limitan el establecimiento de los sitios de alimentación del nematodo con mayor eficacia en comparación con las aplicaciones individuales.

Por otra parte, el comportamiento observado en el I2, donde las combinaciones T2 y T5 lograron confinar el 100.0% de las muestras estrictamente en las categorías de daño leve coincide con Moreno, et al. (2020a), quienes registraron que la inoculación con este género fúngico reduce el índice de agallamiento radical en un rango del 62.0% al 78.0% en comparación con los testigos infectados. Finalmente, Tacán et al. (2022) indican que la respuesta fitosanitaria no depende únicamente del microorganismo aplicado, sino también del genotipo del patrón utilizado, esto concuerda con el presente estudio donde *Trichoderma* (T6) logró mantener una severidad moderada en el I2, mientras que en I1 el su efecto fue menor frente a otros tratamientos con mayor desempeño biológico.

Al contrastar el estado fitosanitario radicular con los parámetros productivos, se evidenció la relación directa entre tratamientos con afectación vs rendimiento y calidad final del fruto, donde los tratamientos con menor severidad de agallamiento, como T5 en el I2 (100 % en daño leve), los conductos de la planta se mantuvieron sanos, lo que facilitó un flujo ininterrumpido de agua y nutrientes que favoreció el llenado de frutos de primera calidad (35.66 t ha^{-1}).

Por el contrario, la alta severidad observada en T6 (hasta 72 % de plantas en niveles severos y muy severos en I1) provocó estrés reproductivo, sin embargo, la estimulación radicular por *Trichoderma* promovió un cuajado abundante que elevó el volumen en segunda categoría (52.90 t ha^{-1}), pero la obstrucción vascular limitó el engrose del cultivo a calibres superiores.

4.2.2. Incidencia de plagas asociadas al cultivo

La incidencia de plagas asociadas al cultivo se evaluó con el objetivo de complementar el análisis fitosanitario de las plantas de tomate riñón durante el periodo de estudio. Para lo cual, se consideró la presencia de mosca blanca, minador, Tuta absoluta, enrollador y áfidos en los distintos tratamientos e injertos evaluados, donde se pudo identificar la dinámica de las principales plagas presentes en el cultivo y determinar si su incidencia estuvo influenciada por los días después del trasplante, el tipo de injerto o los tratamientos aplicados.

4.2.2.1 Mosca blanca. Los resultados del análisis de varianza de la mosca blanca indicaron que los efectos principales de los días después del trasplante, el tipo de injerto y el tratamiento no fueron estadísticamente significativos ($p = 0.2261$, $p = 0.8823$ y $p = 0.166$), respectivamente (Tabla 13). Sin embargo, la interacción Día después del trasplante (DDT) × injerto fue estadísticamente significativa ($F = 1.81$ y $p = 0.0483$), por lo que se evidenció que la incidencia de mosca blanca varió de forma diferente entre los injertos según el momento de evaluación.

Tabla 13.
Análisis de la incidencia de mosca blanca según días después del trasplante, injerto y tratamiento

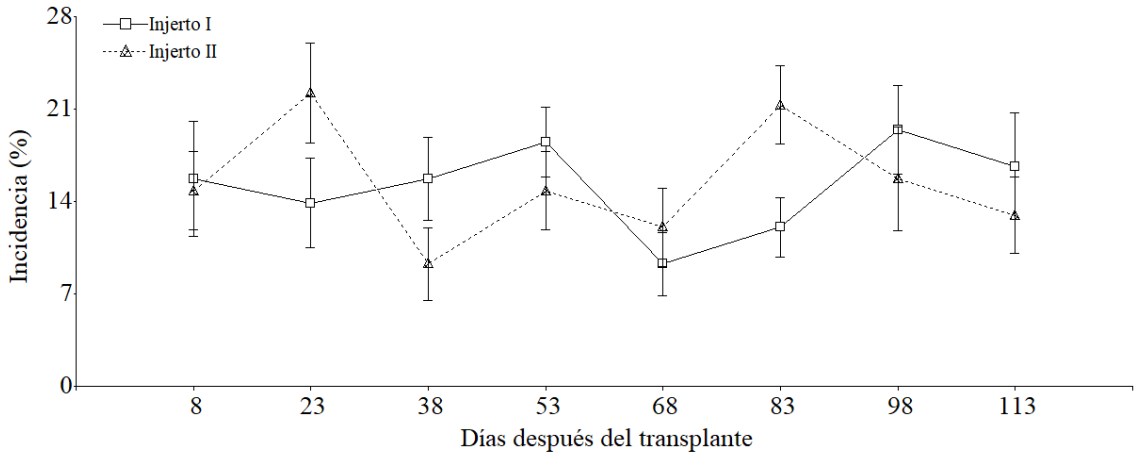
Fuente de variación	gl numerador	gl denominador	F-value	p-value
Intercepto	1	190	382.94	<0.0001
Días después del trasplante	7	190	1.36	0.2261
Injerto	1	190	0.02	0.8823
Tratamiento	5	190	1.58	0.1669
DDT × Injerto	7	190	1.81	0.0483
DDT × Tratamiento	35	190	1.33	0.1196
Injerto × Tratamiento	5	190	1.10	0.3601
DDT × Injerto × Tratamiento	35	190	1.12	0.3044

En la Figura 16 se puede evidenciar que la incidencia de mosca blanca presentó variaciones durante el ciclo del cultivo, en el I1, los valores oscilaron entre 9.26 % y 19.44 % donde la menor incidencia se registró a los 68 días después del trasplante, con 9.26 %, y los mayores porcentajes de incidencia fueron en las evaluaciones tardías en los días 53, 98 y 113, con 18.52 %, 19.44 % y 16.67 %, respectivamente, mientras que en el I2, la incidencia varió entre 9.26 %

y 22.22 % donde el valor más bajo se presentó a los 38 días, con 9.26 % y los valores más altos en las evaluaciones de las etapas iniciales e intermedias del cultivo a los 23 y 83 días, con 22.22% y 21.30 %, respectivamente, por lo que la dinámica poblacional de la mosca blanca es asincrónica entre ambos injertos, al manifestar picos de infestación alternos y opuestos a lo largo del ciclo del cultivo.

Figura 16.

Incidencia de mosca blanca según días después del trasplante e injerto



Al contrastar los resultados obtenidos con investigaciones recientes, se observó que la incidencia de mosca blanca registrada en el presente estudio fue inferior a la reportada en otros cultivos de tomate bajo condiciones tropicales descritos por Kortbeek et al. (2021), quienes evaluaron diferentes genotipos de tomate y encontraron niveles elevados de susceptibilidad a *Bemisia tabaci*, con supervivencias del insecto de hasta 88 %, los autores señalaron que la resistencia del cultivo estuvo asociada principalmente con la presencia de tricomas glandulares y metabolitos especializados.

Por otro lado la incidencia máxima registrada en el presente estudio fue de 22.22 %, mientras que Pal et al. (2021), al evaluar 19 genotipos de tomate frente a *Bemisia tabaci*, determinaron diferencias altamente significativas en la infestación entre los materiales evaluados ($\chi^2 = 64.17$; $p < 0.0001$), con cuatro genotipos de comportamiento resistente debido a la menor presencia del insecto, además, se observó una relación negativa entre la densidad de tricomas foliares y la población de mosca blanca, por lo que una mayor cantidad de tricomas estuvo asociada con una menor infestación, por lo que las características propias del material vegetal pueden modificar la colonización de la plaga y contribuir a explicar las diferencias temporales observadas entre el I1 y el I2 en el presente estudio.

Das et al. (2021) obtuvieron diferencias significativas en la infestación de *Bemisia tabaci* entre genotipos de tomate, donde los materiales resistentes presentaron menores poblaciones de adultos y ninfas por hoja en comparación con materiales comerciales susceptibles, de igual forma Toledo et al., (2021) mencionaron que infestaciones severas de *Bemisia tabaci* pueden ocasionar pérdidas de hasta 100 % en tomate, debido a alteraciones fisiológicas y bioquímicas provocadas por la alimentación del insecto y la transmisión de begomovirus.

Por otro lado, según Kortbeek et al. (2021) la variación observada en la dinámica de infestación entre ambos injertos podría atribuirse a diferencias morfofisiológicas propias de cada material vegetal debido a que en su estudio demostraron que los genotipos con mayor presencia de tricomas tipo I/IV y mayor acumulación de acilsacáridos mostraron una reducción significativa en la colonización de mosca blanca, lo que modificó el comportamiento poblacional del insecto durante las distintas fases fenológicas del cultivo.

4.2.2.2 Minador. El análisis de la incidencia de minador mostró diferencias significativas únicamente para el factor días después del trasplante, con F = 2.21 y p = 0.0349, por el contrario, el tipo de injerto, el tratamiento y las interacciones DDT × injerto, DDT × tratamiento, injerto × tratamiento y DDT × injerto × tratamiento no fueron significativas, debido a que sus valores de p fueron superiores a 0.05.

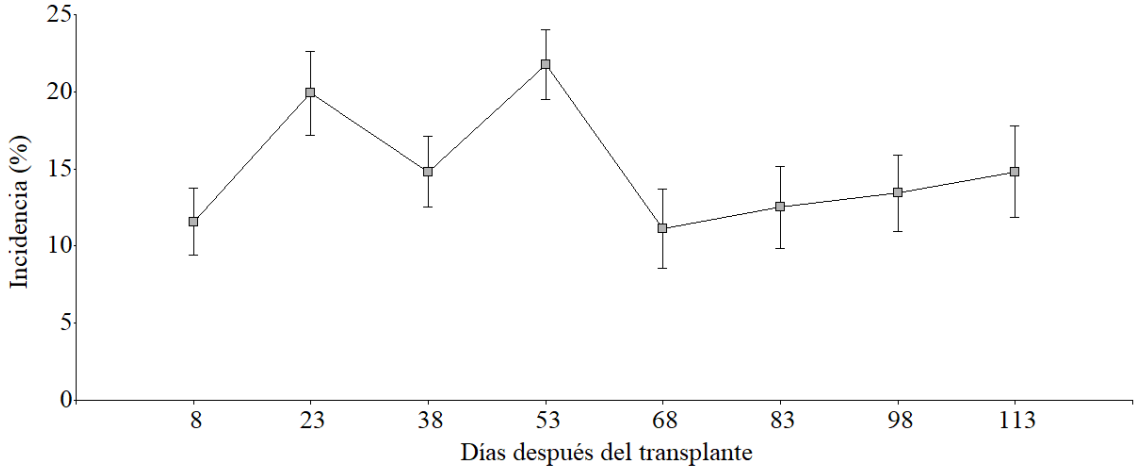
Tabla 14.
Análisis de la incidencia del minador según días después del trasplante, injerto y tratamiento

Fuente de variación	gl numerador	gl denominador	F-value	p-value
Intercepto	1	190	264.10	<0.0001
Días después del trasplante	7	190	2.21	0.0349
Injerto	1	190	0.48	0.4909
Tratamiento	5	190	0.24	0.9443
DDT × Injerto	7	190	1.00	0.4339
DDT × Tratamiento	35	190	0.59	0.9676
Injerto × Tratamiento	5	190	1.53	0.1838
DDT × Injerto × Tratamiento	35	190	0.99	0.4932

En la Figura 17 se evidenció que la dinámica poblacional del minador presentó un comportamiento bimodal el cual estuvo definido por dos picos máximos de infestación, seguido de una fase de quiebre y estabilización tardía en el cultivo donde los valores estuvieron entre 11.11% y 21.76%, con la menor incidencia a los 68 días después del trasplante, seguida del día 8 (11.57%), mientras que el punto crítico de máxima afectación se concentró en el día 53 (21.76%), seguido por el primer repunte fitosanitario en el día 23 (19.91%) después de alcanzar

el valor más alto a los 53 días, la variable presentó una disminución drástica que redujo la infestación en el día 68 posteriormente, la plaga entró en una fase de recuperación paulatina y controlada, con incrementos graduales mínimos en los días 83 (12.50%), 98 (13.43%) y 113 (14.81%) después del trasplante.

