

# UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR UNIVERSIDAD

ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

FACULTAD DE POSGRADOS

INFORME DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**

TEMA:

EFICACIA DE *TRICHODERMA SPP.* PARA EN EL CONTROL  
DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE  
ALSTROMERIA.

Autor:

**GANCHALA TIERRA CRISTINA VANESSA**

Director:

**PHD. GUSTAVO ELIAS MARTINEZ VALENZUELA**

Milagro, 2024

## Derechos de autor

Sr. Dr.

**Fabrizio Guevara Viejo**

Rector de la Universidad Estatal de Milagro  
Presente.

Yo, **Cristina Vanessa Ganchala Tierra** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magister en Biotecnología**, como aporte a la Línea de Investigación Salud y Bienestar – Condiciones crónicas no transmitibles de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Informe de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 3 de julio de 2024



Firmado electrónicamente por:  
**CRISTINA VANESSA  
GANCHALA TIERRA**

**Cristina Vanessa Ganchala Tierra**

**172329917-6**

## Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Yo, **Gustavo Elías Martínez Valenzuela** en mi calidad de director del trabajo de titulación, elaborado por Cristina Vanessa Ganchala Tierra, cuyo tema es EFICACIA DE *TRICHODERMA SPP.* PARA EN EL CONTROL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE ALSTROMERIA, que aporta a la Línea de Investigación Línea de Investigación Salud y Bienestar, previo a la obtención del Grado Magister en biotecnología, Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 3 de julio de 2024



Firmado electrónicamente por:  
GUSTAVO ELIAS  
MARTINEZ VALENZUELA

**PhD. Gustavo Elías Martínez Valenzuela**

**0922079595**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**FACULTAD DE POSGRADO**  
**CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA**

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **ING. GANCHALA TIERRA CRISTINA VANESSA**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "EFICACIA DE TRICHODERMA SPP. EN EL CONTROL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE ALSTROEMERIA", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	53.00
SUSTENTACIÓN	38.17
PROMEDIO	91.17
EQUIVALENTE	Muy Bueno



Firmado electrónicamente por:  
**KATHERINE LISSETTE  
ROMERO VASQUEZ**

---

Mgs ROMERO VASQUEZ KATHERINE LISSETTE  
**PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**MANUEL IGNACIO  
CANDO DIAZ**

---

Mg CANDO DIAZ MANUEL IGNACIO  
**VOCAL**



Firmado electrónicamente por:  
**KAREN ALEXANDRA  
RODAS PAZMINO**

---

Mgs RODAS PAZMIÑO KAREN ALEXANDRA  
**SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**

## **DEDICATORIA**

**El presente trabajo investigativo lo dedico a mis padres, hermanos y mi compañero de vida por haberme apoyado en todo momento, brindándome sus consejos y motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.**

**Cristina Ganchala**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Expreso mi sincero agradecimiento a la empresa Jardines Piaveri por haberme brindado la oportunidad de continuar creciendo profesionalmente.**

**Agradecida también con la Universidad Estatal de Milagro, a mi tutor de tesis PhD. Gustavo Martínez por haber confiado en mí y emprender la elaboración de este proyecto**

**Muchas gracias a todos.**

## Resumen

La calidad y cantidad de la producción de *Alstroemerias* en Ecuador se ven afectadas por las condiciones deterioradas del suelo. La escasez de tallos aptos para la exportación es un problema principal, atribuido a la falta de calidad en los tallos cosechados, que no cumplen con los estándares necesarios para la exportación, como longitud, peso, calibre, color y tamaño de flor además, hay una falta de nuevas técnicas y alternativas de producción para este cultivo.

La investigación fue realizada en la provincia de Cotopaxi, específicamente en el cantón Latacunga, barrio José Guango, a una altitud de 2860 msnm, se planteó como objetivo general evaluar la eficacia de *Trichoderma spp.* En el control de Nematodos fitoparásitos en el cultivo de *Alstroemeria*, por lo cual se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con siete tratamientos en arreglo factorial con tres repeticiones: aplicación con *Trichoderma*, nematicida y sin aplicación se utilizaron métodos estadísticos para evaluar variables como: altura de las plantas, longitud de tallo, número de brotes, peso de tallo cosechado, días para la cosecha y análisis económico de tratamientos. Además, se llevó a cabo un análisis detallado de los resultados empleando técnicas estadísticas como ANOVA y pruebas post-hoc.

De los resultados obtenidos el tratamiento con nematicida es el más efectivo en todas las variables evaluadas. Sin embargo, la aplicación de *Trichoderma* mostró beneficios significativos, por otro lado, el tratamiento sin aplicación produjo los peores rendimientos. Estos resultados facilitarán información valiosa sobre el impacto de los tratamientos con *Trichoderma* en el desarrollo y rendimiento de *Alstroemeria*, contribuyendo así a mejorar las prácticas agrícolas y optimizar el cultivo de esta especie.

Palabras clave: *Trichoderma*, *Alstroemeria*, *Nematodos*, control biológico, microorganismos.

## Abstract

The quality and quantity of Alstroemerias production in Ecuador are affected by deteriorated soil conditions. The shortage of stems suitable for export is a main problem, attributed to the lack of quality in the harvested stems, which do not meet the standards necessary for export, such as length, weight, caliber, color and flower size. Furthermore, there is a lack of new production techniques and alternatives for this crop.

The research was carried out in the province of Cotopaxi, specifically in the Latacunga canton, José Guango neighborhood, at an altitude of 2860 meters above sea level. In the present study, a Randomized Complete Block Design (DBCA) was used with seven treatments in a factorial arrangement with three repetitions: application with *Trichoderma*, nematicide and without application, statistical methods were used to evaluate variables such as: plant height, stem length, number of shoots, weight of harvested stem, days to harvest and economic analysis of treatments. carried out a detailed analysis of the results using statistical techniques such as ANOVA and post-hoc tests.

The results obtained provide valuable information on the impact of *Trichoderma* treatments on the development and performance of Alstroemeria, thus contributing to improving agricultural practices and optimizing the cultivation of this species.

Keywords: *Trichoderma*, Alstroemeria, Nematodes, biological control, microorganisms

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Alstroemeria.....	23
<b>Figura 2.</b> Taxonomía de los nematodos .....	28
<b>Figura 3.</b> Presencia de nematodos en las raíces .....	31
<b>Figura 4.</b> Diferencia de tamaño por presencia de Nematodos .....	32
<b>Figura 5.</b> Ciclo de la enfermedad del agallador causado por nematodos del género <i>Meloidogyne</i> .....	33
<b>Figura 6.</b> Diagrama de métodos de control de nematodos .....	34
<b>Figura 7.</b> Estructura y esquema de conidióforo de <i>Trichoderma harzianum</i> .....	36
<b>Figura 8.</b> Comparación de Dosis por Tratamiento .....	53
<b>Figura 9.</b> Comparación de Altura por Tratamiento.....	53
<b>Figura 10.</b> Comparación de Número de Brotes por Tratamiento .....	54
<b>Figura 11.</b> Comparación de Longitud de Tallos por Tratamiento .....	54
<b>Figura 12.</b> Comparación de Peso de Tallos por Tratamiento.....	55
<b>Figura 13.</b> Comparación de Días a la Cosecha por Tratamiento .....	55
<b>Figura 14.</b> Altura (cm) vs. Dosis por Tratamiento .....	58
<b>Figura 15.</b> Número de Brotes vs. Dosis por Tratamiento .....	59
<b>Figura 16.</b> Longitud de Tallos (cm) vs. Dosis por Tratamiento .....	60
<b>Figura 17.</b> Peso de Tallos (g) vs. Dosis por Tratamiento .....	61
<b>Figura 18.</b> Días a la Cosecha vs. Dosis por Tratamiento .....	62
<b>Figura 19.</b> Boxplot de Dosis. litros.ha por Tratamiento .....	64
<b>Figura 20.</b> Boxplot de Altura (cm) por Tratamiento .....	64
<b>Figura 21.</b> Boxplot de Número de brotes por Tratamiento .....	65
<b>Figura 22.</b> Boxplot de Longitud de tallos (cm) por Tratamiento.....	66
<b>Figura 23.</b> Boxplot de Peso de tallos g. por Tratamiento .....	66
<b>Figura 24.</b> Boxplot de Días a la cosecha por Tratamiento .....	67

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Taxonomía de <i>Trichoderma</i> .....	36
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de Especies de <i>Trichoderma</i> .....	37
<b>Tabla 3.</b> Resultados experimentales del uso de <i>Trichoderma</i> contra Nematodos en diferentes mecanismos .....	39
<b>Tabla 4.</b> Lugar del experimento .....	42
<b>Tabla 5.</b> Pasos para el proceso estadístico.....	45
<b>Tabla 6.</b> Datos recolectados... ..	47
<b>Tabla 7.</b> Shapiro-Wilk .....	47
<b>Tabla 8.</b> Jarque-Bera .....	48
<b>Tabla 9.</b> ANOVA .....	48
<b>Tabla 10.</b> Prueba de Tukey .....	50
<b>Tabla 11.</b> ANOVA Factorial .....	51
<b>Tabla 12.</b> Comparación de medias .....	52
<b>Tabla 13.</b> Efectos principales ANOVA factorial.....	56
<b>Tabla 14.</b> Análisis Costo Beneficio.....	58

## Lista de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Altura de la planta.....	75
<b>Anexo 2.</b> Número de brotes.....	76
<b>Anexo 3.</b> Longitud de tallo cosechado.....	77
<b>Anexo 4.</b> Días por cosecha .....	78
<b>Anexo 5.</b> <i>Trichoderma</i> en presentación de 250gr .....	79
<b>Anexo 6.</b> Pruebas de calidad en <i>Trichoderma</i> .....	80

## Índice

Derechos de autor.....	ii
Aprobación del Director del Trabajo de Titulación .....	iii
Certificación de la defensa.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Lista de figuras.....	ix
Lista de tablas.....	x
Lista de anexos.....	xi
Índice.....	xii
Índice.....	xiii
Índice.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.1.1 Delimitación del problema.....	3
1.2 Pregunta de investigación.....	3
1.2.1 Formulación del problema .....	3
1.3 Determinación del tema.....	3
1.4 Objetivo general.....	4
1.5 Objetivos específicos.....	4
1.6 Hipótesis.....	4
1.7 Declaración de las variables.....	4
1.8 Justificación.....	5
1.9 Alcance y Limitaciones.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	9
2. Antecedentes .....	9
2.1 Contenido teórico que fundamentan la investigación.....	9

2.1.1 Alstromeria .....	9
2.1.2 Taxonomía y morfología de Alstromeria .....	9
2.1.3 Ciclo de cultivo y prácticas de manejo .....	12
2.1.4 Plagas y enfermedades .....	13
2.1.5 Nematodos Fitoparásitos .....	15
2.3 Taxonomía y morfología de los Nematodos Taxonomía .....	15
2.3.1 Morfología .....	15
2.3.2 Ciclo de vida y ecología de los Nematodos en el suelo .....	16
2.3.3 Daños y pérdidas económicas asociado .....	17
2.3.4 Daño a las raíces.....	17
2.3.5 Reducción del rendimiento .....	18
2.3.6 Dimensionamiento del producto .....	18
2.3.7 Pérdida de valor comercial .....	19
2.4 Nematodos en el cultivo de Alstroemeria .....	19
2.4.1 Origen y propagación de los Nematodos.....	19
2.4.2 Síntomas de infestación de Nematodos en Alstroemeria .....	20
2.4.3 Métodos de control de Nematodos .....	20
2.4.4 Manejo Integrado de Nematodos .....	21
2.5 Importancia de <i>Trichoderma</i> en la agricultura .....	21
2.5.1 La capacidad de <i>Trichoderma</i> .....	21
2.5.2 Impacto positivo .....	22
2.5.3 <i>Trichoderma</i> como Agente de Control Biológico.....	22
2.5.4 Taxonomía y Morfología de la <i>Trichoderma</i> .....	22
2.5.5 Mecanismos de la <i>Trichoderma</i> en la supresión de Nematodos.....	25
2.5.6 Evidencia experimental de la eficacia de <i>Trichoderma</i> contra nematodos .....	25
2.5.7 Aplicaciones de la <i>Trichoderma</i> en la agricultura .....	26
CAPÍTULO III: Diseño metodológico .....	28
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	28
3.2. La población y la muestra .....	29
3.2.1. Características de la población.....	29
3.3 Métodos y Técnicas.....	30
3.4 Proceso estadístico .....	30

CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados .....	33
4.1 Recolección de datos .....	33
4.2 Organización de datos .....	33
4.3 Verificación de Normalidad. ....	34
4.3.1 Prueba de normalidad Shapiro Wilk.....	34
4.3.2 Prueba de normalidad Jarque – Bera.....	35
4.4 Análisis de la varianza (ANOVA).....	35
4.5 Pruebas Post Hot (Tukey HSD) .....	37
4.6 Evaluación de interacciones ANOVA factorial.....	38
4.7 Comparación de medias. ....	39
4.8 Análisis de efectos principales .....	43
4.9 Análisis Económico .....	44
4.10 Representación Gráfica .....	45
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	55
5.1 Conclusiones.....	55
5.2 Recomendaciones.....	56
5.3 Bibliografía.....	57

## Introducción

La *Alstroemeria* conocida también como lirio de los Incas o azucena peruana, está atrayendo cada vez más atención en el mercado mundial, debido a su facilidad de cultivo, larga vida en florero y belleza de sus flores (Interflora, 2012). En América del sur especialmente en la región Andina hay muchas variedades que crecen en regiones frescas y montañosas, ofreciendo una amplia gama de colores y formas, lo que las hace aún más fascinantes (Freire, 2012)

En Ecuador, el cultivo de *Alstroemeria* ocupa un pequeño porcentaje del territorio agrícola nacional, pero está ganando importancia como cultivo de exportación la demanda tanto en el mercado nacional como internacional, incluyendo países como Canadá, Japón, Estados Unidos, Rusia y Europa, es alta debido a la elegancia y atractivo de estas flores (ISTE, 2022).

Para mejorar la calidad y productividad de las flores, se está considerando el uso de microorganismos biológicos como parte de la fertilización (Martinez, 2003). Estos microorganismos contribuirían a mejorar las propiedades del suelo, facilitando la absorción de nutrientes por las plantas y aumentando los rendimientos (Lezaun, 2016).

# 1. Capítulo I: El problema de la investigación

## 1.1. Planteamiento del problema

El cultivo de *Alstroemeria* es altamente valorado en la industria floral debido a sus flores vistosas y duraderas que gozan de popularidad tanto en los mercados locales como internacionales (Salinger, 1991). Sin embargo, la presencia de *Nematodos* fitoparásitos, especialmente del género *Meloidogyne*, representa una amenaza significativa para la producción sostenible de *Alstroemeria* (Guzman, 2012). Estos nematodos causan graves daños a las raíces, interfiriendo con la capacidad de absorber agua y nutrientes, lo que resulta en una reducción del crecimiento y la calidad de las flores, además de provocar pérdidas económicas a los agricultores (Roberts, 2005).

El *Trichoderma* muestra diversos mecanismos de control biológico, como la competencia por nutrientes, la producción de metabolitos antagonistas y la inducción de resistencia en las plantas hospedantes (Guzman, 2012). Sin embargo a pesar del interés en esta estrategia faltan investigaciones específicas sobre el efecto de *Trichoderma* en el control de *Nematodos* en este cultivo (Hoyos-Carvajal, 2009).

El efecto de *Trichoderma* en el control de *Nemátodos* en el cultivo de *Alstroemeria* radica en la importancia económica de este cultivo y la falta de alternativas efectivas y sostenibles para el manejo de *Nemátodos* (Zapata, 2011). Se discute la adopción de prácticas agrícolas más sostenibles y la reducción de la dependencia de pesticidas químicos nocivos (Mendoza, 2017).

Por lo tanto, este estudio busca llenar este vacío de conocimiento evaluando la eficiencia de *Trichoderma* en el control de los nematodos *Meloidogyne* en el cultivo de *Alstromeria*, además se examina el impacto de *Trichoderma* en el crecimiento, desarrollo y calidad de las plantas, así como en la supresión de *Nematodos* y su efecto residual en el suelo (Mendoza, 2017).

Los resultados de esta investigación ofrecerán información esencial a los productores de *Alstroemeria*, ayudándoles a desarrollar estrategias de manejo integrado de plagas más efectivas y sostenibles, lo que contribuirá a la viabilidad a largo plazo (Osorio, 2009).

### **1.1.1 Delimitación del problema**

Este estudio se centra en la eficiencia de *Trichoderma* en el control de los nematodos *Meloidogyne* y su impacto en el cultivo de *Alstroemeria*, se analizará cómo la aplicación de *Trichoderma* afecta la población y actividad de los nematodos fitoparásitos en campo, así como el rendimiento de las plantas.

La investigación no abordará otros posibles factores que puedan afectar la producción de *Alstroemeria*, como el manejo del agua, la nutrición de las plantas y otras prácticas agrícolas. Además, se centrará en la evaluación de *Trichoderma* como agente de control biológico contra *Nematodos*.

## **1.2. Preguntas de investigación**

### **1.2.1 Formulación del problema**

¿Cuál es la eficacia de *Trichoderma* en la reducción de la población de nematodos y en la prevención de la destrucción de plantas de *Alstroemeria* en Ecuador?

### **1.3. Determinación del tema**

Se eligió el tema "Eficacia de *Trichoderma spp.* En el control de nematodos fitoparásitos en el cultivo de *Alstroemeria*, debido a las crecientes preocupaciones sobre la sostenibilidad y la disminución del uso de pesticidas (Kons, 2009). El cultivo de *Alstroemeria* enfrenta importantes enfermedades debido a la presencia de *Nematodos* fitoparásitos, los cuales pueden ocasionar graves daños a los campos y comprometer la calidad y cantidad de la flora producida (Zapata, 2011). *Trichoderma* un hongo reconocido por sus propiedades de control biológico está emergiendo como una alternativa prometedora para el control de *Nematodos*, ofreciendo una solución más sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Sanchez, 2017).

Además, la investigación sobre la eficacia de *Trichoderma* en el control de *Nematodos* en el cultivo de *Alstroemeria* puede representar un avance importante en la industria floral.

## 1.4. Objetivo general

Evaluar la eficacia de *Trichoderma spp.* En el control de Nematodos Fitoparásitos en el cultivo de *Alstroemeria*.

## 1.5. Objetivos específicos

- Analizar cómo la eficacia de *Trichoderma* afecta la población de nematodos en el cultivo
- Establecer la efectividad de *Trichoderma* para el control de nematodos en el cultivo de *Alstroemeria*.
- Determinar la viabilidad económica y la sostenibilidad ambiental de la aplicación de *Trichoderma spp.* como estrategia de control biológico de *Nematodos* en el cultivo de *Alstroemeria*.

## 1.6. Hipótesis

Hipótesis de investigación: Utilizar *Trichoderma* como agente de control biológico en el cultivo de *Alstroemeria* disminuirá la presencia de nematodos fitoparásitos en el suelo, resultando en un mayor crecimiento vegetativo, calidad de las flores y rendimiento de los cultivos en comparación con aquellos no tratados con *Trichoderma*

## 1.7. Declaración de las variables

### Variable independiente:

Tratamiento con *Trichoderma* como agente de control biológico.

### Variables dependientes:

- Reducción porcentual de la población de *Nematodos* fitoparásitos en el suelo.
- Calidad de las flores producidas en las plantas evaluadas.
- Resistencia de las plantas de *Alstroemeria* a enfermedades causadas por nematodos, evaluada mediante la incidencia de síntomas en hojas y raíces.

## 1.8. Justificación

Ecuador es famoso por la diversidad de sus campos agrícolas y su importante papel en la producción de *Alstroemeria* exportada tanto a nivel local como internacional (ProEcuador, 2015). No obstante, los productores de *Alstroemeria* enfrentan un desafío significativo con los nematodos fitoparásitos, especialmente los del género *Meloidogyne* (Kons, 2009)

Estos pequeños insectos pueden rastrearse hasta las raíces de las plantas, afectando su crecimiento y calidad lo que significa menos plantas con flores y menos ingresos para los productores (Villegas, 2012).

Además, estudiar cómo *Trichoderma* afecta a los *Nematodos* en cultivos de *Alstroemeria* en Ecuador podría ayudar a mejorar la aptitud de nuevos cultivos de flores (Leszczyńska-Borys, 2003). Al mejorar las ventajas y abordar las limitaciones de este método, los agricultores ecuatorianos podrán descubrir formas más efectivas de proteger sus cultivos y aumentar su rentabilidad en áreas más extensas por ende la investigación es importante no solo en la economía de la industria floral, sino también en la necesidad de encontrar soluciones más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente para enfrentar problemas como los *Nematodos*, los resultados deben brindar a los agricultores formas más seguras y efectivas de proteger sus cultivos y mejorar su producción (Lezaun, 2016)

## 1.9. Alcance y limitaciones

En esta investigación es estudiar exhaustivamente el impacto de *Trichoderma* en el control de nematodos parásitos en el cultivo de *Alstroemeria*, utilizando una revisión crítica de estudios previos y la realización de experimentos diseñados para evaluar su eficacia.

Según (González-Mendoza et al. 2020), *Trichoderma* ha sido reconocido por su capacidad como agente de control biológico en diferentes cultivos, debido a su habilidad para reducir las poblaciones de nematodos. Este género de hongos se ha asociado con mecanismos de acción como competencia por nutrientes, parasitación directa e inducción de respuestas de defensa en plantas hospederas (Contreras-Cornejo, 2021).

Se identificarán y seleccionarán las especies de *Trichoderma* más adecuadas para el control de *Nematodos* en cultivos de *Alstroemeria* (Morales, 2022). Esta elección se fundamentará en la revisión bibliográfica y en la disponibilidad y accesibilidad de cepas de *Trichoderma* en el mercado.

El estudio se basará en la metodología descrita por (López-Mondéjar 2019), quienes realizaron pruebas de campo para evaluar la efectividad de *Trichoderma* en el control de *Nematodos* en cultivos de tomate (Guzman, 2012). Siguiendo este planteamiento, se seleccionarán cepas de *Trichoderma* con probada actividad antagonista frente a *Nematodos* que se aplicarán al suelo y al sistema radicular de plantas de *Alstroemeria* (Mendoza, 2017).

Se planificarán y ejecutarán experimentos en campo o invernadero para estudiar el efecto de *Trichoderma* en el control de nematodos en el cultivo de *Alstroemeria* se establecerán parcelas tratadas con *Trichoderma* y parcelas de control sin tratamiento para comparar el impacto en la población de *Nematodos*.

El diseño experimental incluye tratamientos con diferentes concentraciones y frecuencias de aplicación de *Trichoderma*, así como un grupo control sin tratamiento. Se realizarán mediciones periódicas de la densidad de *Nematodos* en el suelo, el crecimiento vegetativo de las plantas, la producción de flores y la incidencia de enfermedades asociadas a *Nematodos*. Los datos obtenidos serán analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y otras pruebas estadísticas, de acuerdo con las recomendaciones de (Gutiérrez-Mañero, 2019), para determinar la significancia de las diferencias entre tratamientos.

Se recopilarán los datos para determinar la efectividad de *Trichoderma* en el control de *Nematodos* en cultivos de *Alstroemeria* se realizará el análisis estadístico para comparar los resultados entre parcelas tratadas y no tratadas, y se sacarán conclusiones basadas en los resultados obtenidos.

Se espera que los resultados de esta investigación contribuyan al desarrollo de estrategias de manejo integrado de *Nematodos* en el cultivo de *Alstroemeria* y proporcionen evidencia científica sólida para promover el uso de *Trichoderma* como una alternativa sostenible al control químico de plagas en la agricultura (CCMA, 2002)

Las limitaciones son elementos clave en la investigación sobre el efecto de *Trichoderma* en el control de nematodos en variedades de *Alstromeria*. Es necesario interpretar los resultados y establecer la validación de los hallazgos. Identificar y abordar estas limitaciones es esencial para garantizar la integridad científica y la reproducibilidad de este estudio (Vargas, 2018).

- Variedad en la eficacia de las cepas de *Trichoderma*: la diversidad genética entre las cepas de *Trichoderma* puede resultar en variaciones significativas en su capacidad para controlar los nematodos. La variabilidad en el suelo y las condiciones ambientales también puede afectar la capacidad de las células de *Trichoderma* para colonizar y competir con los *Nematodos* parásitos de las plantas (Intagri, 2001).
- Interacción con otros microorganismos del suelo: La presencia de otros microorganismos del suelo puede afectar la eficacia de *Trichoderma* como agente de control biológico. Algunos microorganismos podrían competir por recursos o producir metabolitos que inhiban el crecimiento de *Trichoderma*, mientras que otros podrían establecer relaciones simbióticas que favorezcan su actividad antagonista contra *Nematodos*. La complejidad de estas interacciones puede dificultar la predicción del comportamiento de *Trichoderma* en diferentes entornos (Intagri, 2001).
- Condiciones ambientales desfavorables: Factores como temperaturas extremas, alta humedad o exceso de agua pueden influir en el crecimiento y la actividad de *Trichoderma* en el entorno. Estas condiciones pueden limitar la capacidad de *Trichoderma* para colonizar las raíces de *Alstroemeria* y competir con los nematodos fitoparásitos. Además, la exposición a condiciones adversas puede reducir la supervivencia a largo plazo de la *Trichoderma*, afectando su eficacia como agente de control biológico (Intagri, 2001).
- Consideraciones específicas: La efectividad de *Trichoderma* para controlar nematodos puede variar según la especie y el tipo algunas

especies de *Trichoderma* pueden ser más efectivas para controlar ciertas especies de *Nematodos*, mientras que otras pueden tener un efecto limitado o nulo (Intagri, 2001).

- **Interacción con otros productos fitosanitarios:** La compatibilidad de *Trichoderma* con otros productos fitosanitarios utilizados en el cultivo de *Alstroemeria* puede influir en su efectividad como agente de control biológico. Algunos pesticidas químicos pueden afectar la viabilidad y actividad de *Trichoderma*, lo que podría limitar su capacidad para controlar los nematodos parásitos de las plantas. La necesidad de mantener la compatibilidad entre *Trichoderma* y otros productos fitosanitarios puede imponer restricciones al manejo integrado de plagas en el cultivo de *Alstroemeria* (Intagri, 2001).
- **Desafíos en la producción a gran escala:** La producción a gran escala de formulaciones comerciales de *Trichoderma* puede enfrentar dificultades relacionadas con la optimización de los procesos de cultivo y fermentación. Es crucial mantener la viabilidad y la calidad de las especies de *Trichoderma* durante la producción y distribución, lo que puede requerir sistemas técnicos y logísticos. Estas dificultades pueden limitar la disponibilidad y el acceso a los productos de *Trichoderma* destinados al control de *Nematodos* en cultivos de *Alstroemeria* (Intagri, 2001).
- **Limitaciones en la investigación específica:** Al considerar el potencial de *Trichoderma* como agente de control biológico, hay una carencia de estudios específicos que examinen su eficacia en la gestión de nematodos en el cultivo de *Alstroemeria*. La mayoría de las investigaciones se concentran en otros cultivos agrícolas o aspectos. La falta de información específica sobre la interacción entre plantas de *Trichoderma*, *Nematodos* y *Alstroemeria* puede limitar la aplicación práctica de esta estrategia de control de plagas en el cultivo (Intagri, 2001).

## 2. CAPÍTULO II: Marco teórico referencial

### 2. Antecedentes

#### 2.1 Contenido teórico que fundamentan la investigación

##### 2.1.1 Alstroemeria

La *Alstroemeria* es conocida por varios nombres comunes en los países donde crece naturalmente, "lirio de loro", "lirio de Perú", "lirio de los Incas" y "lirio princesa", es una planta de genero sudamericano con alrededor de 120 especies (Tuquerrez, 2013).

Principalmente de las regiones frías y montañosas de los Andes se distribuye por el Cerrado y el Pantanal en Brasil, en Perú y alcanzando hacia el sur, la provincia de Misiones en Argentina (Golam, 2010).

En Ecuador, esta flor es valorada por su belleza y ha llegado a representar la diversidad y la riqueza natural. La historia de la *Alstroemeria* en Ecuador está estrechamente ligada a su descubrimiento en la región andina y su posterior cultivo como flor ornamental como se muestra en la figura 1 (Macias, 2022). Aunque no existe un registro preciso del momento en que la Alstroemeria llegó a Ecuador, se sabe que ha estado presente en la región durante siglos debido a su origen en los Andes. En Ecuador, la Alstroemeria es valorada tanto por su belleza como por su resistencia y durabilidad como flor de ciclo corto. Su variedad de colores y su capacidad de adaptarse a diferentes condiciones climáticas la convierten en una opción popular tanto en el mercado nacional como en el de exportación (Giacometti, 2019).



**Nota:** Flores y plantas

## Figura 1

*Alstroemeria*

### 2.1.2 Taxonomía y morfología de *Alstroemeria*

En su obra "*Species Plantarum*" publicada en 1753, Linneo mencionó que la *Alstroemeria* tiene su origen principalmente en América del Sur, desde Chile y Argentina hasta Brasil. Se cree que el nombre del género hace referencia al botánico sueco Claes Alströmer, quien llevó a cabo expediciones botánicas. *Linneo* es considerado por muchos como el fundador de la taxonomía de plantas moderna, quien fue pionero en la clasificación de las plantas (Linnaeus, 1762).

#### **Taxonomía de *Alstroemeria*:**

- ✓ Reino: *Plantae*
- ✓ División: *Magnoliophyta*
- ✓ Clase: *Liliopsida*
- ✓ Orden: *Liliales*
- ✓ Familia: *Alstroemeriaceae*
- ✓ Género: *Alstroemeria*
- ✓ Especie: *Alstroemeria spp*

### **Morfología de la *Alstroemeria*:**

- ✓ Raíces tuberosas (Linneo, 1762).
- ✓ Hojas alternas, simples y lanceoladas (Linneo, 1762).
- ✓ Flores perfectas, levemente zigomorfas aparentando ser actinomorfas; solitarias o agrupadas en umbelas (Linneo, 1762).
- ✓ El perigonio está compuesto por 6 tépalos dispuestos en 2 verticilos de 3, que pueden estar diferenciados en sépalos y pétalos o ser indiferenciados. Son notablemente llamativos debido a las manchas negras en la superficie de los tépalos, que pueden ser rosados, anaranjados o amarillentos (Linneo, 1762).
- ✓ Los colores de las flores son principalmente blancos, ocasionalmente con tonos sutiles de otros colores como rosa o crema (Linneo, 1762).
- ✓ Androceo: 6 estambre libres y dispuestos también en 2 hileras de tres (Linneo, 1762).
- ✓ Gineceo: ovario ínfero tricarpelar, uni o trilocular, con muchos óvulos por lóculo, placentación axial o parietal; un estilo y tres estigmas (Linneo, 1762).
- ✓ Fruto: capsular.
- ✓ Semillas: ariladas, expuestas sobre la cara interna de los carpelos.
- ✓ Florece durante la primavera y el verano, y en ocasiones puede seguir proliferando en el otoño en climas apropiados (Linneo, 1762).
- ✓ La planta puede alcanzar una altura de aproximadamente 30-60 cm, dependiendo de las condiciones de cultivo y el cuidado proporcionado a las *Alstroemerias* (Linneo, 1762).

Las especies son endémicas de las zonas andinas y actualmente se consideran "vulnerables". Las principales amenazas para esta planta, al igual que para otras especies de la región, provienen del turismo y el desarrollo urbano, que reducen su impacto. Además, la creación de nuevas vías de acceso aumentará el tráfico a través de áreas donde crece vegetación nativa, lo que tiene un impacto significativo en el medio ambiente (Rosemarie y Teillier, 2012).

### 2.1.3 Ciclo de cultivo y prácticas de manejo

Las flores son la cuarta fuente de ingresos económicos del Ecuador. Las principales zonas florícolas en donde se encuentran son Tabacundo, Cayambe, Ascasubi, Yaruqui, Amaguaña, Chávez Pamba y Otón, que forman parte de la provincia de Pichincha y cubren una superficie de alrededor de 1.600 hectáreas (Andrango, 2012). Además, se cultivan en menor medida en provincias como Cotopaxi, Tungurahua, Imbabura, Azuay y otras (Andrango, 2012).

En la actualidad, no hay ningún método de cultivo que sea totalmente efectivo para controlar las enfermedades causadas por nematodos. Por tanto, el control de estas enfermedades requiere un enfoque integrado que combine diferentes medidas y estrategias que deben adaptarse a las condiciones agroecológicas específicas de cada cultivo (Verdejo y Talavera, 2015).

Para cultivarla adecuadamente, se deben seguir una serie de procesos:

- 1. Preparación del suelo:** Antes de la siembra, es fundamental preparar el suelo de manera adecuada para asegurar un buen desarrollo de las plantas, es importante que el suelo tenga un buen drenaje para prevenir el encharcamiento que podría causar enfermedades en las raíces (Leszczyńska-Borys, 2003). Además, es recomendable incorporar materia orgánica como compost o estiércol bien descompuesto, ya que esto mejora la estructura del suelo. La retención de la humedad proporciona nutrientes para las plantas (Verdejo y Talavera, 2015).
- 2. Selección y plantación de las semillas o rizomas:**  
Las Alstroemerias pueden reproducirse mediante semillas o rizomas si se opta por semillas, éstas pueden sembrarse en bandejas de germinación y luego trasplantar las plántulas al campo por otro lado, si se eligen rizomas, se deben plantar a una profundidad de aproximadamente 10-15 cm (Verdejo y Talavera, 2015).
- 3. Riego:** Durante el ciclo de cultivo, es crucial mantener el suelo constantemente húmedo pero sin llegar a saturarse es fundamental realizar

riego (Verdejo y Talavera, 2015).

4. **Fertilización:** Se pueden emplear fertilizantes orgánicos o químicos según sea necesario para asegurar que las plantas obtengan los nutrientes requeridos para un crecimiento saludable es esencial seguir las recomendaciones específicas de fertilización (Verdejo y Talavera, 2015).
5. **Control de malezas:** Se debe realizar un control regular de malezas para evitar que compitan con las plantas por nutrientes, agua y luz solar (Verdejo y Talavera, 2015).
6. **Protección contra plagas y enfermedades:** Es importante realizar monitoreos regulares de las plantas para detectar signos de plagas o enfermedades se pueden tomar medidas preventivas como el uso de insecticidas o fungicidas según lo indique (Verdejo y Talavera, 2015).
7. **Entutorado y poda:** Algunas variedades pueden requerir soporte para evitar que las flores se caigan además, es recomendable podar las flores marchitas para formar estructura (Verdejo y Talavera, 2015).
8. **Cosecha:** Las flores de *Alstroemeria* se pueden recolectar durante su plena floración se aconseja cortarlas por la mañana temprano o por la tarde para evitar el estrés por calor, es importante cortar los tallos cerca de la base de la planta utilizando herramientas limpias (Verdejo y Talavera, 2015).
9. **Postcosecha:** Después de la recolección, las flores de *Alstroemeria* se pueden mantener frescas almacenándolas en agua (Seymour y Dixon, 2022).