Figura 17.
Incidencia de minador según días después del trasplante



Según la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (2022) las infestaciones de minador foliar en tomate pueden incrementarse durante las fases de rápido crecimiento vegetativo debido a la mayor disponibilidad de tejido foliar tierno, el cual es el principal sitio de alimentación y oviposición de la plaga, lo que concuerda con el presente estudio, donde el mayor porcentaje de incidencia se registró a los 53 días después del trasplante, etapa que coincide con un alta emisión foliar y crecimiento activo del cultivo. De igual forma Dueñas (2022) menciona que las poblaciones de minador tienden a presentar dos picos poblacionales durante el ciclo del tomate, particularmente entre los 20 y 60 días después del trasplante presentando un aumento progresivo de la infestación de 2% cada 15 días, tras alcanzar incidencias superiores al 20 % bajo condiciones favorables de temperatura y humedad.

Por otro lado, la reducción drástica de la incidencia observada a los 68 días después del trasplante según Zárate et al. (2021), podría relacionarse con cambios fisiológicos en la planta y una disminución en la calidad nutricional del follaje debido a que estas características reducen la preferencia alimenticia y la oviposición de minadores foliares hasta en un 48%, lo que provoca disminuciones temporales en las poblaciones del insecto.

4.2.2.3 *Tuta absoluta*. El análisis de la incidencia de *Tuta absoluta* mostró diferencias significativas únicamente para el factor días después del trasplante, con F = 2.72 y p = 0.0104,

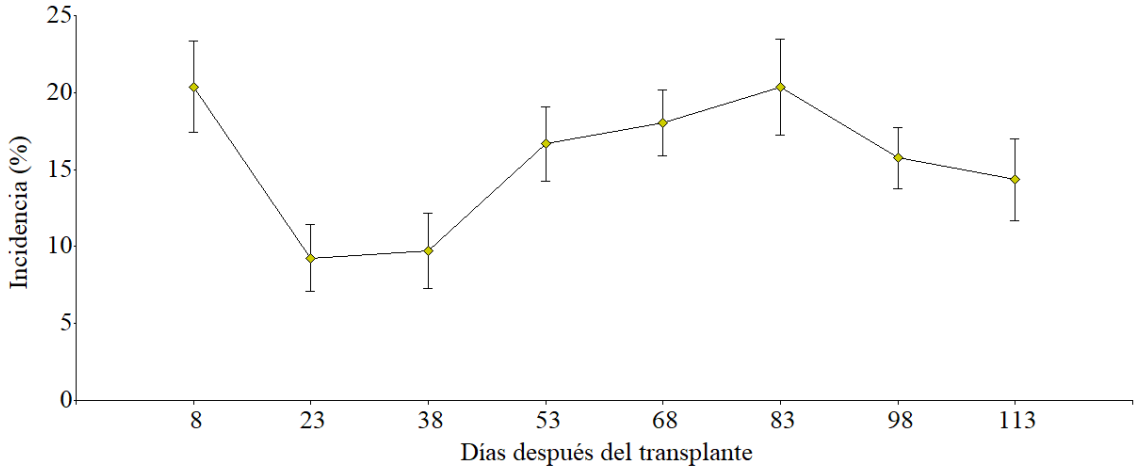
por el contrario, el tipo de injerto, el tratamiento y las interacciones DDT × injerto, DDT × tratamiento, injerto × tratamiento y DDT × injerto × tratamiento no fueron significativas, debido a que sus valores de p fueron superiores a 0.05.

Tabla 15.
Análisis de la incidencia de Tuta absoluta según días después del trasplante, injerto y tratamiento

Fuente de variación	gl numerador	gl denominador	F-value	p-value
Intercepto	1	190	113.60	<0.0001
Días después del trasplante	7	190	2.72	0.0104
Injerto	1	190	1.14	0.2865
Tratamiento	5	190	0.35	0.8847
DDT × Injerto	7	190	1.24	0.2819
DDT × Tratamiento	35	190	0.74	0.8569
Injerto × Tratamiento	5	190	0.54	0.7495
DDT × Injerto × Tratamiento	35	190	0.73	0.8627

Los resultados evidenciaron que la incidencia de *Tuta absoluta* presentó variaciones durante el ciclo del cultivo, debido a la dinámica poblacional asociada al desarrollo fenológico de la planta y a la disponibilidad de tejido vegetal susceptible, en la Figura 18 se observó que la incidencia de *Tuta absoluta* presentó variaciones durante el ciclo del cultivo, con valores comprendidos entre 9.26 % y 20.37 %, donde las menores incidencias se registraron a los 23 y 38 días después del trasplante, con valores de 9.26 % y 9.72 %, respectivamente, por el contrario, las mayores incidencias ocurrieron a los 8 y 83 días después del trasplante, ambos con 20.37 % lo que coincide con etapas de crecimiento del cultivo, donde existe mayor emisión de hojas y brotes tiernos, usados por la plaga para alimentación y oviposición, seguidos por los 68 días con 18.06 %, mientras que en las evaluaciones finales del cultivo, la incidencia disminuyó a 15.74 % y 14.35 % a los 98 y 113 días después del trasplante, respectivamente.

Figura 18.
Incidencia de Tuta absoluta según días después del trasplante



Estos resultados muestran que la incidencia de *Tuta absoluta* no siguió una tendencia constante durante el periodo de evaluación, sino que presentó fluctuaciones asociadas al tiempo lo que coincide con lo observado por Dueñas (2022) donde las poblaciones de insectos plaga en tomate presentan variaciones a lo largo del ciclo del cultivo en un porcentaje de afectación que fluctua de un 30 a 64% de afectación, influenciadas por las condiciones microclimáticas y la disponibilidad de tejido foliar tierno lo que favorece el establecimiento y desarrollo de insectos fitófagos debido al incremento del área foliar susceptible.

De igual forma Desneux et al. (2022), señalan que *Tuta absoluta* presenta una elevada capacidad reproductiva y un rápido desarrollo poblacional bajo condiciones favorables de temperatura entre 12-30 ºC y disponibilidad de hospedero, permite la aparición de diferentes picos de infestación durante un mismo ciclo productivo completando un ciclo de reproducción en menos de 25 días.

4.2.2.4 Enrollador. El análisis de la incidencia del enrollador mostró diferencias significativas únicamente para el factor días después del trasplante, con F = 2.88 y p = 0.0070, por el contrario, el tipo de injerto, el tratamiento y las interacciones DDT × injerto, DDT × tratamiento, injerto × tratamiento y DDT × injerto × tratamiento no fueron significativas, debido a que sus valores de p fueron superiores a 0.05.

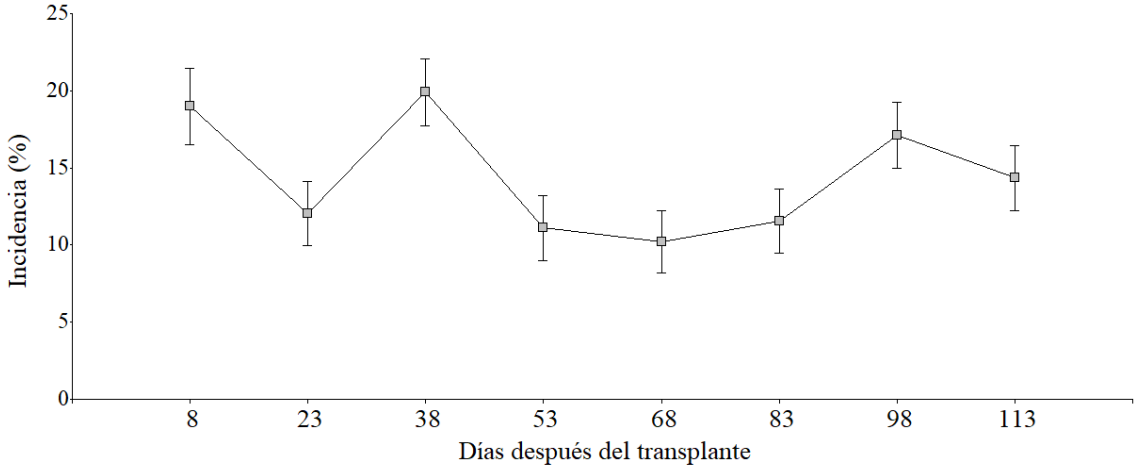
Tabla 16.
Análisis de la incidencia del enrollador según días después del trasplante, injerto y tratamiento

Fuente de variación	gl numerador	gl denominador	F-value	p-value
Intercepto	1	190	222.23	<0.0001
Días después del trasplante	7	190	2.88	0.0070
Injerto	1	190	0.43	0.5113
Tratamiento	5	190	1.78	0.1187
DDT × Injerto	7	190	0.92	0.4907
DDT × Tratamiento	35	190	0.88	0.6624
Injerto × Tratamiento	5	190	0.73	0.6031
DDT × Injerto × Tratamiento	35	190	0.47	0.9953

En la Figura 19 se muestra que la incidencia de enrollador presentó variaciones durante el ciclo del cultivo con valores entre 10.19 % y 19.91 %, donde la menor incidencia se registró a los 68 días después del trasplante, con 10.19 %, seguida de los 53 días, con 11.11 %, y los 83 días, con 11.57 %. mientras que, el valor más alto se observó a los 38 días, con 19.91 %, por lo que estos resultados muestran que la incidencia de enrollador no siguió una tendencia uniforme durante el ciclo del cultivo, sino que presentó variaciones asociadas principalmente a los días después del trasplante y al ciclo fenológico del cultivo.

Figura 19.

Incidencia de enrollador según días después del trasplante



Ronquillo (2022) menciona que el enrollador presenta una elevada capacidad reproductiva y un rápido desarrollo poblacional bajo condiciones favorables de temperatura y disponibilidad de hospedero, al registrar promedios de afectación en flores entre 1.9 y 4.58 flores afectadas por planta, esto permite la aparición de diferentes picos de infestación durante un mismo ciclo productivo debido a que la plaga muestra preferencia por tejidos jóvenes, lo que concuerda con el presente estudio al obtener el 19.91% en 38 días en etapas de crecimiento vegetativo activo, en las que las larvas deforman los brotes jóvenes.

De igual forma Moreno (2021) menciona que las poblaciones de insectos plaga en tomate presentan variaciones a lo largo del ciclo del cultivo, influenciadas por las condiciones microclimáticas y la disponibilidad de tejido foliar tierno lo que favorece el establecimiento y desarrollo de insectos fitófagos debido al incremento del área foliar susceptible.