#### 2.1.4 Plagas y enfermedades

La *Alstroemeria* puede verse afectada por varias enfermedades, como la pudrición de la raíz causada por *Phytophthora spp.*, el mildiú polvoriento y mancha foliar estas enfermedades pueden causar daños importantes a los cultivos si no se manejan adecuadamente (Mendoza, 2020) . Además, la invasión de ácaros, como la araña roja *Tetranychus urticae* y los pulgones *Aphididae*, pueden debilitar las plantas y afectar negativamente a su floración (Schwartz y Schelegel, 2005). Por lo tanto, es extremadamente importante implementar medidas de manejo integrado de plagas y enfermedades para mantener la salud y productividad de las especies de *Alstroemeria* (Schwartz y Schelegel, 2005).

### **2.1.5 Nematodos Fitoparásitos**

Los nematodos, conocidos también como gusanos, son un grupo variado de organismos presentes en casi todos los ambientes de la Tierra.

Aunque muchas especies viven en la naturaleza y desempeñan funciones ecológicas importantes en el ecosistema, muchas también son parásitos de plantas, animales e incluso humanos (Zapata, 2011). Estos organismos parasitarios pueden provocar enfermedades graves en sus hospedadores, lo que los convierte en una preocupación significativa comprender la biología de los *Nematodos* es importante para desarrollar estrategias efectivas para controlar y tratar las enfermedades que causan (Zea y Bolognese, 2021).

Los *Fitoparásitos* son un tipo especial de parásito que se adhiere y se alimenta de la superficie externa del cuerpo del huésped (Lezaun, 2016). A diferencia de los endoparásitos que viven dentro del cuerpo del huésped, los *Fitoparásitos* permanecen en la superficie y utilizan estructuras especiales para fijar y absorber nutrientes (Lezaun, 2016).

Estos organismos han desarrollado adaptaciones únicas para sobrevivir en el entorno externo de sus hospedadores, y pueden representar una molestia o incluso un riesgo para el huésped (Kons, 2009). Estudiar la biología de los parásitos es fundamental para comprender su ecología, sus efectos sobre la salud y desarrollar métodos de control eficaces (Zea y Bolognese, 2021).

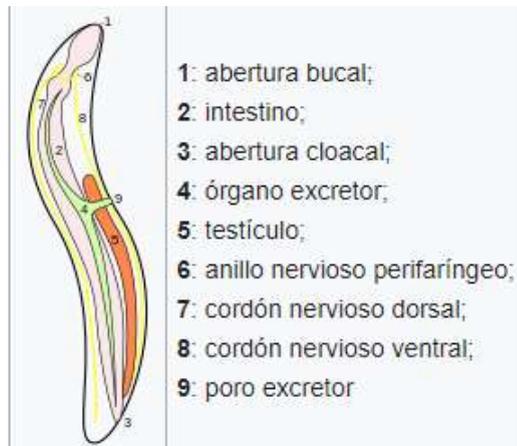
### **2.3 Taxonomía y morfología de los Nematodos Taxonomía**

Los *Nematodos*, también conocidos como gusanos redondos, tienen un cuerpo alargado, cilíndrico, no segmentada, bilateralmente simétrica (Zapata, 2011). En muchos casos, los machos tienen un extremo posterior, están curvados o helicoidal con espinas copuladoras y en algunas especies hay una estructura de cola llamada bolsa (Sapolsky, 2011). En cuanto a la cabeza frontal de los adultos, pueden tener ganchos, dientes o placas en las bolsas de las mejillas para facilitar su fijación a los

tejidos. Además, tienen pequeñas proyecciones en la superficie del cuerpo, como setas o papilas, que se cree que tienen una función sensorial. Estas estructuras se denominan *Anfidios*, *Fasmidios* o *Deiridios*, según su ubicación en el cuerpo del nematodo, en la figura 2 se muestra la taxonomía de un nematodo (Royo, 2019).

Figura 2

### Taxonomía de los Nematodos



**Nota:** Luz Cieza, 2018.

### 2.3.1 Morfología

La vida de la mayoría de las especies comienza como huevos, seguida de cuatro a seis etapas juveniles antes de llegar a la edad adulta estas criaturas tienen cuerpos cilíndricos alargados, no segmentados y simétricos bilateralmente (Tuquerrez, 2013). La epidermis, su superficie exterior, en los adultos es muy fuerte, normalmente lisa, aunque en algunas especies es estriada o rugosa (Royo, 2019). Bajo la epidermis, se encuentran capas de músculo y una cavidad llena de líquido conocida como membrana *pseudomembranosa*, que actúa como un esqueleto hidrostático y contiene órganos estos organismos no poseen órganos respiratorios ni sistemas circulatorios, por lo que generan presión hidrostática mediante movimientos corporales (Royo, 2019).

El sistema interno de estos organismos comprende un sistema nervioso complejo con ganglios conectados alrededor del esófago, además de un sistema digestivo bien desarrollado que incluye bolsas en las mejillas. La estructura del sistema digestivo

cambia según su dieta. Los *Nematodos* depredadores tienen una cavidad bucal especial llamada estomas que les permite capturar y succionar líquidos de sus presas (Lezaun, 2016). Por otro lado, los fitoparásitos, parásitos de las plantas, tienen un órgano llamado estilete con una pequeña abertura para protegerse de los microorganismos. Utilizan este tipo de agujas para penetrar raíces y comer tejido, aunque algunas especies también comen tubérculos, tallos y hojas de dichas plantas (Royo, 2019).

La reproducción de los *Nematodos* varía según la especie y puede ser partenogenética o sexual, los sexos están separados y los órganos reproductores son grandes y complejos las hembras pueden poner entre decenas y miles de huevos, dependiendo de la complejidad de su ciclo de vida (Villegas, 2012). Algunos *Nematodos* son hermafroditas y se reproducen sexualmente, surgiendo tanto machos como hembras en diferentes momentos (Royo, 2019). Hay especies donde no se encuentran machos, pero se cree que su existencia se debe a la imposibilidad de otra forma de reproducción, el número de huevos producidos refleja la complejidad del ciclo de vida de esta especie para reproducirse (Royo, 2019).

### **2.3.2 Ciclo de vida y ecología de los *Nematodos* en el suelo**

Los nematodos fitopatógenos afectan el crecimiento y la producción de los cultivos, lo que representa un desafío significativo es difícil controlarlos porque identificar las especies más problemáticas y entender sus interacciones con otros factores no es sencillo, esta dificultad es mayor en los climas tropicales que en los templados, afectando a más regiones cuyos medios de vida dependen de la agricultura en el cual puede afectar a un campo entero (Talavera, 2003).

Los *Nematodos* son muy fértiles se reproducen en 5 a 6 generaciones por año y ponen una gran cantidad de huevos en el saco (Villegas, 2012). Actúan como saprófitos o depredadores y son organismos de vida libre que se alimentan de microorganismos, rotíferos y protozoos (Mendoza, 2020). Pueden comer hasta 5.000 células por minuto, regulando la población bacteriana del suelo. Además, forman parte de la cadena alimentaria del suelo y proporcionan alimento a otros organismos del ecosistema.

Entre sus funciones se incluyen la descomposición de la materia orgánica y la regulación microbiana en el suelo (Talavera, 2003).

Investigar las interacciones entre nematodos y plantas presenta desafíos debido a la variabilidad genética ya las condiciones ambientales, a pesar de los avances logrados, persisten lagunas de conocimiento, por ejemplo, a la hora de determinar con precisión el umbral de daño causado por *Nematodos* en diferentes cultivos y entornos (Kons, 2009). La falta de información dificulta el desarrollo de estrategias efectivas para controlar los *Nematodos* en la agricultura. Por lo tanto, es importante continuar la investigación para comprender mejor estas interacciones, lo que conducirá a enfoques más precisos y sostenibles para minimizar los impactos negativos de los *Nematodos* en la producción de un campo de plantas (Talavera, 2003).

### **2.3.3 Daños y pérdidas económicas asociado**

Los *Nematodos* fitoparásitos, como los del género *Meloidogyne*, pueden causar diversos daños y pérdidas económicas importantes en los cultivos. Algunos de estos daños y pérdidas económicas asociadas.

### **2.3.4 Daño a las raíces**

La infección por *Nematodos* de las raíces de las plantas provoca agallas, nudos o lesiones, disminuyendo su capacidad para absorber agua y nutrientes esto afecta negativamente su crecimiento y desarrollo al comprometer su salud y nutrición básica como se muestra en la figura 3 (Sikora, 2018).



**Figura 3**

*Presencia de Nematodos en las raíces*

**Nota** Mejor con salud, 2023.

### **2.3.5 Reducción del rendimiento**

La reducción de la capacidad de absorción de agua y nutrientes debido al daño en las raíces puede resultar en una reducción significativa del rendimiento del cultivo, las plantas afectadas pueden presentar signos de crecimiento, color amarillo, crecimiento y reducción en la producción de frutos y flores (Nicol, 2007).

### **2.3.6 Dimensionamiento del producto**

Los *Nematodos* pueden afectar la calidad de productos seleccionados por ejemplo, en cultivos hortalizas, las raíces dañadas pueden dar como resultado tubérculos deformados, frutos arrugados o malformados y flores estéticamente agradables (Moens, 2009). Como se muestra en la figura 4 se observa la diferencia que hay entre dos legumbres, la de la izquierda con presencia de *Nematodos* y la derecha sin presencia de nematos.

## Figura 4

*Diferencia de tamaño por presencia de Nematodos*



**Nota:** Fuente: Zane Grabau, UF/IFAS, 2022.

### **2.3.7 Pérdida de valor comercial:**

La presencia de *Nematodos* y los daños asociados pueden hacer que los productos sean menos atractivos para los consumidores y reducir su valor comercial en el mercado esto puede resultar en pérdidas económicas directas para los productores y comerciantes (Jones, 2013).

## **2.4 Nematodos en el cultivo de Alstroemeria**

### **2.4.1 Origen y propagación de los *Nematodos***

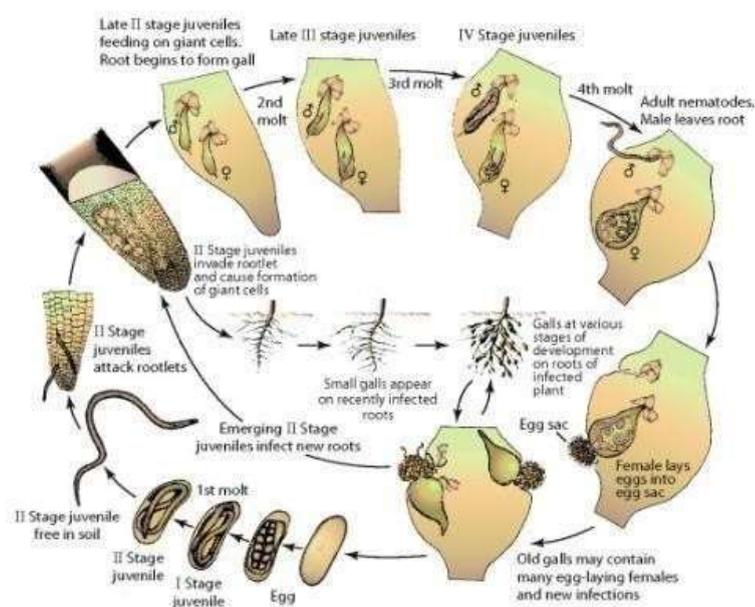
Los nematodos fitoparásitos, particularmente del género *Meloidogyne*, constituyen una amenaza para los cultivos, entran al suelo a través de material vegetal infectado, agua de riego o equipos agrícolas persistentes y se reproducen en condiciones óptimas, causando importantes daños a largo plazo a las plantaciones (Moens, 2009).

## 2.4.2 Síntomas de infestación de *Nematodos* en *Alstroemeria*

Los síntomas de infestación de *Nematodos* en *Alstroemeria* pueden incluir marchitez, coloración amarillenta prematura de los cultivos, raíces distorsionadas, raíces desnudas y vigor reducido de las plantas (ISTE, 2022). La gravedad de estos síntomas puede variar dependiendo de la especie y la densidad de *Nematodos* en el área, como se muestra en la figura 5 (Nicol, 2007).

**Figura 5**

*Ciclo de la enfermedad del agallador causado por Nematodos del género Meloidogyne*



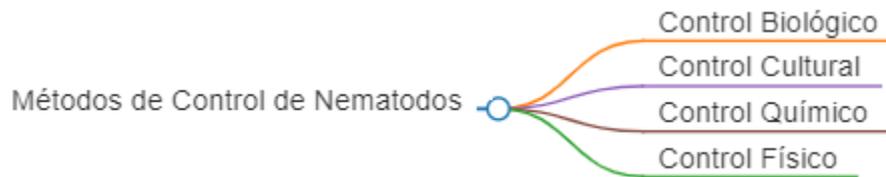
**Nota:** Parasitic potato nematodes, 2007.

## 2.4.3 Métodos de control de *Nematodos*

El manejo de nematodos en cultivos de *Alstroemeria* incluye técnicas culturales como la rotación de cultivos y el control de la humedad del suelo, organismos antagonistas como *Trichoderma* y *Nematodos* entomopatógenos como *Steinernema* y *Heterorhabditis* se utilizan para el control biológico, siendo opciones prometedoras para reducir las poblaciones de *Nematodos*. En la figura 6 se muestra el control de los *Nematodos* (Sikora, 2018).

**Figura 6**

Diagrama de métodos de control de Nematodos



#### **2.4.4 Manejo Integrado de *Nematodos***

Una estrategia integrada que incluya diversas medidas de control, como el uso de nematodos entomopatógenos, agentes de control biológico como *Trichoderma spp.*, prácticas culturales y la utilización de variedades resistentes, podría ser efectiva para gestionar las poblaciones de nematodos en el cultivo de *Alstroemeria* (Jones, 2013).

### **2.5 Importancia de *Trichoderma* en la agricultura**

*Trichoderma*, un género de hongos ampliamente investigado, juega un papel fundamental en la agricultura contemporánea gracias a su capacidad para estimular el crecimiento de las plantas. Según (Harman, 2006), *Trichoderma* es reconocido como un agente de control biológico eficaz debido a su capacidad para producir una amplia gama de metabolitos antagonistas y enzimas hidrolíticas que suprimen la actividad de los patógenos del suelo (Lezaun, 2016). Además, *Trichoderma* puede inducir resistencia sistémica en plantas hospedantes, como destacan (Howell et al. 2000), lo que hace a las plantas más resistentes a las enfermedades.

#### **2.5.1 La capacidad de *Trichoderma***

La capacidad de *Trichoderma* para colonizar el suelo y competir con otros microorganismos es crucial para su efectividad como agente de control, según (Druzhinina et al. 2011). Estos autores destacan que la producción de sideróforos y la formación rápida de micelio son características clave que permiten a *Trichoderma* establecerse en el suelo y ejercer su efecto beneficioso (Guzman, 2012). Además, se ha comprobado que *Trichoderma* es compatible con métodos

agrícolas sostenibles, como la agricultura orgánica, según documenta (Shoresh, 2010), lo que lo convierte en una opción atractiva para los agricultores que deseen reducir el uso de pesticidas químicos.

### **2.5.2 Impacto positivo**

Aparte de su función en el control de enfermedades, algunas especies de *Trichoderma* promueven el crecimiento de las plantas al producir fitohormonas y mejorar la absorción de nutrientes, lo cual incrementa la producción (Guzman, 2012). Además, contribuyen a la biofortificación al mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales, según investigaciones de (Viñale, 2008) y (Segarra, 2007), lo que mejora la calidad nutricional de los productos agrícolas.

### **2.5.3 *Trichoderma* como Agente de Control Biológico**

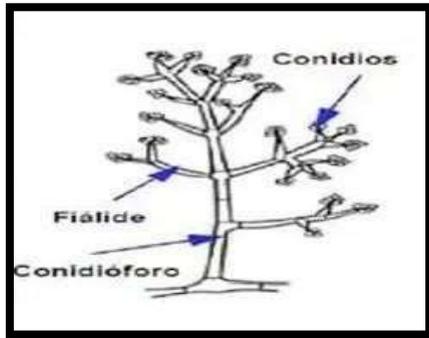
*Trichoderma* ha surgido como un prometedor agente de control biológico en la agricultura. Según (Harman y Kubicek, 1998), *Trichoderma* exhibe diversos mecanismos para combatir patógenos, como la competencia por nutrientes, la producción de metabolitos antimicrobianos y la capacidad de inducir resistencia en las plantas que hospeda estos mecanismos. Han demostrado ser efectivos en el control de diversas plagas, convirtiéndose en una herramienta valiosa para la protección de los cultivos.

### **2.5.4 Taxonomía y Morfología de la *Trichoderma***

La taxonomía de *Trichoderma* es un área de estudio amplia que incluye la clasificación, la nomenclatura y las relaciones filogenéticas, dentro de *Trichoderma* es un género de hongos anamórficos pertenecientes a la familia Hypocreaceae, la cual forma parte del orden Hypocreales, como se muestra en la figura 7 (Druzhinina, 2011).

## Figura 7

Estructura y esquema de conidióforo de *Trichoderma harzianum*



**Nota:** (Donati, 2011).

## Tabla 1

Taxonomía de *Trichoderma*

Nivel Taxonómico	Categoría
Reino	<i>Fungi</i>
División	<i>Ascomycota</i>
Clase	<i>Sordariomycetes</i>
Orden	<i>Hypocreales</i>
Familia	<i>Hypocreaceae</i>
Género	<i>Trichoderma</i>

**Nota:** Fuente propia.

*Trichoderma* muestra una morfología diversa, caracterizada por un micelio blanco y algodonoso, que crece rápidamente en medios de cultivo. Sus conidios, estructuras reproductivas asexuales, se presentan en cadenas o grupos divergentes y se liberan para dispersarse en el entorno circundante, como se muestra en la tabla 1 (Druzhinina, 2011). La diversidad genética de *Trichoderma* se refleja en las diferencias morfológicas y fisiológicas observadas entre sus especies los análisis filogenéticos han identificado grupos genéticos significativos como *Harzianum*, *Viride*, *Longibrachiatum*, entre otros subrayando la relevancia de la diversidad dentro de su género como se muestra en la tabla 2 de la clasificación de las especies más comunes de *Trichoderma* (Druzhinina, 2011).

**Tabla 2***Clasificación de Especies de Trichoderma*

<b>Especie</b>	<b>Características Morfológicas</b>	<b>Distribución</b>	<b>Referencia</b>
<b><i>Trichoderma harzianum</i></b>	Micelio blanco. Conidios esféricos.	Mundial	<b>Druzhinina, 2011</b>
<b><i>Trichoderma viride</i></b>	Micelio verde. Conidios alargados.	Mundial	<b>Druzhinina, 2011</b>
<b><i>Trichoderma longibrachiatum</i></b>	Micelio blanco. Conidios largos y delgados.	Mundial	<b>Samuels, 2012</b>
<b><i>Trichoderma atroviride</i></b>	Micelio blanco a amarillento. Conidios en forma de bastón	Mundial	<b>Kubicek, 2008</b>
<b><i>Trichoderma koningiopsis</i></b>	Micelio blanco a amarillo. Conidios esféricos o en forma de huevo.	Mundial	<b>Kubicek, 2008</b>

**Nota:** Fuente propia.

### 2.5.5 Mecanismos de la *Trichoderma* en la supresión de *Nematodos*

*Trichoderma* muestra diversos mecanismos de acción que contribuyen a su habilidad para controlar los nematodos parásitos de las plantas.

- **Competencia en espacio y nutrientes:** *Trichoderma* coloniza las raíces de las plantas, compite con los nematodos por espacio y nutrientes, y reduce la disponibilidad de recursos (Siddiqui, 2006).
- **Producción de metabolitos antagonistas:** *Trichoderma* genera una gama de metabolitos secundarios, como enzimas hidrolíticas, péptidos antimicrobianos y compuestos volátiles, que poseen actividad nematicida directa o indirecta (Kiewnick, 2010).
- **Inducción de resistencia en la planta infectada:** *Trichoderma* tiene la capacidad de estimular respuestas de defensa en las plantas infectadas, mejorando así su capacidad para resistir la infección por *Nematodos* (Contreras-Cornejo, 2009).

### 2.5.6 Evidencia experimental de la eficacia de *Trichoderma* contra *Nematodos*

Varios estudios han confirmado la efectividad de *Trichoderma* en la reducción de la población de nematodos parásitos en plantas de diferentes cultivos, en un estudio de (Sharma et al. 2017), encontraron que la aplicación de *Trichoderma Harzianum* redujo significativamente la población de *Nematodos* fitoparásitos y aumentó el crecimiento de las plantas de tomate. En la tabla 3 se muestra cómo influye el uso de *Trichoderma* para diferentes mecanismos

**Tabla 3**

Resultados experimentales del uso de *Trichoderma* contra Nematodos en para diferentes mecanismos

Estudio	Resultado
Sharma, 2017	Reducción significativa en la población de <i>Nematodos</i> fitoparásitos en el suelo; mejora del crecimiento de las plantas de tomate.
Siddiqui, 2006	<i>Trichoderma</i> coloniza las raíces de las plantas, compitiendo con los <i>Nematodos</i> por espacio y nutrientes.
Contreras-Cornejo, 2009	<i>Trichoderma</i> induce respuestas de defensa en las plantas hospederas, fortaleciendo su capacidad para resistir la infección por <i>Nematodos</i> .

**Nota:** Fuente Propia.

### 2.5.7 Aplicaciones de la *Trichoderma* en la agricultura

- Control biológico:  
*Trichoderma* se emplea en el control biológico de diversas enfermedades vegetales causadas por hongos patógenos como *Fusarium* (Hermosa, 2012).
- Crecimiento de las plantas:  
Algunas cepas de *Trichoderma* promueven el crecimiento de las plantas al mejorar la absorción de nutrientes, producir hormonas vegetales y estimular el sistema de defensa (Contreras-Cornejo, 2009).
- Control biológico de *Nematodos* Fitoparásitos:  
Se ha comprobado que *Trichoderma* es efectivo en la reducción de nematodos fitoparásitos mediante la competencia por recursos, la producción de metabolitos antagonistas y la inducción de resistencia en las plantas (Sharma, 2017).

- Descomposición de residuos vegetales:  
Algunas variedades de *Trichoderma* juegan un papel en la descomposición de restos vegetales, lo que ayuda a mejorar la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes (Hermosa, 2012).
- Estimulación del sistema de defensa vegetal:  
*Trichoderma* tiene la capacidad de activar las defensas de las plantas huéspedes, fortaleciendo así su resistencia contra posibles patógenos externos (Contreras-Cornejo, 2009).

## CAPÍTULO III: Diseño metodológico

### 3.1 Tipo y diseño de investigación

El estudio adopta un enfoque experimental que comienza con una observación meticulosa de los fenómenos y la utilización de los sentidos para detectar detalles significativos.

A partir de estas observaciones, se pueden formular hipótesis para explicar los fenómenos observados. El diseño experimental es un trabajo meticuloso y sistemático. El objetivo es reproducir este fenómeno en condiciones controladas, incluida la identificación y el control de variables relevantes para garantizar resultados precisos y objetivos. Este control permite aislar los efectos de las variables independientes sobre las variables dependientes, asegurando la validez de las pruebas.

### 3.2 La población y la muestra

El enfoque de la población corresponde a todos los *Nematodos* presentes en los cultivos de *Alstroemeria* de la parroquia José Guango, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Considerando que no existía un registro histórico sistematizado del número de *Nematodos* presentes, se realizó una caracterización preliminar mediante muestreo en las principales zonas de cultivo durante un período de 4 meses. La metodología de cuantificación de *Nematodos* se aplicó mediante el Método de Evaluación de Poblaciones de *Nematodos*, teniendo en cuenta que estos factores de presencia de *Nematodos* deben determinarse empíricamente y pueden variar dependiendo de las condiciones específicas.

### 3.2.1 Características de la población

Tabla 4

*Lugar del experimento*

INFORMACIÓN AGROMETEOROLÓGICA	
Provincia	Cotopaxi
Cantón	Latacunga
Parroquia	José Guango
DATOS AGROMETEREOLÓGICOS	
Precipitación	600 mm/año
Humedad Relativa	80%
Altitud	2860 m. s. n. m
Tipo de Suelo	Franco Arenoso

#### **Plantas de *Alstroemeria***

Se utilizaron plantas de *Alstroemeria* obtenidas mediante hibridación y multiplicación del grupo Esmeraldas, cultivadas en el área experimental establecida hace un año. Estas plantas se caracterizan por tener tallos simples y erectos que pueden alcanzar alturas que van desde los 40 cm hasta más de 1 m. Sus hojas son lanceoladas, y producen flores dispuestas en umbelas de diversos colores con manchas, cada una compuesta por 6 pétalos y dispuestas en umbelas, tolera temperaturas de hasta -12°C y pH ácido como 5,2 (Macias, 2022).

**Figura 8**

*Factores de estudio*

Factores estudiados		
Factor A	Factor B	
Nematicida	Dosis 1:	20 litros/ha
<i>Trichoderma</i>	Dosis 2:	40 litros/ha
Sin Aplicación	Dosis 3	60 litros/ha

<b>Diseño estadístico</b>
<b>En el presente estudio se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con siete tratamientos en arreglo factorial (A X B) + 1, con tres repeticiones.</b>
<b>Características de la Unidad experimental</b>
<b>Área de la unidad experimental: 2.4m<sup>2</sup>.</b>
<b>Área experimental: 50,4m<sup>2</sup></b>
<b>Área total del ensayo: 117m<sup>2</sup></b>
<b>Densidad de siembra 0,30m X 0,80m.</b>
<b>Número de unidades experimentales: 21</b>

### 3.3 Métodos y técnicas

- Manejo específico del experimento

Se inició el área del ensayo, que tuvo una superficie de 117 metros cuadrados. Se dispuso de tres camas de treinta metros (repeticiones), las cuales se dividieron en 7 partes iguales de tres metros de longitud (unidades experimentales), constituyendo cada una de ellas los tratamientos. El cultivo de *Alstroemerias* se desarrolló en 30 camas, con plantas de aproximadamente un año, que comenzaron su segunda producción.

- Riego

Se utilizó una manguera de  $\frac{3}{4}$  para realizar las labores de riego, permitiendo la disolución del fertilizante aplicado y facilitando la absorción de nutrientes por parte de las plantas. Se mantuvo el suelo con la cantidad adecuada de agua necesaria para el cultivo, evitando la deshidratación y asegurando una adecuada humedad ambiental dentro del invernadero. El riego se llevó a cabo cada dos días

- Control de plagas y enfermedades

Durante el período de estudio, no fue necesario implementar medidas fitosanitarias, dado que no se detectó la presencia de plagas ni enfermedades que pudieran

- Cosecha

La recolección se llevó a cabo de manera manual, seleccionando los tallos maduros. Posteriormente, se agruparon en ramos de diez tallos y se colocaron en envases adecuados para su comercialización.

#### Datos evaluados

- **Altura de las plantas:** Se midió la altura de cinco plantas tomadas al azar en cada uno de los tratamientos, desde la base del tallo hasta el cáliz de la flor, cinco días después de cada aplicación de *Trichoderma*. Para ello, se utilizó un flexómetro y los datos obtenidos se registraron en centímetros.
- **Efecto de borde:** Se contó el número de brotes por unidad experimental cinco días después de las aplicaciones de *Trichoderma*.
- **Longitud del tallo cosechado:** Después de la cosecha, se midió mediante un flexómetro la longitud de los cinco tallos marcados en cada uno de los tratamientos. Los resultados se expresaron en centímetros.
- **Peso del tallo cosechado:** Los cinco tallos de cada unidad experimental fueron pesados mediante una balanza electrónica, con el objetivo de determinar cuál de los tratamientos mejoró la hidratación. Los resultados se registraron en gramos.
- **Días para la cosecha:** Se llevó un registro del total de días necesarios para cosechar los tallos, con el fin de establecer qué tratamiento permitió una cosecha en el menor tiempo.
- **Análisis económico de tratamientos:** Se realizó el análisis económico de cada uno de los tratamientos para determinar cuál era el más rentable económicamente.

#### 3.4 Proceso estadístico

En este estudio se emplearon métodos estadísticos para evaluar la eficacia de diversos tratamientos con *Trichoderma* en el cultivo de *Alstroemeria*. El estudio siguió un enfoque sistémico, priorizando la recopilación de datos sobre varias variables agronómicas y procediendo con un análisis detallado de los resultados utilizando técnicas estadísticas como ANOVA y pruebas post-hoc. El objetivo fue identificar los tratamientos más efectivos y económicos. En la tabla 5 se muestra a detalla el proceso.

**Tabla 5***Pasos para el proceso estadístico*

<b>PASO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>HERRAMIENTA ESTADÍSTICA</b>
1. Recolección de Datos	Medición de la altura de las plantas, número de brotes, longitud de tallos cosechados, peso de tallos y días a la cosecha.	Flexómetro, balanza electrónica, conteo manual.
2. Organización de Datos	Registro de los datos en una hoja de cálculo, organizados por tratamiento y repetición.	Microsoft Excel
3. Verificación de Normalidad	Comprobación de la distribución normal de los datos para cada variable medida.	Prueba de Shapiro-Wilk o Kolmogorov-Smirnov.
4. Análisis de Varianza (ANOVA)	Evaluación de las diferencias significativas entre los tratamientos para cada variable medida.	ANOVA unidireccional (para un factor) o ANOVA factorial (para interacción de factores).
5. Pruebas Post-Hoc	Identificación de diferencias específicas entre tratamientos si el ANOVA muestra significancia.	Prueba de Tukey HSD (Honest Significant Difference).
6. Evaluación de Interacciones	Análisis de posibles interacciones entre los factores (en caso de arreglo factorial A x B).	ANOVA factorial.
7. Comparación de Medias	Comparación de medias para identificar el tratamiento más efectivo.	Gráficos de barras con error estándar, tablas de comparación de medias.
8. Análisis de Efectos Principales	Determinación de los efectos principales de <i>Trichoderma</i> sobre las variables medidas, independientemente de otros factores.	Análisis de efectos principales en el ANOVA factorial.
9. Análisis Económico	Evaluación del costo-beneficio de cada tratamiento basado en el rendimiento y los costos asociados.	Análisis de costo-beneficio, cálculos de retorno de inversión (ROI).
10. Representación Gráfica	Visualización de los resultados mediante gráficos que muestren el efecto de los tratamientos en las variables estudiadas.	Gráficos de barras, gráficos de líneas, diagramas de caja y bigotes

## CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados

### 4.1 Recolección de datos

Se recolectarán datos de las siguientes variables:

- **Altura de las plantas:** Medida desde la base del tallo hasta el cáliz de la flor usando un flexómetro, cada 5 días después de cada aplicación de *Trichoderma*.
- **Número de brotes:** Conteo de brotes en cada unidad experimental.
- **Longitud de tallos cosechados:** Medición de los cinco tallos marcados en cada tratamiento usando un flexómetro.
- **Peso de tallos cosechados:** Pesaje de los cinco tallos de cada unidad experimental con una balanza electrónica.
- **Días a la cosecha:** Registro del número total de días desde el inicio hasta la cosecha de los tallos.

### 4.2 Organización de datos

Los datos recolectados se organizarán en una hoja de cálculo para facilitar el análisis estadístico.

- **Software:** Microsoft Excel
- **Estructura de la hoja de cálculo:**
  - **Columnas:** Unidad Experimental, Bloque, Tratamiento (Factor A), Dosis (Factor B), Altura (cm), Número de brotes, Longitud de tallos (cm), Peso de tallos (g), Días a la cosecha.
  - **Filas:** Cada fila representará una observación de una unidad experimental como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Datos recolectados*

Unidad Experimental	Bloque	Tratamiento	Dosis litros/ha	Altura (cm)	Número de brotes	Longitud de tallos (cm)	Peso de tallos (g)	Días a la cosecha
1	1	Trichoderma	20	80	10	90	150	60
2	1	Nematicida	40	85	12	95	155	58
3	1	Sin Aplicación	60	70	8	85	140	62
4	1	Trichoderma	40	82	11	88	152	59
5	1	Nematicida	60	88	13	97	158	57
6	1	Sin Aplicación	20	72	9	87	142	61
7	2	Trichoderma	20	81	10	91	151	60
8	2	Nematicida	40	86	12	94	157	58
9	2	Sin Aplicación	60	71	8	86	141	62
10	2	Trichoderma	60	83	11	89	153	59
11	2	Nematicida	20	89	14	98	159	56
12	2	Sin Aplicación	40	73	9	88	143	60
13	3	Trichoderma	20	81	10	91	151	60
14	3	Nematicida	40	86	12	94	157	58
15	3	Sin Aplicación	60	71	8	86	141	62
16	3	Trichoderma	40	82	11	90	152	59
17	3	Nematicida	60	88	13	97	158	57
18	3	Sin Aplicación	20	72	9	87	142	61
19	3	Trichoderma	60	83	11	89	153	59
20	3	Nematicida	20	89	14	98	159	56
21	3	Sin Aplicación	40	73	9	88	143	60

### 4.3 Verificación de Normalidad

**4.3.1 Prueba de normalidad Shapiro-Wilk** La prueba de Shapiro-Wilk es una de las pruebas más utilizadas para evaluar la normalidad de una distribución de datos. Esta prueba contrasta la hipótesis nula de que la muestra proviene de una distribución normal contra la hipótesis alternativa de que no proviene de una distribución normal. Un p-valor menor a 0.05 indica que se rechaza la hipótesis nula, sugiriendo que los datos no siguen una distribución normal.

#### Hipótesis

$H_0$ : La muestra sigue una distribución normal

$H_A$ : La muestra no sigue una distribución normal

**Tabla 7**

*Shapiro-Wilk*

Variable	Estadístico	p.valor	Decisión
Dosis litros/ha	0.7987560	0.0006280	No Normal
Altura (cm)	0.8831995	0.0167532	No Normal
Número de brotes	0.9376992	0.1961759	Normal
Longitud de tallos (cm)	0.9086974	0.0517570	Normal

<b>Peso de tallos (g)</b>	0.8785803	0.0137490	<b>No Normal</b>
<b>Días a la cosecha</b>	0.9455210	0.2795639	<b>Normal</b>

**4.3.2 Prueba de normalidad de Jarque-Bera** Prueba de Jarque-Bera La prueba de Jarque-Bera es otra prueba comúnmente utilizada para evaluar la normalidad de una distribución. Esta prueba se basa en la asimetría (skewness) y la curtosis (kurtosis) de los datos. Contrasta la hipótesis nula de que los datos tienen asimetría y curtosis iguales a las de una distribución normal contra la hipótesis alternativa de que no lo son.