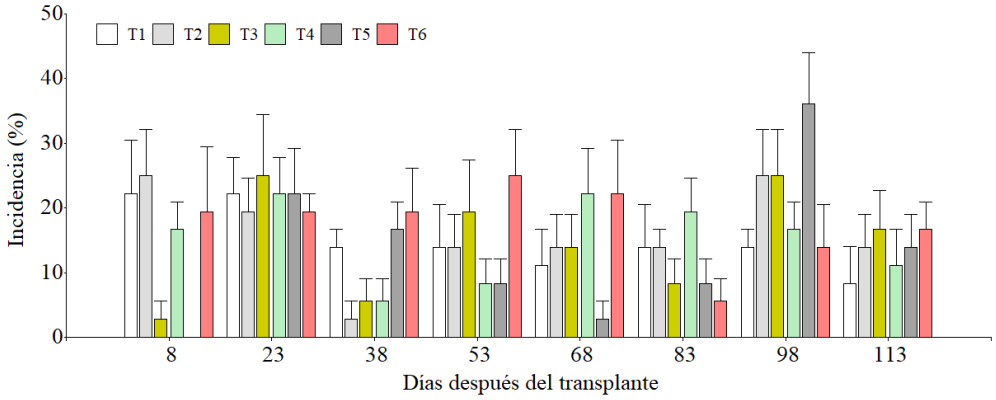
4.2.2.5 Áfidos. El análisis de varianza para los áfidos presentes en el cultivo mostró diferencias significativas para los factores individuales días después de la siembra e injerto, sin embargo, para el análisis final se tomó en cuenta prioritariamente las interacciones estadísticamente significativas, DDT × Tratamiento, con F = 1.59 y p = 0.0269, e Injerto ×Tratamiento, con F = 2.25 y p = 0.0415, mientras que, el factor individual tratamiento, así como las interacciones DDT ×injerto y DDT ×injerto × tratamiento no fueron significativas, debido a que sus valores de p fueron superiores a 0.05.

Tabla 17.
Análisis de la incidencia de áfidos según días después del trasplante, injerto y tratamiento

Fuente de variación	gl numerador	gl denominador	F-value	p-value
Intercepto	1	190	159.97	<0.0001
Días después de la siembra	7	190	3.36	0.0021
Injerto	1	190	7.70	0.0061
Tratamiento	5	190	0.50	0.7735
DDT × Injerto	7	190	0.24	0.9758
DDT × Tratamiento	35	190	1.59	0.0269
Injerto × Tratamiento	5	190	2.25	0.0415
DDT × Injerto × Tratamiento	35	190	0.74	0.8561

Los resultados obtenidos demostraron que la incidencia de áfidos no siguió una tendencia constante ni uniforme, sino que estuvo sujeta a las interacciones dobles significativas DDT × Tratamiento e Injerto ×Tratamiento, lo que confirmó que el comportamiento fitosanitario de los tratamientos varió según el momento de evaluación y el tipo de material genético utilizado. En la Figura 20 se observa que la incidencia presentó variaciones durante el ciclo del cultivo donde el valor más alto se registró a los 98 días después del trasplante en el tratamiento T5, con 36.11 %, de igual forma se observaron incidencias elevadas en T6 a los 53 días, T2 a los 98 días, T3 a los 98 días, T2 a los 8 días y T3 a los 23 días, todos con 25.00 %, mientras que el valor más bajo se registró en T5 a los 8 días, con 0.00 %, seguido de T3 a los 8 días, T2 a los 38 días y T5 a los 68 días, con 2.78 % en cada caso.

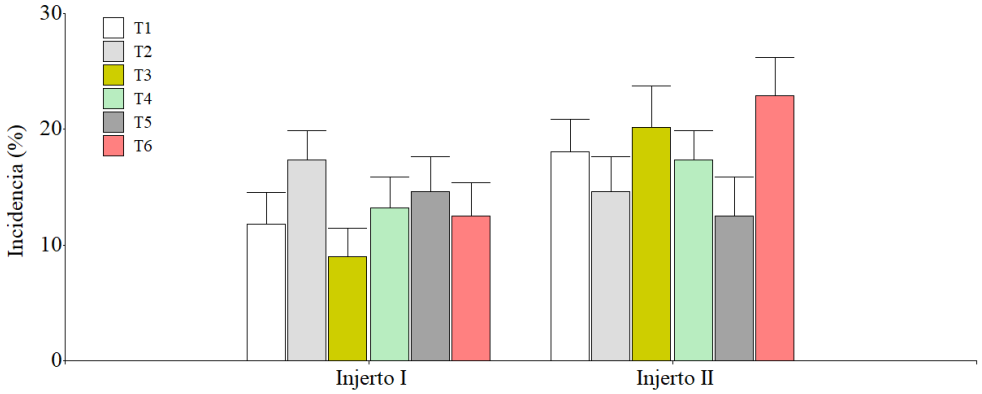
Figura 20.
Incidencia de áfidos según días después del trasplante y tratamiento



Por otra parte, en la interacción Injerto × tratamiento la respuesta a la plaga cambió según el tipo de injerto que se usó, en la Figura 21 se puede observar que en el I1, los tratamientos T2 (17.36 %), T5 (14.58 %) y T4 (13.19 %) sufrieron los mayores daños, mientras que T3 (9.03 %) y T1 (11.81 %) resistieron mejor, mientras que en el I2 la situación fue distinta el T6 fue el

más afectado con 22.92 %, seguido de T3 (20.14 %) y T1 (18.06 %) y los tratamientos más efectivos fueron T5 (12.50 %) y T2 (14.58 %).

Figura 21.
Incidencia de áfidos según injerto y tratamiento



Según Piaun (2021) en su estudio registró caídas iniciales de infestación seguidas por incrementos tardíos debido a que están influenciadas por la etapa de evaluación (DDT) y al tipo de nutrición empleada, en donde la aplicación de biol redujo en un 44% la afectación por áfidos en comparación con el testigo lo que concuerda con el presente estudio el cual inició con una ausencia total de la plaga a los 8 días pero manifestó una marcada pérdida de control hacia los 98 días alcanzando el techo máximo del ensayo.

De igual forma, Ronquillo (2022) señala en sus evaluaciones agroecológicas que los insectos chupadores que atacan al tomate presentan un rápido desarrollo poblacional y picos de infestación altamente diferenciados cuando interactúan con las características genéticas y morfológicas propias de cada hospedero además de que en condiciones apropiadas (25.8 ºC y 60.7% Humedad Relativa) los insectos chupadores acortan su ciclo a 11.62 días.

Por otra parte, la interacción injerto × tratamiento demostró que la susceptibilidad al vector varió según la combinación genética empleada, lo que coincide con lo señalado por Jaramillo et al. (2019) quienes afirman que el uso de portainjertos comerciales altera significativamente el vigor radical, la presión hidrostática del floema y la turgencia celular en el dosel de la planta.

4.2.3. Incidencia de enfermedades asociadas al cultivo

La incidencia de enfermedades asociadas al cultivo se evaluó con el propósito de complementar el análisis fitosanitario de las plantas de tomate riñón durante el periodo de estudio, para lo cual se consideró la presencia de tizón tardío, *Botrytis* y *Fusarium* sp. en los distintos tratamientos

e injertos evaluados, lo que permitió identificar el comportamiento de las principales enfermedades registradas en el cultivo y determinar si su incidencia estuvo influenciada por los días después del trasplante, el tipo de injerto o los tratamientos aplicados.

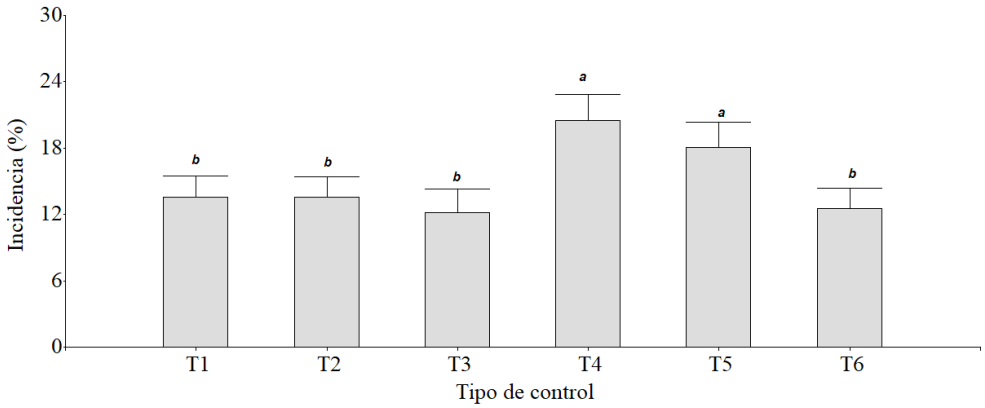
4.2.3.1 Tizon tardío. El análisis de la incidencia del Tizón tardío mostró diferencias significativas únicamente para el factor tratamiento, con F = 2.50 y p = 0.0319, por el contrario, DDT, el tratamiento y las interacciones DDT × injerto, DDT × tratamiento, injerto × tratamiento y DDT × injerto × tratamiento no fueron significativas, debido a que sus valores de p fueron superiores a 0.05.

Tabla 18.
Análisis de la incidencia de tizón tardío según días después del trasplante, injerto y tratamiento

Fuente de variación	gl numerador	gl denominador	F-value	p-value
Intercepto	1	190	60.20	<0.0001
Días después de la siembra	7	190	0.52	0.8224
Injerto	1	190	1.40	0.2375
Tratamiento	5	190	2.50	0.0319
DDT × Injerto	7	190	0.72	0.6545
DDT × Tratamiento	35	190	0.92	0.6069
Injerto × Tratamiento	5	190	0.99	0.4262
DDT × Injerto × Tratamiento	35	190	0.55	0.9799

Los resultados obtenidos para la variable incidencia de tizón tardío demostraron que el tipo de tratamiento aplicado fue el factor que explicó las diferencias observadas en esta enfermedad, en la Figura 22 se observa que el valor más alto se registró en T4, con 20.49 %, seguido de T5, con 18.06 % lo que indica una mayor incidencia de la enfermedad. Por otra parte, los valores bajos se observaron en T3, con 12.15 %, y T6, con 12.50 %, mientras que T1 y T2 presentaron valores intermedios, ambos con 13.54 %.

Figura 22.
Incidencia de tizón tardío según tratamiento



El comportamiento observado coincide con lo descrito por Nowicki et al. (2012), quienes señalan que *Phytophthora infestans* es uno de los patógenos más destructivos en tomate y puede ocasionar pérdidas de hasta el 100 % cuando las condiciones ambientales favorecen (15-18 ºC) el desarrollo de la enfermedad, debido a la rápida esporulación y dispersión del patógeno ya que su ciclo de reproducción se repite cada 5 a 7 días, incrementando significativamente la incidencia en el cultivo. Ivanov et al. (2021) mencionan que el control de *P. infestans* depende en gran medida de la eficacia de las estrategias de manejo implementadas, debido a la elevada capacidad adaptativa del patógeno ya que puede sobrevivir en forma de micelio y a la aparición de cepas con diferentes niveles de agresividad lo que concuerda con el T3 y T6 los cuales obtuvieron un mejor efecto de supresión de la enfermedad con tan solo un 13.54% de afectación.

4.2.3.2 Botrytis. El análisis de la incidencia de Botrytis, detallado en la Tabla 19, no mostró diferencias significativas para los factores evaluados, días después del trasplante ($F = 0.88$ y $p = 0.5199$), tipo de injerto ($F = 0.75$ y $p = 0.3883$), y el tratamiento ($F = 0.64$ y $p = 0.6682$), de igual forma interacciones DDT × injerto, DDT × tratamiento, injerto × tratamiento y DDT × injerto × tratamiento tampoco fueron significativas, debido a que todos los valores de p fueron superiores a 0.05.

Tabla 19.
Análisis de la incidencia de Botrytis según días después del trasplante, injerto y tratamiento

Fuente de variación	gl numerador	gl denominador	F-value	p-value
Intercepto	1	190	310.73	<0.0001
Días después del trasplante	7	190	0.88	0.5199
Injerto	1	190	0.75	0.3883
Tratamiento	5	190	0.64	0.6682
DDT × Injerto	7	190	0.69	0.6829
DDT × Tratamiento	35	190	1.04	0.4135
Injerto × Tratamiento	5	190	1.49	0.1945
DDT × Injerto × Tratamiento	35	190	1.10	0.3303

A pesar de que no hubo diferencias estadísticamente significativas, las medias descriptivas permitieron identificar variaciones numéricas en la incidencia de la enfermedad durante el ciclo del cultivo, en los días después del trasplante, la mayor incidencia se registró a los 83 días, con 19.44 %, seguida de los 53 días, con 17.13 %, mientras que, el valor más bajo se observó a los 68 días después del trasplante, con 11.57 %.

Por otro lado, en el tipo de injerto, el I1 presentó una incidencia promedio de 16.09 %, mientras que el I2 registró 14.58 %, por lo que el comportamiento fitosanitario fue similar entre ambos

injertos. Para los tratamientos evaluados, T1 presentó la mayor incidencia numérica de Botrytis, con 17.36 %, seguido de T4 con 16.67 % mientras que el menor valor se registró en T5, con 12.50, lo que representa una diferencia descriptiva de 4.86 puntos porcentuales, aunque esta variación no alcanzó diferencias estadísticas significativas, evidencia una respuesta diferencial numérica frente al desarrollo del patógeno.

Tabla 20.
Medias descriptivas de la incidencia de Botrytis según días después del trasplante, injerto y tratamiento

Factor	Nivel	Variable	Media (%)	E.E.
Días después del trasplante	8	Botrytis	15.28	2.60
Días después del trasplante	23	Botrytis	13.89	2.15
Días después del trasplante	38	Botrytis	15.74	2.48
Días después del trasplante	53	Botrytis	17.13	2.78
Días después del trasplante	68	Botrytis	11.57	2.08
Días después del trasplante	83	Botrytis	19.44	2.70
Días después del trasplante	98	Botrytis	14.35	2.58
Días después del trasplante	113	Botrytis	15.28	2.34
Injerto	I1	Botrytis	16.09	1.26
Injerto	I2	Botrytis	14.58	1.22
Tratamiento	T1	Botrytis	17.36	2.16
Tratamiento	T2	Botrytis	14.58	2.46
Tratamiento	T3	Botrytis	15.63	1.82
Tratamiento	T4	Botrytis	16.67	2.22
Tratamiento	T5	Botrytis	12.50	2.08
Tratamiento	T6	Botrytis	15.28	2.10

Las medias descriptivas mostraron variaciones numéricas, donde la mayor incidencia se registró a los 83 días después del trasplante, mientras que el menor valor se observó a los 68, estos resultados fueron inferiores a los reportados por Pesántez (2021) el cual observó incidencias cercanas al 50 % en tratamientos con menor eficiencia de control, de igual forma, el autor reportó valores de severidad de 17.19 % en los tratamientos con mejor respuesta.

De igual forma Fillinger y Elad (2016) mencionaron que la incidencia de *Botrytis cinerea* en tomate puede superar el 30 % bajo condiciones favorables de humedad superior al 80% y baja ventilación con temperaturas entre 18 y 232 ºC lo que concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio donde se observó una incidencia moderada de la enfermedad durante el ciclo productivo alcanzando un máximo de afectación de 19.44%.

4.2.3.3 *Fusarium* sp. El análisis de la incidencia de *Fusarium* sp., detallado en la Tabla 21, no mostró diferencias significativas para los factores evaluados, días después del trasplante (F = 0.33 y p = 0.9397), tipo de injerto (F = 4.9E-03 y p = 0.9443) y tratamiento (F = 0.69 y p = 0.6337). De igual forma interacciones DDT × injerto, DDT × tratamiento, injerto ×

tratamiento y DDT × injerto × tratamiento tampoco fueron significativas, debido a que todos los valores de p fueron superiores a 0.05.

Tabla 21.

Análisis de la incidencia de Fusarium sp. *según días después del trasplante, injerto y tratamiento*

Fuente de variación	gl numerador	gl denominador	F-value	p-value
Intercepto	1	190	360.00	<0.0001
Días después del trasplante	7	190	0.33	0.9397
Injerto	1	190	4.9E-03	0.9443
Tratamiento	5	190	0.69	0.6337
DDT × Injerto	7	190	0.58	0.7747
DDT × Tratamiento	35	190	0.97	0.5196
Injerto × Tratamiento	5	190	1.75	0.1260
DDT × Injerto × Tratamiento	35	190	1.16	0.2603

Aunque no se observaron diferencias estadísticas en la incidencia de *Fusarium* sp., las medias descriptivas permitieron identificar variaciones numéricas durante el ciclo del cultivo, en los días después del trasplante, los valores más altos se registraron a los 38 y 98 días, ambos con 17.59 %, mientras que el menor valor se observó a los 113 DDT, con 13.89 %. En el tipo de injerto, el I1 presentó una incidencia promedio de 15.74 %, mientras que el I2 obtuvo 15.63 %, por lo que existió un comportamiento fitosanitario similar entre ambos materiales vegetales. Para los tratamientos evaluados, la mayor incidencia numérica de *Fusarium* sp. se observó en T5 y T6, ambos con 17.71 % mientras que el menor valor se registró en T4, con 13.89 %.

Tabla 22.

Medias descriptivas de la incidencia de Fusarium sp. *según injerto y tratamiento*

Factor	Nivel	Variable	Media (%)	E.E.
Días después del trasplante	8	*Fusarium* sp.	14.81	1.60
Días después del trasplante	23	*Fusarium* sp.	16.20	2.35
Días después del trasplante	38	*Fusarium* sp.	17.59	3.04
Días después del trasplante	53	*Fusarium* sp.	15.28	2.34
Días después del trasplante	68	*Fusarium* sp.	14.81	2.08
Días después del trasplante	83	*Fusarium* sp.	15.28	2.60
Días después del trasplante	98	*Fusarium* sp.	17.59	2.39
Días después del trasplante	113	*Fusarium* sp.	13.89	2.15
Injerto	I1	*Fusarium* sp.	15.74	1.19
Injerto	I2	*Fusarium* sp.	15.63	1.14
Tratamiento	T1	*Fusarium* sp.	14.93	2.18
Tratamiento	T2	*Fusarium* sp.	15.63	1.68
Tratamiento	T3	*Fusarium* sp.	14.24	1.86
Tratamiento	T4	*Fusarium* sp.	13.89	2.07
Tratamiento	T5	*Fusarium* sp.	17.71	2.13
Tratamiento	T6	*Fusarium* sp.	17.71	2.19

Los resultados obtenidos mostraron incidencias de *Fusarium* sp. fueron inferiores a los obtenidos por Carmona et al. (2020) quienes caracterizaron aislamientos de *Fusarium*

oxysporum asociados a cultivos comerciales de tomate donde mencionaron que la marchitez vascular ocasionada por este patógeno constituye una de las principales limitantes fitosanitarias del cultivo debido a su rápida capacidad de colonización vascular y persistencia en el suelo. Por el contrario, forma McGovern (2015) menciona que en sistemas intensivos de producción de tomate las pérdidas ocasionadas por *F. oxysporum* pueden superar el 30 % bajo condiciones favorables de humedad (74-80%) y temperatura del suelo (25-28 ºC), porcentajes superiores a los observados en el presente estudio, donde ninguna evaluación superó el 18 % de incidencia.

4.3. Análisis de los resultados económicos de los tratamientos en estudio

El análisis económico identificó la inversión necesaria para cada combinación de material vegetal y tratamiento, lo que facilitó la selección de modelos idóneos para optimizar el capital y maximizar el beneficio neto local.

4.3.1. Indicadores de rentabilidad y eficiencia financiera

El análisis económico detallado en la Tabla 23 permitió determinar que el I1 con el T1 presentó la mayor rentabilidad, al alcanzar una relación beneficio-costo de 1.19. Este resultado estuvo asociado al rendimiento productivo, el cual registró el valor más alto entre los tratamientos con 117.72 t ha^{-1} y una productividad individual de 23.36 kg/planta, lo que generó un ingreso total de $35 318.7 USD y una utilidad neta de $5 624.79 USD por hectárea. Por el contrario, el I2 con el T6 obtuvo el menor rendimiento, con 112.581 t ha^{-1} con una relación beneficio-costo de 1.04, una utilidad menor de $1 303.58 USD por hectárea y una elevación significativa en los costos totales de producción, los cuales ascendieron a $32 470.72 USD/ha.

Al analizar la estructura de costos (Anexo 3), se evidenció que el incremento en los costos totales de este tratamiento estuvo relacionado con el valor comercial y los altos costos para la aplicación biológica de *Trichodermas*, mientras que para el I1-T1, la inversión correspondiente a la aplicación biológica representó apenas el 7.29 % del costo total del primer tratamiento mencionado (Anexo 2).

Tabla 23.

Análisis económico comparativo e indicadores de rentabilidad entre el Injerto 1 Tratamiento 1 y el Injerto 2 Tratamiento 6.

Indicador	Unidad	Injerto 1-T1	Injerto 2-T6
Costo total	USD/ha	$29 693.92	$32 470.72
Rendimiento	t/h	117.729	112.581
	kg/planta	23.36	22.34

Ingreso total	USD	$35 318.7	$33 774.3
Utilidad	USD	$5 624.78	$1 303.58
Relación C/B		1.19	1.04

Malla y Valle (2023) determinaron un costo promedio de USD 8 280.37 ha^{-1} para el cultivo de tomate en el sur del Ecuador, mientras que en la presente investigación los costos de producción oscilaron entre USD 29 693.92y USD 32 470.72 ha^{-1}, valores que fueron entre 3.6 y 3.9 veces superiores a los reportados por los autores. Esta diferencia se debe al tipo de injerto utilizado y a la incorporación de agentes de control biológico.

De igual forma Alvarez (2025), menciona que la injertación constituye una alternativa para mejorar la producción de tomate bajo invernadero debido al mayor vigor y tolerancia que tiene el portainjerto donde esta técnica requiere una inversión adicional asociada a la producción y manejo de las plantas injertadas, lo que concuerda con la presente investigación en las diferencias económicas entre tratamientos asociadas al costo de los insumos y de las aplicaciones biológicas.

Por otro lado, Mena et al. (2024), mencionan que el uso de portainjertos en tomate incrementa el rendimiento comercial y la rentabilidad del cultivo en comparación con plantas no injertadas, en su estudio mostraron valores de rendimientos promedio de 48.34 t ha^{-1} en los tratamientos injertados, mientras que en la presente investigación los rendimientos superaron las 125 t ha^{-1}. ambos trabajos confirman que el material vegetal injertado mejora el éxito agronómico y económico, una respuesta que en este sistema se potenció mediante la acción de *Paecilomyces* y *Trichoderma* spp. en la sanidad radicular y el crecimiento vegetal.

Además, mediante el análisis de costos totales por hectárea (ANEXO 2-3) se evidencio que la aplicación de controles biológicos para evitar el agallamiento en los diferentes tratamientos influyo en el aumentó de su costo por hectárea. En I2-T6 la aplicación de este tratamiento significó el 8.55% del costo total por hectárea, mientras que en I1-T1 la aplicación de la enmienda para control biológico solo representó un 0.68% del costo total de producción por hectárea, lo que determinó que el manejo implementado en I1-T1 resulta un 82.70 % más económico en comparación con I2-T6.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La combinación del injerto Pietro con Robusto (I1) con *P. fumosoroseus* (T1) alcanzó el mayor rendimiento del cultivo de tomate riñón, con 130.81 t ha^{-1}, y en producción el injerto Briomino (I2) con *P.lilacinus* + Trichoderma spp. (T5) registró la mayor cantidad de frutos de primera categoría, con 35.66 t ha^{-1} lo que representó una ventaja del 4.87% frente al I1. Con estos datos se determinó que la combinación I1–T1 fue la más eficiente para incrementar el rendimiento del cultivo, mientras que I2–T5 favoreció la obtención de frutos de mayor calidad comercial.