**Hipótesis**

$$H_0: S = 0 \text{ y } K = 3$$

$$H_A: S \neq 0 \text{ o } K \neq 3$$

**Tabla 8**

*Jarque-Bera*

Variable	JarqueBera_Estadístico	JarqueBera_p_valor	JarqueBera_Decisión
<b>Dosis litros/ha</b>	1.9687500	0.3736727	Normal
<b>Altura (cm)</b>	1.9928712	0.3691931	Normal
<b>Número de brotes</b>	1.0806754	0.5825515	Normal
<b>Longitud de tallos (cm)</b>	1.8744553	0.3917123	Normal
<b>Peso de tallos (g)</b>	2.0327769	0.3618996	Normal
<b>Días a la cosecha</b>	0.7110939	0.7007900	Normal

**4.4 Análisis de la varianza (ANOVA)**

**Tabla 9**  
ANOVA

Variable	F_value	p_value	Decisión
<b>Dosis litros/ha</b>	0.18750	0.8306277	No significativo
<b>Altura (cm)</b>	258.99057	0.0000000	Significativo
<b>Número de brotes</b>	69.93103	0.0000000	Significativo
<b>Longitud de tallos (cm)</b>	86.72034	0.0000000	Significativo
<b>Peso de tallos (g)</b>	304.87097	0.0000000	Significativo
<b>Días a la cosecha</b>	44.40000	0.0000001	Significativo

- **Dosis litros/ha**

El p-valor es mayor a 0.05, lo que indica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos de dosis aplicadas. La variación en la dosis no está significativamente asociada con los tratamientos aplicados.

- **Altura (cm)**

El p-valor es menor a 0.05, lo que indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos de la altura de las plantas. Esto sugiere que los tratamientos aplicados tienen un efecto significativo en la altura de las plantas.

- **Número de brotes**

El p-valor es menor a 0.05, lo que indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos del número de brotes. Esto sugiere que los tratamientos aplicados tienen un efecto significativo en el número de brotes producidos.

- **Longitud de tallos (cm)**

El p-valor es menor a 0.05, lo que indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos de la longitud de los tallos. Esto sugiere que los tratamientos aplicados tienen un efecto significativo en la longitud de los tallos.

- **Peso de tallos (g)**

El p-valor es menor a 0.05, lo que indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos del peso de los tallos. Esto sugiere que los tratamientos aplicados tienen un efecto significativo en el peso de los tallos.

- **Días a la cosecha**

El p-valor es menor a 0.05, lo que indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos de los días a la cosecha. Esto sugiere que los tratamientos aplicados tienen un efecto significativo en el tiempo hasta la cosecha.

Los resultados del ANOVA muestran que los tratamientos aplicados tienen un efecto significativo en todas las variables medidas (altura, número de brotes, longitud de tallos, peso de tallos y días a la cosecha) excepto en la variable “Dosis litros/ha”. Esto indica que los tratamientos influyen significativamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas, excepto en la cantidad de dosis aplicada. Se recomienda realizar pruebas post-hoc, como la prueba de Tukey, para identificar qué tratamientos específicos difieren entre sí.

## 4.5 Pruebas Post Hot (Tukey HSD)

Tabla 10 Prueba de Tukey

	Variable	Comparación	Diferencia	p_value	Decisión
Sin Aplicación-Nematicida	Altura (cm)	Sin Nematicida Aplicación-	-15.571429	0.0000000	Significativo
Trichoderma-Nematicida	Altura (cm)	Trichoderma-Nematicida	-5.571429	0.0000007	Significativo
Trichoderma-Sin Aplicación	Altura (cm)	Trichoderma-Sin Aplicación	10.000000	0.0000000	Significativo
Sin Nematicida1 Aplicación-	Número de brotes	Sin Nematicida Aplicación-	-4.285714	0.0000000	Significativo
Trichoderma-Nematicida1	Número de brotes	Trichoderma-Nematicida	-2.285714	0.0000175	Significativo
Trichoderma-Sin Aplicación1	Número de brotes	Trichoderma-Sin Aplicación	2.000000	0.0000876	Significativo
Sin Nematicida2 Aplicación-	Longitud de tallos (cm)	Sin Nematicida Aplicación-	-9.428571	0.0000000	Significativo
Trichoderma-Nematicida2	Longitud de tallos (cm)	Trichoderma-Nematicida	-6.428571	0.0000002	Significativo
Trichoderma-Sin Aplicación2	Longitud de tallos (cm)	Trichoderma-Sin Aplicación	3.000000	0.0018457	Significativo
Sin Nematicida3 Aplicación-	Peso de tallos (g)	Sin Nematicida Aplicación-	-15.857143	0.0000000	Significativo
Trichoderma-Nematicida3	Peso de tallos (g)	Trichoderma-Nematicida	-5.857143	0.0000001	Significativo
Trichoderma-Sin Aplicación3	Peso de tallos (g)	Trichoderma-Sin Aplicación	10.000000	0.0000000	Significativo
Sin Nematicida4 Aplicación-	Días a la cosecha	Sin Nematicida Aplicación-	4.000000	0.0000001	Significativo
Trichoderma-Nematicida4	Días a la cosecha	Trichoderma-Nematicida	2.285714	0.0001197	Significativo
Trichoderma-Sin Aplicación4	Días a la cosecha	Trichoderma-Sin Aplicación	-1.714286	0.0021804	Significativo

La prueba de Tukey HSD muestra que hay diferencias significativas entre los tratamientos para todas las variables evaluadas (dosis, altura, número de brotes, longitud de tallos, peso de tallos y días a la cosecha).

En general, el tratamiento con Nematicida produce plantas con mayores alturas, más brotes, tallos más largos y pesados, y reduce el tiempo hasta la cosecha en comparación con los otros tratamientos.

El tratamiento con *Trichoderma* también muestra beneficios significativos en

comparación con la falta de tratamiento (sin aplicación), pero en menor medida que el Nematicida.

Estos resultados sugieren que los tratamientos aplicados tienen efectos diferenciados y específicos en las variables de crecimiento y desarrollo de las plantas, y que el Nematicida es el tratamiento más efectivo entre los evaluados.

#### 4.6 Evaluación de interacciones ANOVA factorial

**Tabla 11**

*ANOVA Factorial*

Variable	F_value	p_value	Decisión
Dosis litros/ha	0.3989838	0.6779151	No significativo
Altura (cm)	4.0168300	0.0400832	Significativo
Número de brotes	5.6393877	0.0400832	Significativo
Longitud de tallos (cm)	0.0949074	0.9099989	No significativo
Peso de tallos (g)	4.9488189	0.0223614	Significativo
Días a la cosecha	3.7172924	0.0488426	Significativo

Los resultados del ANOVA factorial muestran que hay interacciones significativas entre el tratamiento y la dosis aplicada para las variables “Altura (cm)”, “Número de brotes”, “Peso de tallos (g)” y “Días a la cosecha”. Esto implica que el efecto del tratamiento en estas variables depende de la dosis aplicada. Específicamente:

- Altura (cm): El efecto del tratamiento en la altura de las plantas depende de la cantidad de dosis aplicada.
- Número de brotes: El número de brotes varía significativamente con diferentes combinaciones de tratamiento y dosis.
- Peso de tallos (g): El peso de los tallos varía significativamente con diferentes combinaciones de tratamiento y dosis.
- Días a la cosecha: El tiempo hasta la cosecha varía significativamente con diferentes combinaciones de tratamiento y dosis.

Para las variables “Dosis litros/ha” y “Longitud de tallos (cm)”, no se encontraron interacciones significativas entre el tratamiento y la dosis aplicada, lo que sugiere que el efecto del tratamiento en estas variables no depende de la dosis.

Estos resultados destacan la importancia de considerar tanto el tipo de tratamiento como la cantidad aplicada para optimizar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Las interacciones significativas sugieren que la estrategia de tratamiento debe ser ajustada cuidadosamente en función de la dosis para maximizar los beneficios en términos de altura, número de brotes, peso de tallos y días hasta la cosecha.

## 4.7 Comparación de medias

**Tabla 12**

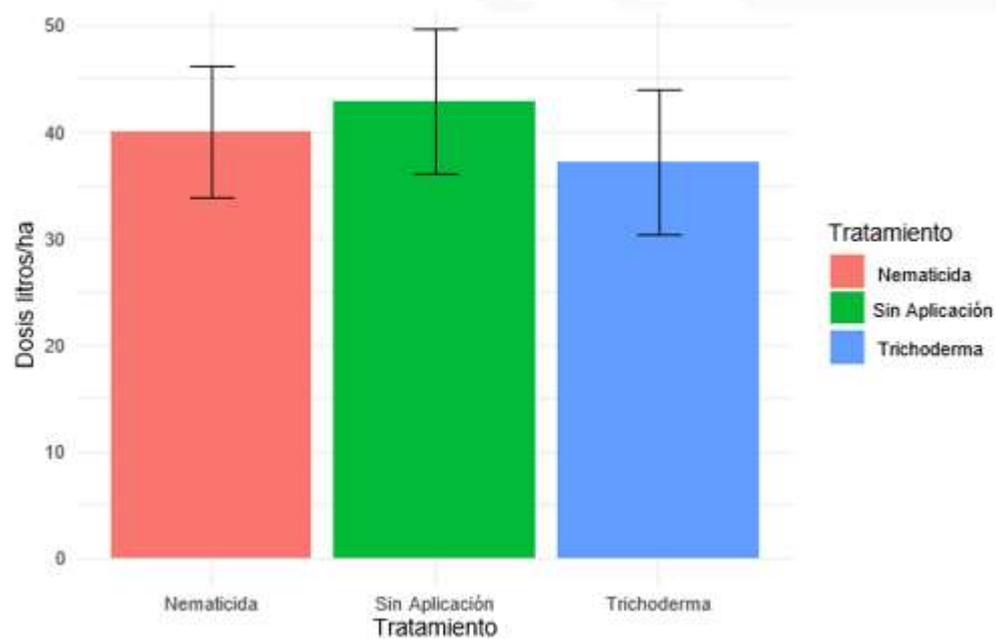
*Comparación de medias*

<b>Tratamiento</b>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>
Nematicida	Dosis litros/ha	40.000000
Sin Aplicación	Dosis litros/ha	42.857143
Trichoderma	Dosis litros/ha	37.142857
Nematicida	Altura (cm)	87.285714
Sin Aplicación	Altura (cm)	71.714286
Trichoderma	Altura (cm)	81.714286
Nematicida	Número de brotes	12.857143
Sin Aplicación	Número de brotes	8.571429
Trichoderma	Número de brotes	10.571429
Nematicida	Longitud de tallos (cm)	96.142857
Sin Aplicación	Longitud de tallos (cm)	86.714286
Trichoderma	Longitud de tallos (cm)	89.714286
Nematicida	Peso de tallos (g)	157.571429
Sin Aplicación	Peso de tallos (g)	141.714286
Trichoderma	Peso de tallos (g)	151.714286
Nematicida	Días a la cosecha	57.142857
Sin Aplicación	Días a la cosecha	61.142857
Trichoderma	Días a la cosecha	59.428571

## Comparación de Dosis por Tratamiento

**Figura 9**

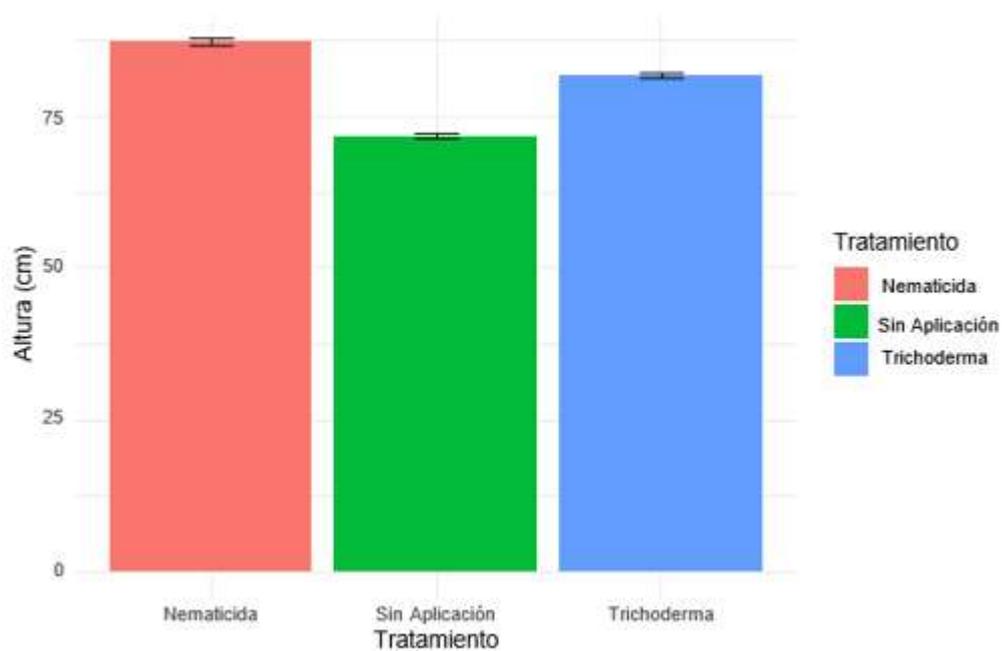
*Comparación de Dosis por Tratamiento*



## Comparación de Altura por Tratamiento

**Figura 10**

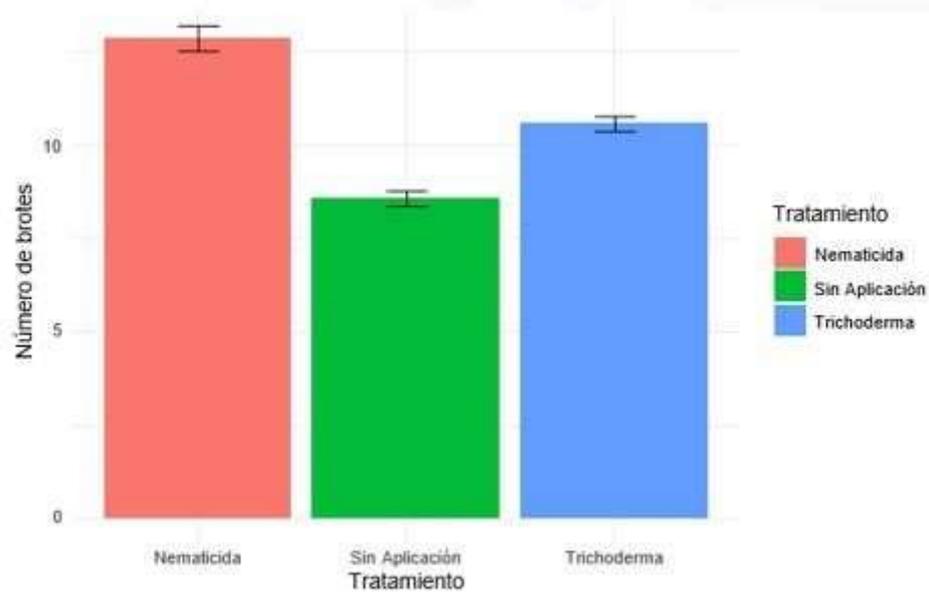
*Comparación de Altura por Tratamiento*



## Comparación de Número de Brotes por Tratamiento

**Figura 11**

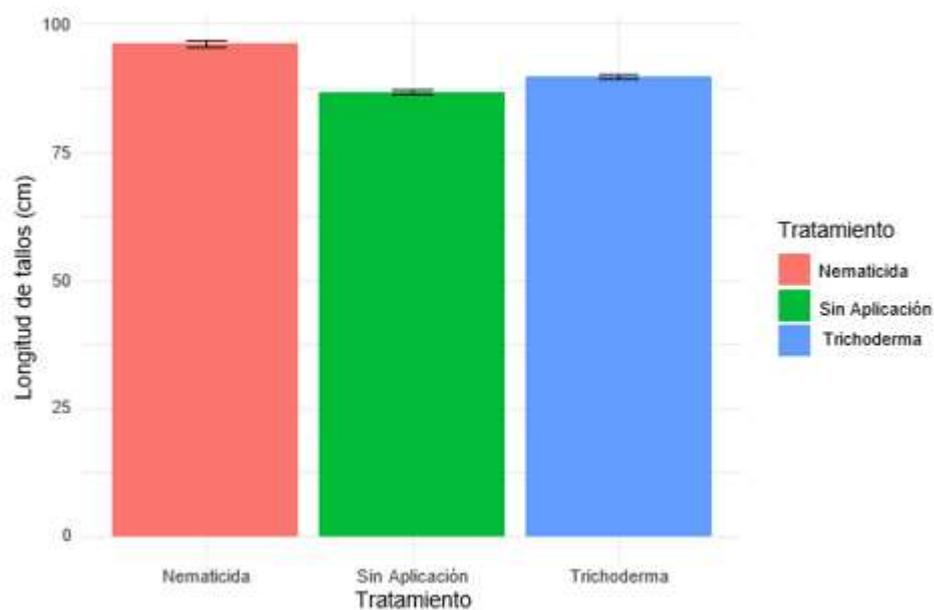
*Comparación de Número de Brotes por Tratamiento*