La incidencia y severidad del agallamiento radicular estuvieron influenciadas por los tratamientos biológicos evaluados, donde la combinación de *P. fumosoroseus* + *Trichoderma* spp. (T4) presentó el mejor comportamiento fitosanitario, con el 61.11 % de las plantas libres de daño y el 38.89 % con afectación leve, sin registrar daños moderados o severos. Adicionalmente, la mosca blanca fue la plaga de mayor incidencia (22.22 %), y *Tizon tardío* presentó la mayor incidencia entre las enfermedades evaluadas, con un valor inferior al 21 %. De esta forma se determinó que el control biológico contribuyó a reducir el agallamiento radicular y a mantener un adecuado estado fitosanitario del cultivo bajo las condiciones del estudio.

El análisis económico evidenció que la rentabilidad del cultivo de tomate riñón estuvo influenciada por la interacción entre el material vegetal y el tratamiento aplicado, donde la combinación (I1-T1) generó la mayor rentabilidad, al alcanzar una relación beneficio-costo de 1.19 y una utilidad neta de USD 5 624.78 ha^{-1}, resultado asociado a su superior rendimiento productivo, de esta forma, aunque el uso de injertos y microorganismos incrementó los costos frente al manejo tradicional, el rendimiento de la cosecha compenso la inversión.

El uso de biocontroladores (*P. fumosoroseus*, *P. lilacinus* y *Trichoderma* spp.) constituyó una estrategia eficaz que protegió el sistema radicular frente a nematodos, favoreció la calidad de los frutos y aseguró la rentabilidad del cultivo, por lo que se posiciona como una alternativa viable frente a los insumos químicos.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda implementar el uso de injertos y agentes de control biológico dentro de los programas de manejo integrado del cultivo de tomate riñón.
- Se sugiere evaluar el comportamiento de los tratamientos a distintas dosis y frecuencia de aplicación en diferentes zonas productoras y condiciones agroclimáticas.
- Se recomienda profundizar en la dinámica y permanencia de *P. fumosoroseus*, *P. lilacinus* y *Trichoderma* spp. en la raíz, para comprender mejor cómo conviven en el suelo y asegurar que su efecto protector se mantenga durante todo el ciclo del cultivo.
- Se recomienda continuar con estudios de análisis económicos en campo para incrementar el beneficio económico de sistemas de producción de tomate enraizado bajo control biológico.

REFERENCIAS

Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario. (2022). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para el cultivo de tomate riñón*. https://www.agrocalidad.gob.ec/

Agrios, G. (2009). *Fitopatología* (5ª). Limosa. UTEHA. México. https://guiaspdf.net/libro-fitopatologia-de-g-n-agrios/

Ahmad, G., Khan, A., Khan, A. A., Ali, A., y Mohhamad, H. I. (2021). Biological control: A novel strategy for the control of the plant parasitic nematodes. *Antonie van Leeuwenhoek*, *114*(7), 885–912. https://doi.org/10.1007/s10482-021-01577-9

Al Achkar, N., Privitera, G., Donata, A., Nicotra, R., Ciccarello, L., Rizzo, F., Pulvirenti, A., Spatafora, M., Restuccia, C., y Branca, F. (2026). Exogenous microbial consortia modulate rhizosphere microbiome and yield of grafted tomato grown in the Mediterranean greenhouse. *BMC Plant Biology*, *26*, 1177. https://doi.org/10.1186/s12870-026-08962-4

Albuja, L. M., Gómez-Cabezas, M., Jácome-Aguirre, G., Aragón-Suárez, J. P., Jiménez-Lao, R., Peña-Fernández, A., y Lao, M. T. (2025). Microclimate Characterization of a low-tech greenhouse during a tomato crop (*Solanum lycopersicum* L.) production cycle in Chaltura, Imbabura. *Plants*, *14*(23), 3702. https://doi.org/10.3390/plants14233702

Ally, N. M., Neetoo, H., Ranghoo-Sanmukhiya, V. M., y Coutinho, T. A. (2023). Greenhouse-grown tomatoes: microbial diseases and their control methods: a review. *International Journal of Phytopathology*, *12*(1), 99–127. https://doi.org/10.33687/phytopath.012.01.4273

Alvarez, M. (2025). *Evaluación del crecimiento y desarrollo de la planta de tomate riñón con la técnica de injertación en Santa Ana, Azuay*. https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/15982/1/21497.pdf

Arteaga, E. (2022). *Comportamiento agronómico de cultivares de tomate riñón (Lycopersicum esculentum* Mill*) en Puellaro – Pichincha* [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/11106/1/22943.pdf

Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_

bolsillo.pdf

Asamblea Nacional del Ecuador. (2009). *Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria*.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable*.

Ayaz, M., Zhao, J.-T., Zhao, W., Chi, Y.-K., Ali, Q., Ali, F., Khan, A. R., Yu, Q., Yu, J.-W., Wu, W.-C., Qi, R.-D., y Huang, W.-K. (2024). Biocontrol of plant parasitic nematodes by bacteria and fungi: a multi-omics approach for exploring novel nematicides in sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology*, *15*, 1433716. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1433716

Bae, Y. H., Yang, H. C., Kim, Y. H., Hyeon, S. J., Choi, M. S., Vu, N.-T., y Jang, D. C. (2025). Seedling quality and early growth after the transplanting of tomato seedlings grown using different production methods. *Horticultural Science and Technology*, *43*(3), 275–285. https://doi.org/10.7235/HORT.20250025

Barreiro, E. G. (2016). *Fluctuación de precios en el producto agrícola tomate riñón en el mercado mayorista de Montebello de la ciudad de Guayaquil en el periodo 2010-2013* [Tesis de pregrado,Universidad de Guayaquil]. https://biblioteca.semisud.org/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=279821

Bayer Crop Science. (2020). *Cultivo de tomate*. https://agro.bayer.ec/cultivos/tomate

Bayer, S. A. de C. V. (2024). *Nematodos, la amenaza oculta de los cultivos*. https://www.micultivo.bayer.com.mx/es-mx/novedades/articulos/nematodos-la-amenaza-oculta-de-los-cultivos.html

Belladonna, D. P., Muscolino, C., Cacchiarelli, J., Garayalde, A., Polci, P. A., Rodríguez, R. A., Fernández, J. A., y Comezaña, M. M. (2025). Evaluation of phenotypic behavior of tomato cultivars to *Meloidogyne incognita*. *Acta Horticulturae*, *1437*, 191–198. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2025.1437.24

Blanco, M. W., Cadena, F. A., Challco, G. J., y Lopez, G. (2024). Efecto de *Paecilomyces* y *Trichoderma* spp., en el control biológico de nemátodos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), en la Estacion Experimental Patacamaya. *Apthapi*, *10*(3), 2758–2766. https://doi.org/10.53287/pgiv2172jk63w

Bridge, J., y Page, S. L. J. (1980). Estimation of root-knot nematode infestation levels on roots using a rating chart. *Tropical Pest Management*, *26*(3), 296–298. https://doi.org/10.1080/09670878009414416

Bustamante, V., y Ordoñez, J. (2019). Estudio de la ocurrencia de nematodos en el cultivo de cacao (*Teobroma cacao* L) en la zona sur de la provincia del Guayas. *Alternativas*, *20*(1), 47–51. https://doi.org/10.23878/alternativas.v20i1.280

Cacoango, A. (2018). *Estudio de la adaptación y rendimiento de 10 variedades de tomate riñón (Solanum lycopersicum* L*) bajo invernadero, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/10347/1/13T0863.pdf

Carmona, S. L., Burbano-David, D., Gómez, M. R., Lopez, W., Ceballos, N., Castaño-Zapata, J., Simbaqueba, J., y Soto-Suárez, M. (2020). Characterization of Pathogenic and Nonpathogenic Fusarium oxysporum Isolates Associated with Commercial Tomato Crops in the Andean Region of Colombia. *Pathogens*, *9*(1), 70. https://doi.org/10.3390/pathogens9010070

Carriel, A. Y. (2022). *Uso de poda simple de ramas y su efecto en los rendimientos y calidad poscosecha de cinco híbridos de tomate* [Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstreams/eb0ef63d-f8db-4bb8-b9fc-8a821606a492/download

Castro, A., y Rivillas, C. (2022). Bio regulation of *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood and M. javanica (Treub) Chitwood complex in coffee roots. *Revista de Ciencias Agrícolas*, *39*(2), 128–142. https://doi.org/https://doi.org/10.22267/rcia.223902.189

Castro, R., Lopez-Orona, C. A., Martinez-Gallardo, J. A., Tirado-Ramirez, M. A., Gomez, G., Rubio-Aragon, W., Edeza-Urias, J. A., y Villa-Medina, M. C. (2024). Field applications of fluorinated nematicides for *Meloidogyne enterolobii* management on tomato. *Journal of Nematology*, *56*(1), 20240030. https://doi.org/10.2478/jofnem-2024-0030

Chengo, G. D. (2023). *Potential of host resistance and efficient water use in management of bacterial wilt of tomatoes in Kajiado County* [Tesis de pregrado, University of Nairobi]. https://erepository.uonbi.ac.ke/bitstream/handle/11295/164440/Chengo G_Potential of

Host Resistance and Efficient Water Use in Management of Bacterial Wilt of Tomatoes in Kajiado County.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chimba, W. (2020). *Evaluación del extracto acuoso a base de semillas de higuerilla (Ricinus communis* L.*) como método de control de nematodos en tomate (Solanum lycopersicum* L.*) bajo condiciones de laboratorio* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7b84d1f2-e0a5-4460-acd9-24c277e9dd35/content

Choi, H.-G., y Park, K.-S. (2023). Ripening Process of Tomato Fruits Postharvest: Impact of Environmental Conditions on Quality and Chlorophyll a Fluorescence Characteristics. *Horticulturae*, *9*(7), 812. https://doi.org/10.3390/horticulturae9070812

Colimba, J. E., Zubelzu-Minguez, S., y Rodriguez-Sinobas, L. (2022). Optimal irrigation scheduling for greenhouse tomato crop (*Solanum lycopersicum* L.) in Ecuador. *Agronomy*, *12*(5), 1020. https://doi.org/10.3390/agronomy12051020

Consejo Nacional de Planificación. (2025). *Plan Nacional de Desarrollo Ecuador No Se Detiene 2025-2029*. Secretaría Nacional de Planificación. https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2025/08/PlanNacionalDeDesarrollo25-29_EcuadorNoSeDetiene.pdf

Contreras, M. B., Tovar, J. M., Solano-Báez, A. R., Bayardo-Rosales, H., y Márquez-Licona, G. (2025). Biocontrol strategies against plant-parasitic nematodes using *Trichoderma* spp.: mechanisms, applications, and management perspectives. *Journal of Fungi*, *11*(7), 517. https://doi.org/10.3390/jof11070517

D'Errico, G., Greco, N., Vinale, F., Marra, R., Stillittano, V., Davino, S. W., Woo, S. L., y D'Addabbo, T. (2022). Synergistic effects of *Trichoderma harzianum*, 1,3-Dichloropropene and organic matter in controlling the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on tomato. *Plants*, *11*(21), 2890. https://doi.org/10.3390/plants11212890

Das, G., Patra, J. K., y Baek, K.-H. (2021). Insight into MAS: A molecular tool for development of stress resistant and quality of rice through gene stacking. *Plant Pathology Journal*, *37*(6), 550–562. https://doi.org/10.5423/PPJ.RW.05.2021.0078

Dascón, A., Morales, R., y Pérez, I. (2022). Evaluation of the agronomical performance of five new tomato varieties against pest and disease control treatments in the province of

Loja. *Bioagro*, *34*(3), 311–318. https://www.researchgate.net/publication/363288700_Evaluation_of_the_agronomical_performance_of_five_new_tomato_varieties_*Solanum_lycopersicum*_L_against_two_pest_and_disease_control_treatments_in_the_province_of_Loja

Desneux, N., Han, P., y Mansour, R. (2022). Integrated pest management of *Tuta absoluta*: practical implementations across different world regions. *Journal of Pest Science*, *95*, 17–39. https://doi.org/10.1007/s10340-021-01442-8

Dueñas, E. D. (2022). *Evaluación de nematodos entomopatógenos en la dinámica poblacional de Liriomyza huidobrensis B. y Coenosia attenuata Stein en lisianthus (Eustoma grandiflorum [Raf.] Shinn), Urcuquí* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13350/2/03 AGP 343 TRABAJO DE GRADO.pdf

Ebissa, G., Desta, H., y Fetene, A. (2024). Assessing economic sustainability and resilience of tomato farming ventures in Addis Ababa: A project-based evaluation. *Heliyon*, *10*(5), e27250. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27250

Fernández, G., Cerna-Rebaza, L., y Chico-Ruiz, J. (2016). Eficacia de *Paecilomyces lilacinus* en el control de *Meloidogyne incognita* que ataca al cultivo de *Capsicum annuum*. *Fitosanidad*, *20*(3). https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209155121001

Fillinger, S., y Elad, Y. (2016). *Botrytis – The Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23371-0

Fullana, A. M., Exposito, A., Pujola, M., Achaerandio, I., Cunquero, M., Loza-Alvarez, P., Gine, A., y Sorribas, F. J. (2024). Effect of grafting tomato onto *Solanum torvum* on the population dynamics of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* and crop yield losses. *Plant Pathology*, *73*(9), 2477–2489. https://doi.org/10.1111/ppa.13991

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Antonio Ante [GADM-AA]. (2024). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Antonio Ante 2024-2030*. https://www.antonioante.gob.ec/AntonioAnte/wp-content/documentos/pdot/2025/PLAN_DE_DESARROLLO_Y_ORDENAMIENTO_TERRITORIAL.pdf

Google. (2024). *Google Earth Pro- Versión 7.3.6 [Software]*. https://earth.google.com/web/

Guzmán, O. (2011). Importancia de los nematodos espiral, Helicotylenchus multicinctus (Cobb) Golden y H. dihystera (Cobb) Sher, en banano y plátano. *Agronomía*, *19*(2), 19–32. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20133297547

Hipo, I. (2024). *La productividad del cultivo tomate riñón y la rentabilidad de los productores de la comunidad "María Auxiliadora" de Riobamba* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/13699/3/Hipo Guamán%2C I. %282024%29 La productividad del cultivo tomate riñón y la rentabilidad de los productores.pdf

Hortoinfo. (2021). *La producción de tomate en todo el mundo supera ya los 186.000 millones de kilos*. https://www.hortoinfo.es/index.php/11115-produccion-mundial-tomate-291221

Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2020). *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1867: Tomate riñón*.

Ivanov, A. A., Ukladov, E. O., y Golubeva, T. S. (2021). Phytophthora infestans: An Overview of Methods and Attempts to Combat Late Blight. *Journal of Fungi*, *7*(12), 1071. https://doi.org/10.3390/jof7121071

Jagdale, S., Rao, U., y Giri, A. P. (2021). Effectors of root-knot nematodes: an arsenal for successful parasitism. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 800030. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.800030

Jaramillo, J. E., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata, M. A., y Rengifo, T. (2007). *Manual Técnico: buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO); Gobernación de Antioquia; Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/6d2a5bf5-733f-4bab-88fe-c8de51c8ccb1/content

Jaramillo, J., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata, M., y Rengifo Martínez, T. (2019). *Manual técnico: buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. FAO; CORPOICA; Gobernación de Antioquia - MANA. https://www.fao.org/4/a1374s/a1374s00.htm

Ji, X., Liu, B., Fan, M., Zhang, S., Liu, Y., Zhang, S., Wang, Z., y Qiao, K. (2024). Biocontrol

of *Meloidogyne incognita* by *Bacillus velezensis* TA-1 through induction of host resistance in tomato. *Journal of Pest Science*, *97*, 2227–2236. https://doi.org/10.1007/s10340-024-01742-9

Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G., Kikuchi, T., Manzanilla-López, R., Palomares-Rius, J. E., Wesemael, W. M., y others. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, *14*(9), 946–961.

Khan, A., Khan, A., Ali, A., Fatima, S., y Siddiqui, M. A. (2023). Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.): Biology, plant-nematode interactions and their environmentally benign management strategies. *Gesunde Pflanzen*, *75*, 2187–2205. https://doi.org/10.1007/s10343-023-00886-5

Khan, T., Hou, D.-H., Zhou, J.-N., Yang, Y.-L., y Yu, H. (2024). Comprehensive analysis of metabolites in the mycelium of Cordyceps *fumosorosea* cultured on Periplaneta americana. *Annals of Microbiology*, *74*, 9. https://doi.org/10.1186/s13213-024-01752-z

Kortbeek, R. W. J., Xu, J., Ramirez, A., Lebel, E., y Seifi, A. (2021). Natural variation in wild tomato trichomes; selecting metabolites that affect insect resistance. *BMC Plant Biology*, *21*(1), 410. https://doi.org/10.1186/s12870-021-03070-x

Krishna, P. (2002). Respuestas de las plantas al estrés térmico. In H. Hirt y K. Shinozaki (Eds.), *Respuestas de las plantas al estrés abiótico* (Vol. 4). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-39402-0_4

Kumar, S. (2012). Biopesticides: a need for food and environmental safety. *Journal of Biofertilizers \y Biopesticides*, *3*(4). https://doi.org/10.4172/21556202.1000e107

Kusakabe, A., Wang, C., Xu, Y. M., Molnár, I., y Stock, S. P. (2022). Selective toxicity of secondary metabolites from the entomopathogenic bacterium Photorhabdus luminescens sonorensis against selected plant parasitic nematodes of the Tylenchina suborder. *Microbiology Spectrum*, *10*, e02577-21. https://doi.org/10.1128/spectrum.02577-21

Lamptey, S., y Koomson, E. (2021). The role of staking and pruning methods on yield and profitability of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) production in the guinea savanna zone of ghana. *Advances in Agriculture*, *2021*, 1–7. https://doi.org/10.1155/2021/5570567

Leiva, C. T., y Paz, M. Y. (2023). *Comportamiento de seis genotipos de tomate (Solanum*

spp.) bajo inoculación de nematodo agallador Meloidogyne spp. en condiciones de invernadero 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. https://repositorio.una.edu.ni/4648/1/tnf01l533.pdf

Li, D., Li, H.-Y., Zhang, J.-R., Wu, Y.-J., Zhao, S.-X., Liu, S.-S., y Pan, L.-L. (2023). Plant resistance against whitefly and its engineering. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1232735. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1232735

López, D., Alarcón-Utrera, D., Ordáz-Meléndez, J. Á., Villain, L., y Carrión, G. (2023). *Metarhizium carneum* formulations: a promising new biological control to be incorporated in the integrated management of *Meloidogyne enterolobii* on tomato plants. *Plants*, *12*(19), 3431. https://doi.org/10.3390/plants12193431

López, L. M. (2017). *Manual técnico del cultivo del tomate (Solanum lycopersicum)*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA); PRIICA; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). https://hdl.handle.net/11324/3143

Magallanes, M. A., Cid del Prado-Vera, I., Ferris, H., Nava-Díaz, C., González-Camacho, J. M., y Ochoa-Martínez, D. L. (2025). Pre-plant biofumigation and integrated post-plant strategies for management of *Nacobbus aberrans* and *Meloidogyne incognita* in greenhouse tomato. *Agronomy*, *15*(10), 2284. https://doi.org/10.3390/agronomy15102284

Maldonado, A. G., Rentería, J. A., y Quevedo, J. N. (2025). Evaluación de la eficiencia de nematicidas orgánicos aplicados al suelo con cultivo de banano. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *9*(4). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.19085

Malla, L. E., y Valle, L. A. (2023). *Análisis de rentabilidad del cultivo de tomate (Solanum lycopersicum) en el sur de Ecuador*. https://dspace.utpl.edu.ec/visorHub/?handle=123456789_38862

Manobanda, N. (2022). *Evaluación de la eficiencia de nematicidas biológicos sobre poblaciones de Meloidogyne* ssp*., en el cultivo de pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus), a nivel de invernadero, en el cantón Joya de Los Sachas.* [Tesis de pregrado, Universidad Superior Politécnica de Chimborazo]. http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5968

Marín, L. (2017). *Manual técnico del cultivo de tomate (Solanum Lycopersicum)*. INTA.

Masrie, B., y Girma, T. (2023). Effect of stem pruning and staking time on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. Var. Mersa) at Mersa, North Wollo, Ethiopia. *Vegetos*, *36*, 1080–1088. https://doi.org/10.1007/s42535-022-00472-6

McGovern, R. J. (2015). Management of tomato diseases caused by Fusarium oxysporum. *Crop Protection*, *73*, 78–92. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.02.021

Meidani, C., Telioglanidis, K., Giannoutsou, E., Ntalli, N., y Adamakis, I. D. S. (2025). *Meloidogyne incognita* induced giant cells in tomato and the impact of acetic acid. *Plants*, *14*(7), 1015. https://doi.org/10.3390/plants14071015

Mena, L. M., Hilari, M. C., y Peña, G. (2024). Mejora del rendimiento y rentabilidad de cuatro variedades comerciales de tomate utilizando dos portainjertos bajo condiciones de campo abierto. *Idesia (Arica)*, *42*(2), 3–10. https://doi.org/10.4067/s0718-34292024000200003

Mina, D., Cayambe, J., Cárdenas, T., Navarrete, I., y Dangles, O. (2025). Pesticidas y su impacto sobre la entomofauna en fincas de agricultores andinos de Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*, *41*(1), 53–71. https://doi.org/10.17163/lgr.n41.2025.03

Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2018). *Resumen ejecutivo de los diagnósticos territoriales del sector agrario*.