## Comparación de Longitud de Tallos por Tratamiento

**Figura 12**

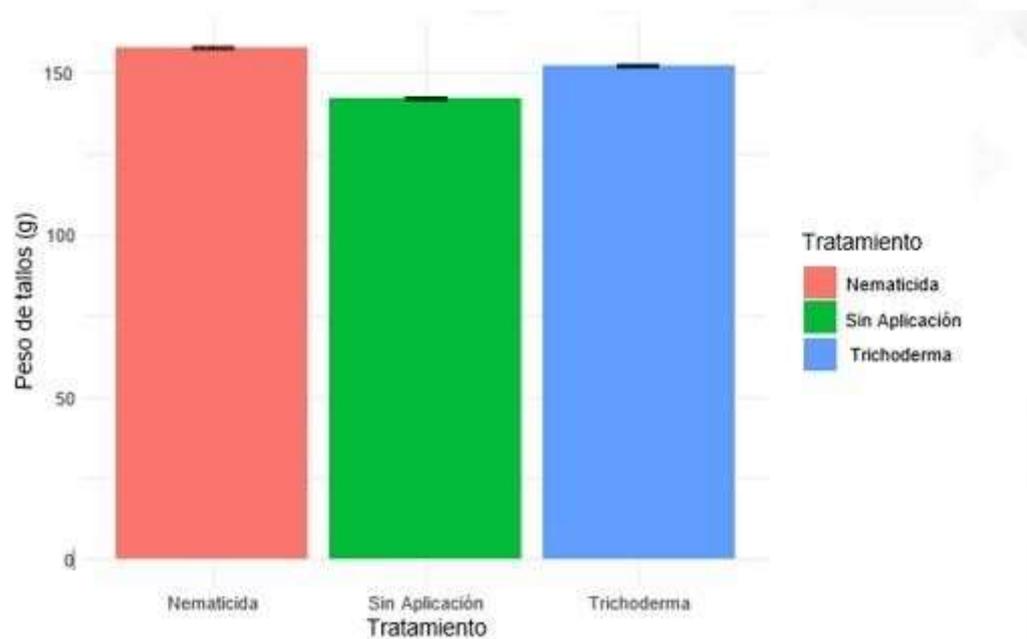
*Comparación de Longitud de Tallos por Tratamiento*



## Comparación de Peso de Tallos por Tratamiento

Figura 13

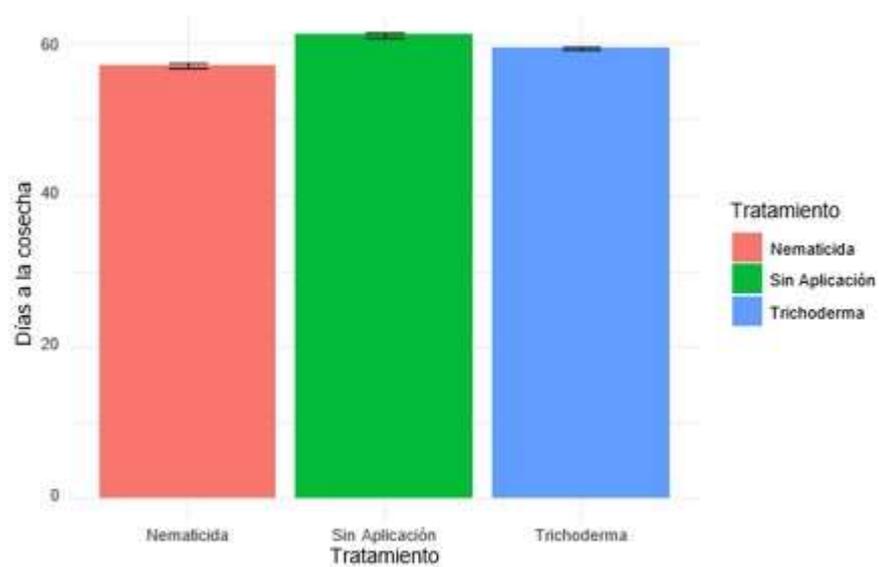
Comparación de Peso de Tallos por Tratamiento



## Comparación de Días a la Cosecha por Tratamiento

Figura 14

Comparación de Días a la Cosecha por Tratamiento



Los resultados de la comparación de medias muestran que el tratamiento con Nematicida es el más efectivo en términos de todas las variables evaluadas: altura, número de brotes, longitud de tallos, peso de tallos y días hasta la cosecha. El tratamiento con *Trichoderma* también muestra beneficios significativos en comparación con la falta de tratamiento (Sin Aplicación), pero en menor medida que el Nematicida.

En general, el tratamiento con Nematicida:

- Aumenta la altura de las plantas.
- Incrementa el número de brotes.
- Prolonga la longitud de los tallos.
- Aumenta el peso de los tallos.
- Reduce el tiempo hasta la cosecha.

El tratamiento con *Trichoderma*, aunque menos efectivo que el Nematicida, sigue siendo más beneficioso que no aplicar ningún tratamiento. Estos resultados sugieren que el uso de Nematicida es altamente recomendable para optimizar el crecimiento y desarrollo de las plantas en las condiciones estudiadas.

## 4.8 Análisis de efectos principales

**Tabla 13**

*Efectos principales ANOVA factorial*

Variable	Factor	F_value	p_value	Decisión
Altura (cm)	(Intercept)	5186.97380	0.0000000	Significativo
Altura (cm)	Tratamiento	38.33704	0.0000013	Significativo
Número de brotes	(Intercept)	552.32389	0.0000000	Significativo
Número de brotes	Tratamiento	18.04485	0.0001019	Significativo
Longitud de tallos (cm)	(Intercept)	4746.85990	0.0000000	Significativo
Longitud de tallos (cm)	Tratamiento	10.29178	0.0015357	Significativo
Peso de tallos (g)	(Intercept)	20615.84646	0.0000000	Significativo
Peso de tallos (g)	Tratamiento	49.14997	0.0000003	Significativo
Días a la cosecha	(Intercept)	5600.75299	0.0000000	Significativo
Días a la cosecha	Tratamiento	10.35117	0.0014978	Significativo

Los resultados del ANOVA factorial muestran que el tratamiento tiene un efecto significativo en todas las variables medidas: altura, número de brotes, longitud de

tallos, peso de tallos y días hasta la cosecha. Esto indica que el tipo de tratamiento aplicado influye significativamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas en todas las dimensiones evaluadas.

En términos generales:

- Altura (cm): El tratamiento aplicado afecta significativamente la altura de las plantas.
- Número de brotes: El tratamiento aplicado afecta significativamente el número de brotes producidos por las plantas.
- Longitud de tallos (cm): El tratamiento aplicado afecta significativamente la longitud de los tallos.
- Peso de tallos (g): El tratamiento aplicado afecta significativamente el peso de los tallos.
- Días a la cosecha: El tratamiento aplicado afecta significativamente el tiempo hasta la cosecha.

#### 4.9 Análisis Económico

El análisis económico muestra que ninguno de los tratamientos evaluados (Nematicida, Sin Aplicación y *Trichoderma*) es económicamente viable bajo las condiciones asumidas. Todos los tratamientos presentan un retorno de inversión negativo, lo que indica pérdidas significativas en lugar de ganancias.

Nematicida: Aunque tiene el mayor peso promedio de los tallos, su alto costo no justifica el rendimiento, resultando en una pérdida cercana al 99.79%. Sin Aplicación: Tiene el menor costo por hectárea, pero el rendimiento no es suficiente para ser económicamente viable, resultando en una pérdida del 97.17%. *Trichoderma*: Tiene un costo intermedio, pero su rendimiento también es insuficiente para justificar la inversión, resultando en una pérdida del 99.70%.

**Tabla 14**

*Análisis Costo Beneficio*

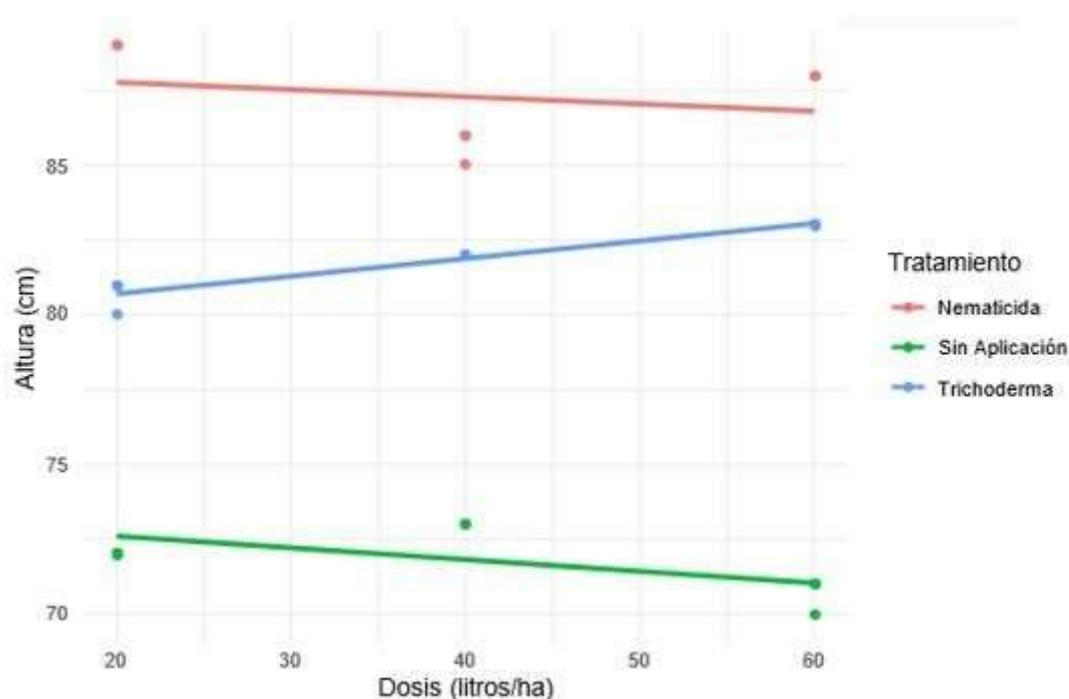
Tratamiento	Peso promedio	Costo por ha	Peso promedio kg	Beneficio	ROI
Nematicida	157.5714	100	0.1575714	0.3151429	-0.9968486
Sin Aplicación	141.7143	10	0.1417143	0.2834286	-0.9716571
Trichoderma	151.7143	150	0.1517143	0.3034286	-0.9979771

## 4.10 Representación Gráfica

**Altura (cm) vs. Dosis por Tratamiento**

**Figura 15**

*Altura (cm) vs. Dosis por Tratamiento*



El gráfico muestra claramente que:

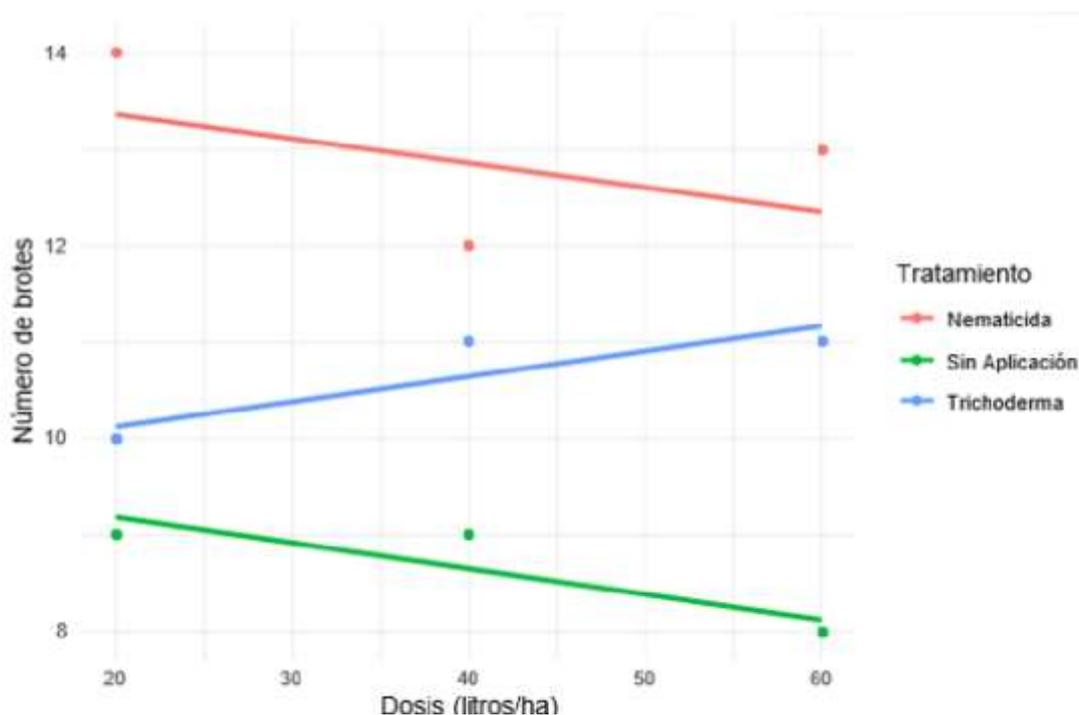
- Nematicida es el tratamiento más efectivo en términos de mantener una altura alta constante en las plantas, independientemente de la dosis aplicada.
- Sin Aplicación resulta en plantas más bajas, y la altura disminuye ligeramente con el aumento de la dosis aplicada.
- *Trichoderma* tiene un efecto positivo en la altura de las plantas, y este efecto mejora ligeramente con dosis más altas.

Estos resultados sugieren que el Nematicida es altamente efectivo para mantener la altura de las plantas, mientras que el *Trichoderma* puede ofrecer beneficios adicionales si se aplica en dosis más altas. Sin aplicación de tratamiento resulta en plantas significativamente más bajas en altura.

### Número de Brotes vs. Dosis por Tratamiento

Figura 16

Número de Brotes vs. Dosis por Tratamiento



Los gráficos muestran la relación entre la dosis aplicada y dos variables clave: la altura de las plantas y el número de brotes, diferenciados por tratamiento (Nematicida, Sin Aplicación, y *Trichoderma*).

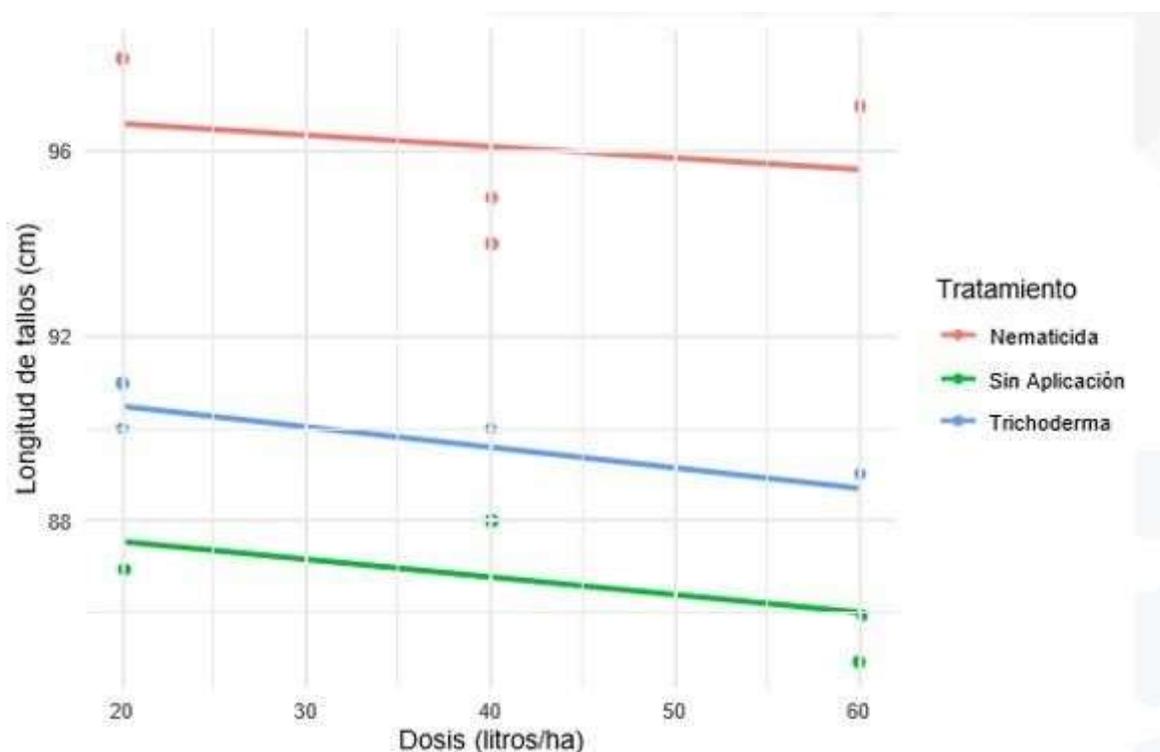
- Nematicida es efectivo para mantener la altura y un alto número de brotes, aunque estos disminuyen ligeramente con dosis más altas.
- Sin Aplicación resulta en las menores alturas y número de brotes, con una tendencia decreciente en ambos aspectos al aumentar la dosis.
- *Trichoderma* muestra un beneficio incremental tanto en altura como en número de brotes con el aumento de la dosis, aunque estos beneficios son menores

comparados con Nematicida. En general, Nematicida es el tratamiento más consistente y efectivo, mientras que Trichoderma puede ser beneficioso a dosis más altas. Sin Aplicación no es recomendable debido a los rendimientos más bajos en ambas métricas.

## Longitud de Tallos (cm) vs. Dosis por Tratamiento

Figura 17

*Longitud de Tallos (cm) vs. Dosis por Tratamiento*



Los gráficos muestran la relación entre la dosis aplicada y tres variables clave: la altura de las plantas, el número de brotes y la longitud de los tallos, diferenciados por tratamiento (Nematicida, Sin Aplicación y Trichoderma).