Moreno-Gavíra, A., Huertas, V., Diánez, F., Sánchez-Montesinos, B., y Santos, M. (2020). *Paecilomyces variotii* as a Plant-Growth Promoter in Tomato Plants. *Microorganisms*, *8*(7), 1020. https://doi.org/10.3390/microorganisms8071020

Moreno, A., Dianez, F., Sánchez-Montesinos, B., y Santos, M. (2020). *Paecilomyces variotii* as a plant-growth promoter in horticulture. *Agronomy*, *10*(4), 597. https://doi.org/10.3390/agronomy10040597

Moreno, A., Huertas, V., Diánez, F., Sánchez-Montesinos, B., y Santos, M. (2020). *Paecilomyces* and its importance in the biological control of agricultural pests and diseases. *Plants (Basel, Switzerland)*, *9*(12). https://doi.org/10.3390/plants9121746

Moscoso Gómez, M. E., Loroña Alarcón, D. E., y Campoverde Santos, D. K. (2021). Caracterización estática del comportamiento agroeconómico del tomate riñón producido en invernadero. *Alpha Publicaciones*, *3*(3.1), 393–405.

https://doi.org/10.33262/ap.v3i3.1.104

Mouhamed, B. A., y Kasnazany, S. A. S. (2024). Impact of harvesting stages and postharvest treatments on the quality and storability of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.) cv. sangaw. *Coatings*, *14*(9), 1143. https://doi.org/10.3390/coatings14091143

Mrosso, S. E., Ndakidemi, P. A., y Mbega, E. R. (2023). Farmers' knowledge on whitefly populousness among tomato insect pests and their management options in tomato in Tanzania. *Horticulturae*, *9*(2), 253. https://doi.org/10.3390/horticulturae9020253

Nowicki, M., Foolad, M. R., Nowakowska, M., y Kozik, Eu. U. (2012). Potato and tomato late blight caused by phytophthora infestans: an overview of pathology and resistance breeding. *Plant Disease*, *96*(1), 4–17. https://doi.org/10.1094/PDIS-05-11-0458

Oka, Y. (2020). From old-generation to next-generation nematicides. *Agronomy*, *10*(9), 1387. https://doi.org/10.3390/agronomy10091387

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. https://sdgs.un.org/es/2030agenda

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2013). *El cultivo de tomate con BPA*. http://www.fao.org/3/ai3359s.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013). *El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana*.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). *FAOSTAT: Anuario estadístico*. http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2022). *Producción de cultivos (tomate)*. https://www.fao.org/faostat/

Orona, I., Del-Toro-Sánchez, C. L., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Espinoza-Arellano, J. de J., Rueda-Puente, E. O., Flores-Vázquez, M., y Cano-Ríos, P. (2022). Indicadores técnico-económicos de la producción del cultivo de tomate bajo agricultura protegida en la Comarca Lagunera, México. *Biotecnia*, *24*(3), 70–76. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i3.1721

Orozco, R. E. (2022). *Efecto del riego por goteo aplicando balance hídrico en el cultivo de tomate, en San Raymundo, Guatemala* [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar].

https://biblior.url.edu.gt/wp-content/uploads/publiwevg/Tesis/2022/06/17/Orozco-Robin.pdf

Padilla, B., Morillo-Coronado, Y., Tarapues, S., Burbano, S., Soto-Suárez, M., Urrea, R., y Ceballos-Aguirre, N. (2022). Evaluation of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) population density for disease resistance screening of tomato germplasm carrying the gene Mi-1. *Chilean Journal of Agricultural Research*, *82*(1), 157–166. https://doi.org/10.4067/S0718-58392022000100157

Pal, S., Karmakar, P., Chattopadhyay, A., y Ghosh, S. K. (2021). Evaluation of tomato genotypes for resistance to whitefly (Bemisia tabaci Gennadius) and tomato leaf curl virus in eastern India. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, *24*(2), 68–76. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.04.001

Panno, S., Davino, S., Caruso, A. G., Bertacca, S., Crnogorac, A., Mandić, A., Noris, E., y Matić, S. (2021). A review of the most common and economically important diseases that undermine the cultivation of tomato crop in the mediterranean basin. *Agronomy*, *11*(11), 2188. https://doi.org/10.3390/agronomy11112188

Panthee, D. R., Pandey, A., y Paudel, R. (2024). Multiple foliar fungal disease management in tomatoes: a comprehensive approach. *International Journal of Plant Biology*, *15*(1), 69–93. https://doi.org/10.3390/ijpb15010007

Peet, M. M., y Welles, G. W. H. (2005). Greenhouse tomato production. In E. Heuvelink (Ed.), *Tomatoes* (pp. 257–304). CABI Publishing.

Peñaloza, M. B. (2021). *Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de tomate riñón (Solanum lycopersicum) con aplicación de dióxido de silicio (SiO_2)* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/items/22e9a1b6-40a0-45dc-a9ba-2e88859283b8

Peralta, O. A., y Urbina, J. E. (2022). *Riego por goteo convencional y automatizado en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum L.) y berenjena (Solanum melongena L.), en el REGEN, UNA, Managua, 2022*. https://repositorio.una.edu.ni/4561/1/tnf06p426.pdf

Pesántez Pacheco, J. G. (2021). *Aplicación de polisulfuro de calcio como método preventivo del moho gris (Botrytis cinerea) en el cultivo de tomate riñón variedad Michaela bajo invernadero* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca].

https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/37352

Piaun, B. R. (2021). *Evaluación del efecto del biol en el nivel de afectación de plagas y enfermedades en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum L.) bajo invernadero, provincia de {Pichincha}* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11597/2/03 AGP 303 TRABAJO GRADO.pdf

Pino, V. E., Triviño Gilces, C. G., y Mendoza Intriago, D. A. (2025). Extractos vegetales para el manejo sostenible de *Meloidogyne incognita* en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Science and Research*, *10*(1). https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/3730

Portillo, L., Moreno, E., Sánchez, F., y Vázques, J. (2020). Efectos de luz suplementaria sobre calidad de plántulas y número de flores por racimo en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, *45*(3).

Pradhan, P., Naresh, P., Barik, S., Acharya, G. C., Bastia, R., Adamala, A. K., y Das, M. P. (2023). Breeding for root-knot nematode resistance in fruiting Solanaceous vegetable crops: A review. *Euphytica*, *219*, 71. https://doi.org/10.1007/s10681-023-03204-2

Pun, T. B., Neupane, A., y Koech, R. (2021). Quantification of root-knot nematode infestation in tomato using digital image analysis. *Agronomy*, *11*(12), 2372. https://doi.org/10.3390/agronomy11122372

Ramírez, F., Grijalva, R., Navarrete, X., y Guerrero, R. (2015). Nematodos fitoparásitos asociados con tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en las provincias de Imbabura, Pichincha y Tungurahua, Ecuador. *Ecuador Es Calidad: Revista Científica Ecuatoriana*, *2*(1). https://doi.org/10.36331/revista.v2i1.2

Rigobelo, E. C., Nicodemo, D., Babalola, O. O., y Desoignies, N. (2024). Purpureocillium lilacinum as an agent of nematode control and plant growth-promoting fungi. *Agronomy*, *14*(6), 1225. https://doi.org/10.3390/agronomy14061225

Rodríguez, M. F. (2022a). *Evaluación de un consorcio microbiano para el control de Fusarium spp. sobre el desarrollo del cultivo de tomate (Solanum lycopersicum) en condiciones de invernadero* [Tesis de posgrado, Universidad de Guayaquil]. https://repositorio.ug.edu.ec/items/57c046ed-441e-486f-8964-b80950816e23

Rodríguez, M. F. (2022b). *Evaluación del efecto de consorcios microbianos en el control de enfermedades vasculares en el cultivo de tomate riñón (Solanum lycopersicum L.) bajo condiciones de invernadero*. http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/20345

Romero, D. C. (2004). *Efectos de la aplicación de Paecilomyces lilacinus en el control de Meloidogyne spp. en pepino*. https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/6db4bbd3-3a1e-4c9b-a7cb-3c5987b2a501/content

Ronquillo, R. R. (2022). *Manejo agroecológico de la negrita del tomate (Prodiplosis longifila) con la utilización de biocidas orgánicos de origen vegetal* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/54e49481-5268-4462-acba-b15df6917a55/content

Rosa, L. (2018). *Interação e eficácia de produtos biológicos e Químico no manejo de Meloidogyne javanica em Cultivares de tomate*. https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/305/1/Dissertação_Proteção de plantas_ Luiz Carlos Thadey Rosa.pdf

Saadony, M. T., Abuljadayel, D. A., Shafi, M. E., Albaqami, N. M., Desoky, E.-S. M., El-Tahan, A. M., Mesiha, P. K., Elnahal, A. S. M., Almakas, A., Taha, A. E., Abd El-Mageed, T. A., Hassanin, A. A., Elrys, A. S., y Saad, A. M. (2021). Foliar application of natural materials for controlling plant-parasitic nematodes: current advances and challenges. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *28*(12), 7314–7326. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.035

Salim, M., Rashid, H., Hossain, M., y Zakaria, M. (2020). Morphological characterization of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *19*(3), 233–240. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.11.001

Sánchez, E. C. (2023). *Impacto de la edad del plantín y fecha de trasplante sobre la precocidad y rendimiento de una producción tardía de tomate en invernadero* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Cuyo]. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/18978/tesis-sanchez-emiliana-2023-maestra-horticultura-.pdf

Sánchez, J. F. (2022). *Efecto del déficit hídrico en el comportamiento en postcosecha en tomate riñón (Solanum lycopersicum) campus CEASA 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9603/1/PC-002430.pdf

Saravia, J. (2021). *Evaluación del extracto acuoso a base de semillas de Higuerilla (Ricinus Communis l.) como método de control de nematodos en tomate (Solanum lycopersicum l.) bajo condiciones semi hidropónicas* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. https://repositorio.utc.edu.ec/items/beae265a-134e-4fd0-8be6-3780859d6d6e

Schwarz, D., Rouphael, Y., Colla, G., y Venema, J. H. (2010). Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae*, *127*(2), 162–171.

Senthilkumar, M., Anandham, R., y Krishnamoorthy, R. (2020). Chapter 41 - Paecilomyces. In N. Amaresan, M. Senthil Kumar, K. Annapurna, K. Kumar, y A. Sankaranarayanan (Eds.), *Beneficial Microbes in Agro-Ecology* (pp. 793–808). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823414-3.00041-1

Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA]. (2020). *Guía de buenas prácticas agrícolas para cultivo de tomate*. https://senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2020/07/Guia-BPA-TOMATE.pdf

Shafe, M. O., Gumede, N. M., Nyakudya, T. T., y Chivandi, E. (2024). Lycopene: a potent antioxidant with multiple health benefits. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 6252426. https://doi.org/10.1155/2024/6252426

Sikandar, A., Wu, F., He, H., Ullah, R. M. K., y Wu, H. (2024). Growth, physiological, and biochemical variations in tomatoes after infection with different density levels of *Meloidogyne enterolobi*i. *Plants*, *13*(2), 293. https://doi.org/10.3390/plants13020293

Singh, S., Pandey, R. K., y Goswami, B. K. (2013). Bio-control activity of Purpureocillium lilacinum strains in managing root-knot disease of tomato caused by *Meloidogyne incognita*. *Biocontrol Science and Technology*, *23*(12), 1469–1489. https://doi.org/10.1080/09583157.2013.840770

Sirias, A. G. (2007). *Efecto de Trichoderma harzianum y Paecilomyces lilacinus sobre poblaciones de nemátodos y el rendimiento del tomate (Lycopersicon esculentum Miller)*

en el Campus Agropecuario de la UNAN-León durante el ciclo agrícola 2006 [Tesis de pregrado,Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León]. http://hdl.handle.net/123456789/4595

Sistema de Información de Precios Agropecuarios [SIPA]. (2022). *Precios agrícolas del tomate riñón*. https://www.agricultura.gob.ec/

Sotelo, P., Lin, M.-Y., y Srinivasan, R. (2021). Growing tomato under protected cultivation conditions: overall effects on productivity, nutritional yield, and pest incidences. *Crops*, *1*(2), 97–110. https://doi.org/10.3390/crops1020010

Srinivasan, R. (2010). *Safer tomato production techniques: A field guide for soil fertility and pest management*. AVRDC - The World Vegetable Center. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=O6Hhytx3shwC&oi=fnd&pg=PR2&dq=Soil+management+and+tomato+production&ots=QOXHbEVc2y&sig=cBCKPzMi5MwAdgmm87xqqj5LdVk#v=onepage&q=Soil management and tomato production&f=false

Swamy, K. (2023). Origen, distribución, taxonomía, descripción botánica, diversidad genética y mejoramiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Research and Development*, *13*, 26502. https://www.journalijdr.com/origin-distribution-taxonomy-botanical-description-genetic-diversity-and-breeding-tomato-solanum?utm_source=chatgpt.com

Tacán, A., Encalada, M., y Cueva, K. (2022). Desempeño agronómico de genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero en la región sur de Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, *9*(1), 58–66. https://doi.org/10.26423/rctu.v9i1.642

Tapia, I., Montoya, A. C., Santos, S., Ramos, M. J., Montesinos, R., y Martínez, C. (2022). Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) a threat to agriculture in Mexico: biology, current control strategies, and perspectives. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *38*, 26. https://doi.org/10.1007/s11274-021-03211-2