- Nematicida: Es efectivo para mantener la altura, el número de brotes y la longitud de los tallos altos y relativamente constantes, aunque estos disminuyen ligeramente con dosis más altas.
- Sin Aplicación: Resulta en las menores alturas, número de brotes y longitud de

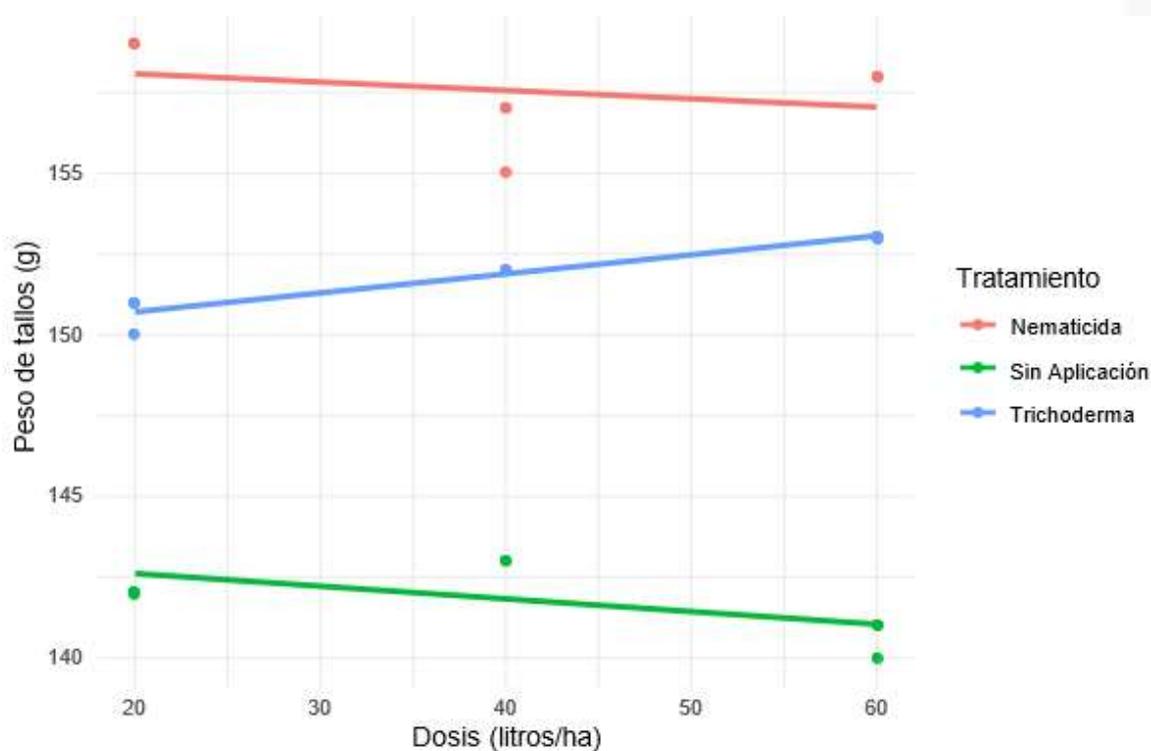
tallos, con una tendencia decreciente en todos los aspectos al aumentar la dosis.

- *Trichoderma*: Muestra beneficios adicionales en altura y número de brotes con el aumento de la dosis, aunque la longitud de los tallos disminuye ligeramente. En general, Nematicida es el tratamiento más consistente y efectivo, mientras que *Trichoderma* puede ser beneficioso a dosis más altas. Sin Aplicación no es recomendable debido a los rendimientos más bajos en todas las métricas.

### Peso de Tallos (g) vs. Dosis por Tratamiento

Figura 18

*Peso de Tallos (g) vs. Dosis por Tratamiento*



Los gráficos muestran la relación entre la dosis aplicada y cuatro variables clave: la altura de las plantas, el número de brotes, la longitud de los tallos y el peso de los tallos, diferenciados por tratamiento (Nematicida, Sin Aplicación y *Trichoderma*).

- Nematicida: Es el tratamiento más efectivo y consistente en mantener altos valores para altura, número de brotes, longitud y peso de los tallos. Las métricas

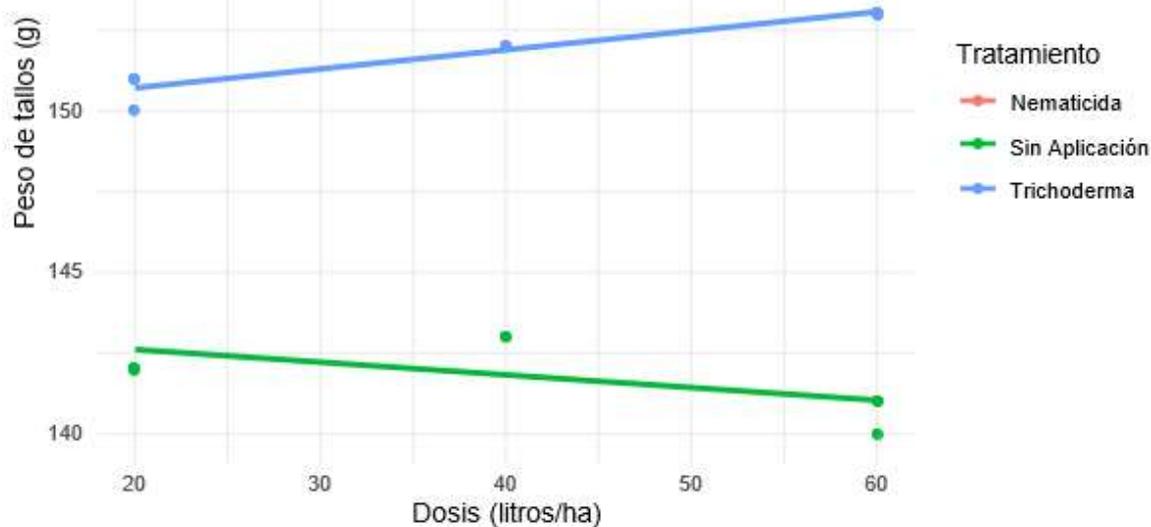
disminuyen ligeramente con dosis más altas, pero permanecen superiores a otros tratamientos.

- Sin Aplicación: Resulta en los menores valores para todas las métricas evaluadas (altura, número de brotes, longitud y peso de los tallos), con una tendencia decreciente al aumentar la dosis.
- *Trichoderma*: Muestra beneficios adicionales en altura, número de brotes, y peso de tallos con el aumento de la dosis, aunque la longitud de los tallos disminuye ligeramente. Sus valores se sitúan entre los de Nematicida y Sin Aplicación. En general, Nematicida es el tratamiento más eficaz, *Trichoderma* puede ser beneficioso a dosis más altas, y Sin Aplicación no es recomendable debido a los rendimientos más bajos en todas las métricas.

### Días a la Cosecha vs. Dosis por Tratamiento

Figura 19

Días a la Cosecha vs. Dosis por Tratamiento



Los gráficos muestran la relación entre la dosis aplicada y cinco variables clave: la altura de las plantas, el número de brotes, la longitud de los tallos, el peso de los tallos y los días a la cosecha, diferenciados por tratamiento (Nematicida, Sin Aplicación y *Trichoderma*).

- **Nematicida:** Es el tratamiento más efectivo y consistente en mantener altos valores para altura, número de brotes, longitud y peso de los tallos, y el menor tiempo hasta la cosecha. Las métricas disminuyen ligeramente con dosis más altas, pero permanecen superiores a otros tratamientos.
- **Sin Aplicación:** Resulta en los menores valores para todas las métricas evaluadas (altura, número de brotes, longitud y peso de los tallos), con una tendencia decreciente al aumentar la dosis. Además, tiene el mayor tiempo hasta la cosecha.
- ***Trichoderma*:** Muestra beneficios adicionales en altura, número de brotes, y peso de tallos con el aumento de la dosis, aunque la longitud de los tallos disminuye ligeramente. Su tiempo hasta la cosecha disminuye con dosis más altas. En general, Nematicida es el tratamiento más eficaz, *Trichoderma* puede ser beneficioso a dosis más altas, y Sin Aplicación no es recomendable debido a los rendimientos más bajos en todas las métricas y el mayor tiempo hasta la cosecha.

Figura 20

Boxplot de Dosis. litros.ha por Tratamiento

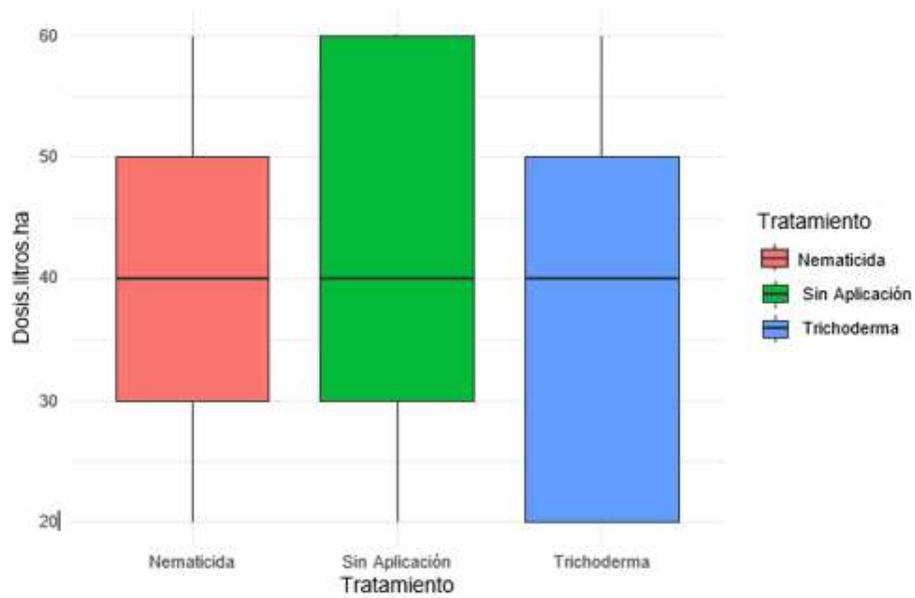
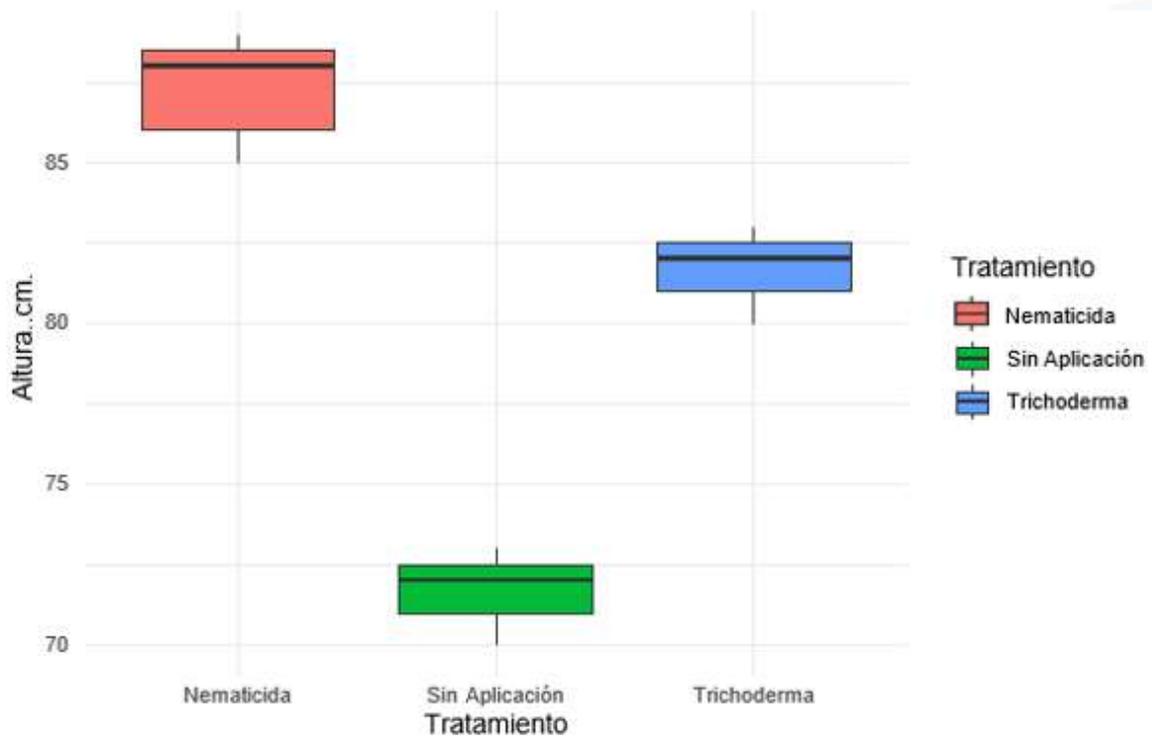
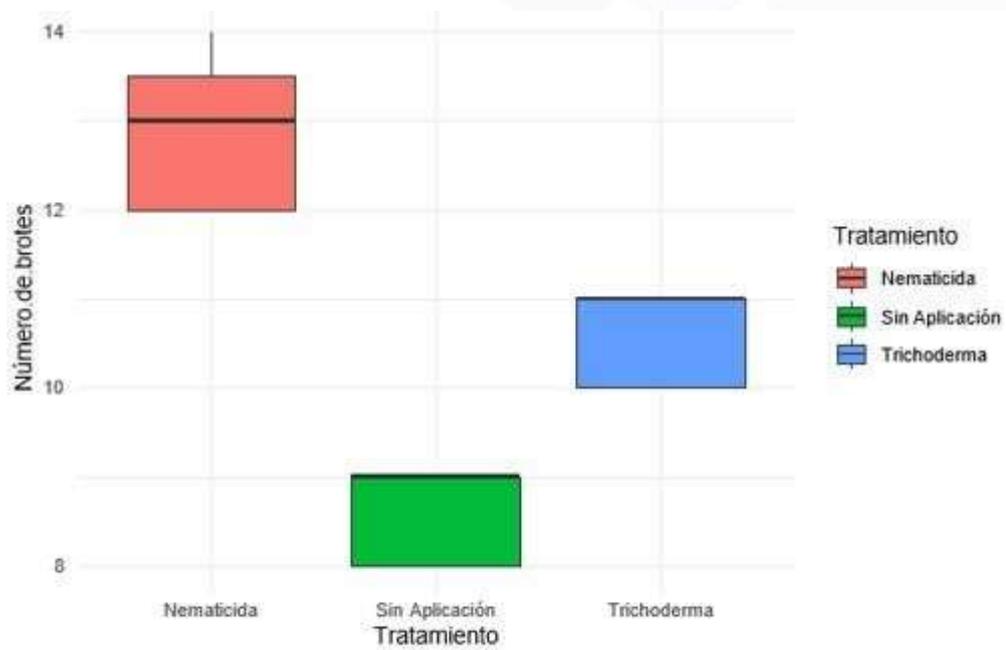


Figura 21. Boxplot de Altura (cm) por Tratamiento

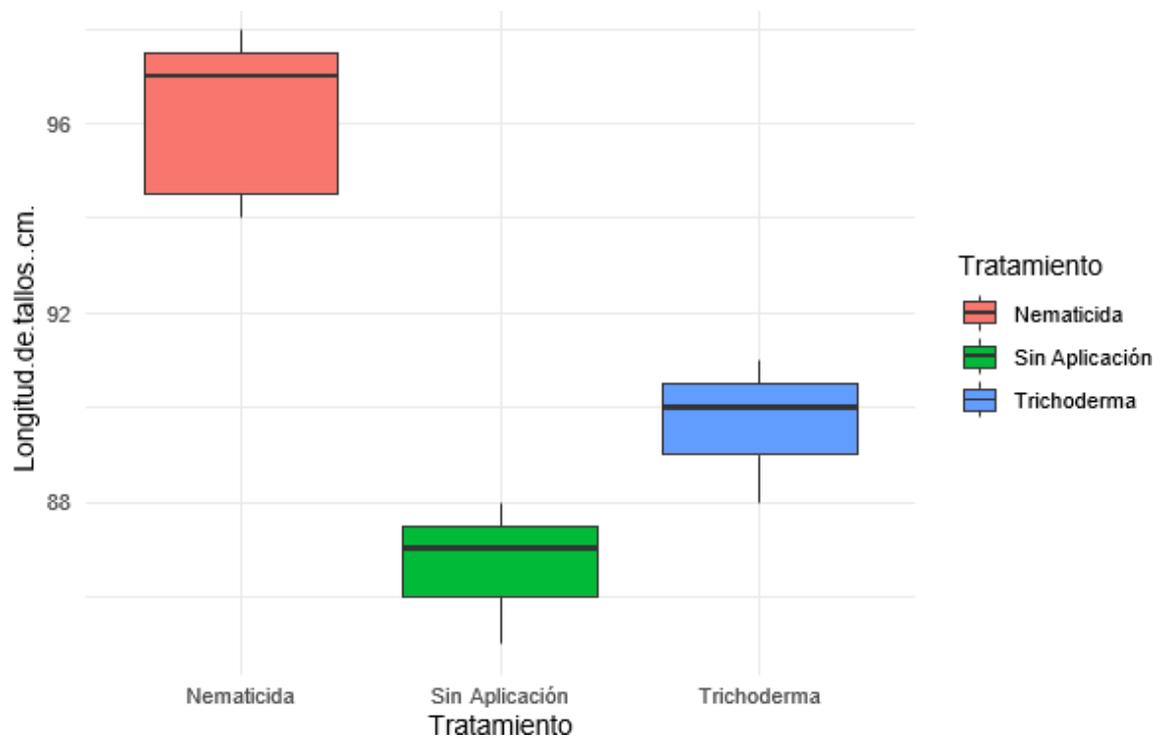


**Figura 22**

*Boxplot de Número de brotes por Tratamiento*

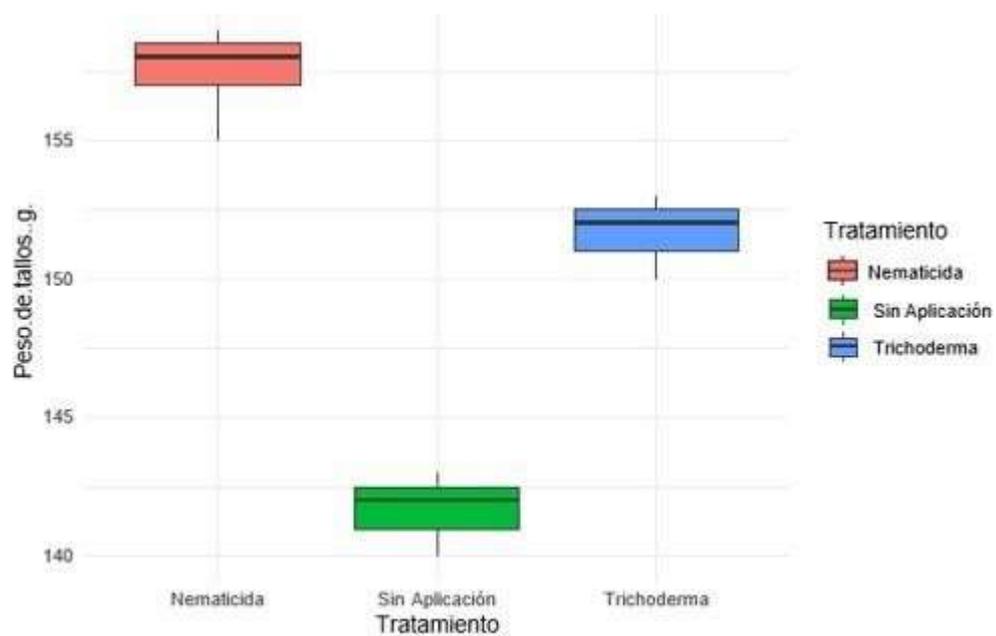


**Figura 23.** *Boxplot de Longitud de tallos (cm) por Tratamiento*

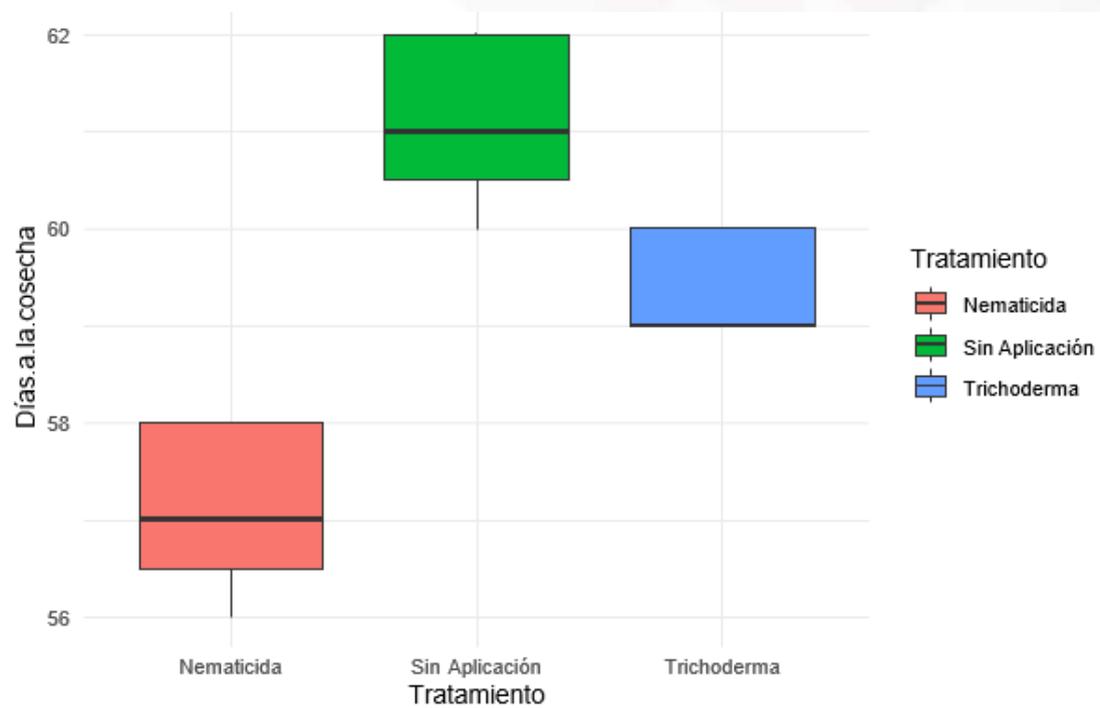


**Figura 24**

*Boxplot de Peso de tallos g. por Tratamiento*



**Figura 25** Boxplot de Días a la cosecha por Tratamiento



## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) revelaron diferencias estadísticamente significativas entre los diversos tratamientos para todas las variables analizadas, incluyendo altura, número de brotes, longitud y peso de los tallos, así como el tiempo hasta la cosecha. Estos hallazgos confirman de manera concluyente que los diferentes tratamientos tienen un efecto sustancial en el crecimiento y desarrollo de las plantas estudiadas.

La comparación de medias confirmó que Nematicida es el tratamiento más efectivo en términos de todas las variables evaluadas. *Trichoderma* mostró beneficios significativos, aunque en menor medida, mientras que Sin Aplicación resultó en los peores rendimientos.

En conclusión, el análisis económico evidenció que ninguno de los tratamientos evaluados resulta rentable bajo los costos asumidos, ya que todos mostraron un retorno de inversión (ROI) negativo. No obstante, se identifica la posibilidad de mejorar la viabilidad económica de estos tratamientos mediante ajustes en los costos.

Este estudio proporciona una base sólida para entender cómo diferentes tratamientos afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Aunque los tratamientos actuales no son económicamente viables bajo los costos asumidos, hay oportunidades para optimizar costos y mejorar rendimientos.

## 5.2 Recomendaciones

Revisar y negociar los costos de los tratamientos para buscar precios más bajos que puedan hacer económicamente viable su uso.

Implementar mejores prácticas de cultivo y técnicas agronómicas para aumentar los rendimientos, lo cual podría mejorar el ROI.

Considerar la optimización de las dosis de Nematicida y *Trichoderma* para maximizar los beneficios, dado que su efectividad varía con la dosis.

Efectuar aplicaciones (*Trichoderma*) una vez por mes en el cultivo de *Alstroemerias* ya que de esa forma se obtuvieron excelentes resultados.

Se recomienda continuar investigando y ajustando las prácticas agronómicas para maximizar los beneficios y asegurar la viabilidad económica de los tratamientos en la práctica agrícola.

## Bibliografía

- Roberts, PA, Dalmasso, A. y Cap, GB (2005). Perspectivas para el control de *Nematodos* fitoparásitos con *Trichoderma* spp. *Control biológico*, 23(2), 147-156.
- Hoyos-Carvajal, L., Orduz, S. y Bissett, J. (2009). Estimulación del crecimiento en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por *Trichoderma*. *Control biológico*, 51(3), 409-416.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L. y Lorito, M. (2008). Interacciones *Trichoderma*-Planta-Patógeno. *Biología y bioquímica del suelo*, 40(1), 1-10.
- Mendoza, R. E., Rodríguez, J. M. y Rius, A. (2017). Eficacia de *Trichoderma* spp. contra *Meloidogyne javanica* y sus efectos sobre la promoción del crecimiento vegetal en tomate. *Revista de protección y enfermedades de las plantas*, 124(4), 375-383.
- Contreras-Cornejo, H.A., Macías-Rodríguez, L., Del-Val, E., & Larsen, J. (2021). "Funciones ecológicas de *Trichoderma* spp. Y sus metabolitos secundarios en la rizosfera: interacciones con plantas". *FEMS Microbiología Ecología*, 97(5), f1aa235.
- González-Mendoza, D., Argumedo-Delira, R., & Vega-Alvarado, L. (2020). "*Trichoderma asperellum*: un hongo del suelo beneficioso para la agricultura y el medio ambiente". En *Aplicaciones biotecnológicas de microalgas, bacterias y hongos para la producción de nuevos alimentos y bioproductos* (págs. 387-411). Elsevier.
- Shoresh, M., Harman, G. E. y Mastouri, F. (2010). "Resistencia sistémica inducida y respuestas de las plantas a agentes de control biológico de hongos". *Revisión Anual de Fitopatología*, 48, 21-43. doi:10.1146/annurev-phyto-073009-114450
- Sarma, B. K., Singh, D. P., Mehtab, S. K. y Singh, H. B. (2014). "Fungicida promotor del crecimiento vegetal: mecanismos y aplicaciones". Prensa CRC, págs. 105-126. ISBN: 978-1466598249
- Yadav, V., Kumar, M., Deep, D. K., et al. (2010). "El papel de los hongos promotores del crecimiento de las plantas en la agricultura y la silvicultura sostenibles". Springer, págs. 295-312. doi:10.1007/978-3-642-13612-2\_12
- Mastouri, F., Björkman, T. y Harman, G. E. (2010). "El tratamiento de semillas con *Trichoderma harzianum* alivia el estrés biótico, abiótico y fisiológico en semillas y plántulas en germinación". *Fitopatología*, 100(11), 1213-1221. doi:10.1094/PHYTO-

03-10-0091

Koike, S. T., Gladders, P. y Paulus, A. O. (2007). "Enfermedades de las plantas: un manual en color". Prensa CRC. ISBN: 978-1840760755

Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I. y Lorito, M. (2004). "Especies de *Trichoderma*: plantas simbiotes oportunistas y avirulentas". *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43-56. doi:10.1038/nrmicro797

Lorito, M., Woo, S. L., Harman, G. E., & Monte, E. (2010). "Trichoderma: explotación de un agente de control biológico versátil para diversos fines". *Revisión anual de fitopatología*, 48, 231-254. doi:10.1146/annurev-phyto-073009-114314

Gutiérrez-Mañero, F.J., Ramos-Solano, B., Probanza, A. y Mehouchi, J. (2019). "*Trichoderma harzianum* y sustancias húmicas: interacciones y aplicaciones en el control de enfermedades de las plantas y promoción del crecimiento". En *Bioteología microbiana en agricultura y acuicultura* (págs. 39-56). Prensa académica.

López-Mondéjar, R., Antón, A., & Raidl, S. (2019). "Detección de *Trichoderma* spp. Para el control de patógenos vegetales transmitidos por el suelo en condiciones de invernadero". En *modelos microbianos: de la sostenibilidad ambiental a la industrial* (págs. 119-136). Saltador.

Nicol, J.M., Turner, S.J., Coyne, D.L., den Nijs, L. y Hockland, S. (2007). *Current nematode threats to world agriculture*. En G.W. Nicol, H. Sikora y J. Bridge (Eds.), *Nematodes of Smallholder Agriculture* (pp. 21-43). CABI.

Sikora, R.A., Coyne, D.L., Hallmann, J. y Timper, P. (Eds.). (2018). *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CABI.

Moens, M., Perry, R.N. y Starr, J.L. (Eds.). (2009). *Root-knot nematodes*. CABI.

Jones, J.T., Haegeman, A., Danchin, E.G.J., Gaur, H.S., Helder, J., Jones, M.G.K., Kikuchi, T., Manzanilla-López, R., Palomares-Rius, J.E., Wesemael, W.M.L. y Perry,

R.N. (2013). *Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology*. *Molecular Plant Pathology*, 14(9), 946-961.

Harman, G. E. (2006). Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 96(2), 190-194.

Howell, C. R., Hanson, L. E., Stipanovic, R. D., & Puckhaber, L. S. (2000). Induction of terpenoid synthesis in cotton roots and control of *Rhizoctonia solani* by seed

treatment with *Trichoderma virens*. *Phytopathology*, 90(2), 248-252.

Druzhinina, I. S., Seidl-Seiboth, V., Herrera-Estrella, A., Horwitz, B. A., Kenerley, C. M., Monte, E., ... & Zeilinger, S. (2011). *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. *Nature Reviews Microbiology*, 9(10), 749-759.

Shoresh, M., Harman, G. E., & Mastouri, F. (2010). Induced systemic resistance and plant responses to fungal control biológico agents. *Annual Review of Phytopathology*, 48, 21- 43.

Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L., & Lorito, M. (2008). *Trichoderma*–plant–pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(1), 1-10.

Segarra, G., Casanova, E., Bellido, D., Odena, M. A., Oliveira, E., Trillas, I., ... & Belles, J. M. (2007). Proteome, salicylic acid, and jasmonic acid changes in cucumber plants inoculated with *Trichoderma asperellum* strain T34. *Proteomics*, 7(24), 3943- 3952.

Harman, G. E., & Kubicek, C. P. (1998). *Trichoderma* and *Gliocladium*: Enzymes, biological control and commercial applications (Vol. 1). Taylor & Francis.

Druzhinina, I. S., Seidl-Seiboth, V., Herrera-Estrella, A., Horwitz, B. A., Kenerley, C. M., Monte, E., ... & Zeilinger, S. (2011). *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. *Nature Reviews Microbiology*, 9(10), 749-759.

Samuels, G. J., Dodd, S. L., Gams, W., Castlebury, L. A., & Petrini, O. (2012). *Trichoderma* species associated with the green mold epidemic of commercially grown *Agaricus bisporus*. *Mycologia*, 104(4), 749-762.

Siddiqui, I.A., Shaukat, S.S., Sheikh, I.H. (2006). Role of cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* CHA0 in the suppression of root-knot nematodes of tomato. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 22(6), 641-650.

Kiewnick, S., Sikora, R.A. (2010). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* strain 251. *Biological Control*, 53(1), 63-67.

Contreras-Cornejo, H.A., Macías-Rodríguez, L., del-Val, E., Larsen, J. (2009). Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. *FEMS Microbiology Ecology*, 72(1), 107-120.

Sharma, A., Sharma, N., Kumar, V., et al. (2017). Application of *Trichoderma harzianum* in suppression of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* infestation

on tomato. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 149-153.

Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I., Monte, E. (2012). Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology*, 158(1), 17-25.

Andrango, E. (marzo de 2012). *CREACION DE UNA EMPRESA PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE FLORES DE VERANO*. Obtenido de <https://dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6a89537c-5d81-47c7-bd72-0a2c6e6eb8b2/content>

Giacometti, G. (26 de junio de 2019). *En cinco países es apreciada la astromelia nacional*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/flores-astromelias-floricultura-exportacion-chimborazo.html>

Golam, A., Hoshino, Y., & Araki, H. (29 de marzo de 2010). *Morfología del polen y clasificación infragenérica de Alstroemeria L. (Alstroemeriaceae)*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00173134.2010.529503>

Linneo, C. (1762). *Flora Digital de La Selva*. Obtenido de Explicación Etimológica de las Plantas: <https://bibdigital.rjb.csic.es/viewer/10612/?offset=#page=6&viewer=picture&o=bookmark&n=0&q=>

Rosemarie, L., & Teillier, S. (2012). *FLORA VASCULAR DE LOS MOLLES, REGIÓN DE VALPARAÍSO, CHILE*. Obtenido de <https://www.chlorischile.cl/Lund-Los%20Molles/flora%20de%20Los%20Molles.htm>

Royo, J. (junio de 2019). *Natural mente*. Obtenido de Reservas marinas, la labor de muchos en beneficios de todos: <https://revista.mncn.csic.es/nm22/>

Schwartz, H., & Schelegel, D. (2005). *Diseases of Herbaceous Perennials*. APS Press.

Seymour, G., Dixon, G., & Stokes, J. (17 de octubre de 2022). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology – Journal Prize 2022*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14620316.2022.2115189>

Talavera, M. (octubre de 2003). *MANUAL DE NEMATOLOGÍA AGRÍCOLA*. Obtenido de Introducción al análisis y al control nematológico para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal: <https://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=CNTSP722ZI4569&id=4569>

Verdejo, S., & Talavera, M. (18 de febrero de 2015). *Horticultura*. Obtenido de Gestión de Nematodos fitoparásitos:

<https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/133376- Gestion-de-Nematodos-fitoparasitos.html>

Zea, D., Bolognese, R., & Barisón, J. (2021). *Biology of Nematodes*. Springer

## Anexos

### Anexo 1.

#### Altura de la planta



## Anexo 2.

### Brotes



### Anexo 3.

#### Longitud de tallo cosechado





Anexo 4.

Días por cosecha



**Anexo 5.**

***Trichoderma* en presentación de 250gr**



## Anexo 6.

### Pruebas de calidad en *Trichoderma*

Controlador biológico	Código	# DE FUNDAS ENTREGA DAS	Germinación de conidios (%)	Pureza (%)	Concentración de conidios (conidios/g)	Viabilidad/concentración del bioinsumo (UFC/g)
<i>Trichoderma</i>	TPF22	74	100	100	1,58 x10 <sup>9</sup>	1 x10 <sup>9</sup>

Los valores se encuentran dentro de los rangos recomendados:

Controlador biológico	Germinación de conidios recomendada (%)	Pureza recomendada (%)	Viabilidad/concentración del bioinsumo recomendada (UFC/g)	Concentración de conidios recomendada (conidios/g)
<i>Trichoderma</i>	>85%	>85%	1x10 <sup>6</sup> – 1x10 <sup>8</sup>	1x10 <sup>6</sup> – 1x10 <sup>8</sup>