Toledo-Hernández, R. A., Rodríguez-Maciel, J. C., y Villegas-Monter, Á. (2021). Change in the physiological and biochemical aspects of tomato caused by infestation by cryptic species of Bemisia tabaci MED and MEAM1. *South African Journal of Botany*, *141*,

380–389. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.05.020

Torres, M. J. (2023). *Alternativas biológicas para reemplazar los plaguicidas de mayor consumo en el Ecuador: alternativas biológicas para el reemplazo de nematicidas químicos en el Ecuador* [Tesis para obtener el título de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23706

Valdez, M. T., Carrillo-Fasio, J. A., García-Estrada, R. S., Martínez-Gallardo, J. A., y Tovar-Pedraza, J. M. (2025). Interacción competitiva entre Rotylenchulus reniformis y *Meloidogyne enterolobii* en plantas de tomate y pepino. *Revista Mexicana de Fitopatología*, *43*(2), 67. https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2409-2

Valverde, D., y Revelo, G. (2025). Uso de insumos agrícolas y factores ambientales sobre la productividad de cultivos permanentes: un análisis basado en la ESPAC 2023. *Revista UNESUM-Ciencias*, *9*(3), 123–139. https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v9.n3.2025.123-139

Varela, A. V. (2019). *Estudio de la producción y comercialización del tomate riñón (Lycopersicum esculentum) en el cantón Pimampiro, provincia de Imbabura* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8810

Vásquez, S., y Bolaños, T. (2021). Biocontrol y Tolerancia de *Meloidogyne incognita* en Tomate. *Southwestern Entomologist*, *45*(4), 957–964. https://doi.org/https://doi.org/10.3958/059.045.0413

Velasco, Y. (2013). *Comercialización del Tomate Riñón producido en el Cantón Pimampiro y la demanda en la Ciudad de Ipiales Colombia* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. https://repositorio.upec.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1d1b9e36-675e-4dda-a3ca-0c0ecfd9940e/content

Vukelić, I. D., Prokić, L. T., y Racić, G. M. (2021). Effects of trichoderma harzianum on photosynthetic characteristics and fruit quality of tomato plants. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(13), 6961. https://doi.org/10.3390/ijms22136961

Wu, S., Miao, C., Cui, J., Zhang, Y., Zhu, C., Zhou, Y., y Ding, X. (2026). Advancing greenhouse tomato quality: a comprehensive review of recent research. *Journal of*

Agricultural and Food Chemistry, *74*(5). https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5c13304

Xu, J., Wolters-Arts, M., Mariani, C., Huber, H., y Rieu, I. (2017). Heat stress affects vegetative and reproductive performance and trait correlations in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Euphytica*, *213*, 156. https://doi.org/10.1007/s10681-017-1949-6

Xue, Y., Li, W., Li, M., Ru, N., Chen, S., Jiu, M., Feng, H., Wei, L., Daly, P., y Zhou, D. (2024). Biological control of a root-knot nematode *Meloidogyne incognita* infection of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) by the oomycete biocontrol agent Pythium oligandrum. *Journal of Fungi*, *10*(4), 265. https://doi.org/10.3390/jof10040265

Yadav, R., Bhatia, A. K., Arora, I., Rahul, y Kumar, A. (2023). Screening of tomato genotypes against root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) under screen-house conditions. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, *7*(1S), 19–21. https://doi.org/10.33545/26174693.2023.v7.i1Sa.171

Zárate, W., González, S., Ramírez-Godina, F., Robledo-Olivo, A., y Juárez-Maldonado, A. (2021). Efecto de los ácidos fenólicos en el sistema antioxidante de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Agronomedicina Mesoamericana*, *32*(3), 854–868. https://doi.org/10.15517/am.v32i3.45101

Zeck, W. M. (1971). A rating scheme for field evaluation of root-knot nematode infestations. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer*, *24*(1), 141–144.

ANEXO(S)

Anexo 1. Rendimiento de frutos por tratamiento, tipo de injerto y clasificación de calidad

TRATAMIENTO	INJERTO	CATEGORIA	Variable	n	Suma
A1	I1	CUARTA	PESO (Kg)	20	12.41
A1	I1	PRIMERA	PESO (Kg)	24	120.19
A1	I1	RECHAZO	PESO (Kg)	22	14.39
A1	I1	SEGUNDA	PESO (Kg)	23	186.22
A1	I1	TERCERA	PESO (Kg)	23	133.97
A1	I2	CUARTA	PESO (Kg)	20	10.22
A1	I2	PRIMERA	PESO (Kg)	24	112.35
A1	I2	RECHAZO	PESO (Kg)	18	9.09
A1	I2	SEGUNDA	PESO (Kg)	23	199.61
A1	I2	TERCERA	PESO (Kg)	22	110.15
A2	I1	CUARTA	PESO (Kg)	20	8.98
A2	I1	PRIMERA	PESO (Kg)	24	115.53
A2	I1	RECHAZO	PESO (Kg)	21	15.41
A2	I1	SEGUNDA	PESO (Kg)	23	173.27
A2	I1	TERCERA	PESO (Kg)	24	107.74
A2	I2	CUARTA	PESO (Kg)	21	6.44
A2	I2	PRIMERA	PESO (Kg)	24	112.69
A2	I2	RECHAZO	PESO (Kg)	23	16.96
A2	I2	SEGUNDA	PESO (Kg)	23	195.51
A2	I2	TERCERA	PESO (Kg)	23	107.59
A3	I1	CUARTA	PESO (Kg)	21	10.55
A3	I1	PRIMERA	PESO (Kg)	24	109.36
A3	I1	RECHAZO	PESO (Kg)	21	13.20

A3	I1	SEGUNDA	PESO (Kg)	24	185.08
A3	I1	TERCERA	PESO (Kg)	24	107.58
A3	I2	CUARTA	PESO (Kg)	20	7.16
A3	I2	PRIMERA	PESO (Kg)	24	126.99
A3	I2	RECHAZO	PESO (Kg)	19	12.99
A3	I2	SEGUNDA	PESO (Kg)	22	186.32
A3	I2	TERCERA	PESO (Kg)	23	99.60
A4	I1	CUARTA	PESO (Kg)	21	8.68
A4	I1	PRIMERA	PESO (Kg)	24	122.39
A4	I1	RECHAZO	PESO (Kg)	20	13.56
A4	I1	SEGUNDA	PESO (Kg)	23	184.29
A4	I1	TERCERA	PESO (Kg)	22	99.34
A4	I2	CUARTA	PESO (Kg)	21	10.32
A4	I2	PRIMERA	PESO (Kg)	24	117.92
A4	I2	RECHAZO	PESO (Kg)	23	15.78
A4	I2	SEGUNDA	PESO (Kg)	22	169.49
A4	I2	TERCERA	PESO (Kg)	23	94.67
A5	I1	CUARTA	PESO (Kg)	19	10.24
A5	I1	PRIMERA	PESO (Kg)	24	121.44
A5	I1	RECHAZO	PESO (Kg)	22	17.75
A5	I1	SEGUNDA	PESO (Kg)	23	169.91
A5	I1	TERCERA	PESO (Kg)	21	105.38
A5	I2	CUARTA	PESO (Kg)	21	13.48
A5	I2	PRIMERA	PESO (Kg)	24	127.36
A5	I2	RECHAZO	PESO (Kg)	20	15.50
A5	I2	SEGUNDA	PESO (Kg)	22	160.54
A5	I2	TERCERA	PESO (Kg)	22	97.84
A6	I1	CUARTA	PESO (Kg)	21	7.55
A6	I1	PRIMERA	PESO (Kg)	24	91.93

A6	I1	RECHAZO	PESO (Kg)	22	13.92
A6	I1	SEGUNDA	PESO (Kg)	23	188.93
A6	I1	TERCERA	PESO (Kg)	23	122.65
A6	I2	CUARTA	PESO (Kg)	20	7.57
A6	I2	PRIMERA	PESO (Kg)	24	123.24
A6	I2	RECHAZO	PESO (Kg)	23	26.08
A6	I2	SEGUNDA	PESO (Kg)	22	167.56
A6	I2	TERCERA	PESO (Kg)	23	122.32

Anexo 2. Análisis económico de costos del injerto 1 tratamiento 1

Detalle	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
PREPARACIÓN DE SUELO				
Arada	hora tractor	2	25	50
Surcada	hora tractor	8	25	200
Subtotal				250
MANO DE OBRA				
Siembra	jornales	16	17	272
Fertilización	jornales	30	17	510
Fumigación	jornales	16.5	17	280.5
Tutorado	jornales	20	17	340
Deshierbe	jornales	35	17	595
Cosecha	jornales	280	17	4760
Subtotal				6757.5
INSUMOS				
Plantas	Unidad	16000	0.4	6400
Plaguicidas	aplicaciones	32	40	1280
Abonos organicos	sacos	120	5	600
Control biológico (NOFLY WP)	kg	3	70	210
Hilo	conos	90	4	360
Fertilizantes	valor	8	707.383	5659.064
Abono granulado	sacos	40	68.8	2752
Subtotal				17261.064
Subtotal costos directo				24268.564
COSTOS INDIRECTOS				
Transporte	flete	32	35	1120
Arriendo	Unidad	0.8	700	560
Imprevistos	%	4		970.74256
Subtotal				2650.74256
DEPRECIACIÓN DE INFRAESTRUCTURA				
Sistema de riego	m2	0.4	4000	266.67

Estructura mixta	m2	7	7000	1555.56
Plastico	m2	1	10000	952.38
Subtotal				2774.61
TOTAL, COSTOS				29693.92
RENDIMIENTO				
Kg/U. E	Plantas/U. E	**kg/Planta**	**t/ha**	**kg/ha**
467.18	18	**23.359**	117.729	**117729**
INGRESOS				
COSTO/Kg	0.3	35318.7		
Utilidad	USD	$5.624.78		
RELACION B/C		1.19		

Anexo 3. Análisis económico de costos del injerto 2 tratamiento 6

Detalle	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
PREPARACIÓN DE SUELO				
Arada	hora tractor	2	25	50
Surcada	hora tractor	8	25	200
Subtotal				250
MANO DE OBRA				
Siembra	jornales	16	17	272
Fertilización	jornales	30	17	510
Fumigación	jornales	16.5	17	280.5
Tutorado	jornales	20	17	340
Deshierbe	jornales	35	17	595
Cosecha	jornales	280	17	4760
Subtotal				6757.5
INSUMOS				
Plantas	Unidad	16000	0.4	6400
Plaguicidas	aplicaciones	32	40	1280
Abonos organicos	sacos	120	5	600
Control biológico (TrichoDwp)	Frascos (300 g)	60	48	2880
Hilo	conos	90	4	360
Fertilizantes	valor	8	707.383	5659.064
Abono granulado	sacos	40	68.8	2752
Subtotal				19931.064
Subtotal costos directo				26938.564
COSTOS INDIRECTOS				
Transporte	flete	32	35	1120
Arriendo	Unidad	0.8	700	560
Imprevistos	%	4		1077.54256
Subtotal				2757.54256
DEPRECIACIÓN DE INFRAESTRUCTURA				

Sistema de riego	m2	0.4	4000	266.67
Estructura mixta	m2	7	7000	1555.56
Plastico	m2	1	10000	952.38
Subtotal				2774.61
TOTAL				32470.72
RENDIMIENTO				
Kg/U. E	Plantas/U. E	**kg/Planta**	**t/ha**	**kg/ha**
446.77	18	**22.34**	112.581	**112581**
INGRESOS				
COSTO/Kg	0.3	32470.72		
Utilidad	USD	$1.303.58		
RELACION B/C		1.04		