



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

“EVALUACIÓN DE *Trichoderma harzianum* (Rifai) EN EL CONTROL DE *Botrytis cinerea* P. EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum* Raf. Shinners), TUMBABIRO, URCUQUI”

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR/A:

Cifuentes López Bryan Harley

DIRECTOR/A:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD

Ibarra, enero 2023

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

“EVALUACIÓN DE *Trichoderma harzianum* (Rifai) EN EL CONTROL DE
***Botrytis cinerea* P. EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum* Raf. Shinnery),**
TUMBABIRO, URCUQUI”

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

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD

DIRECTOR



FIRMA

Ing. Lucía del Rocío Vásquez Hernández, PhD

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Jefferson Vladimir Andrade Villareal MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	1726411984	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Cifuentes López Bryan Harley	
DIRECCIÓN:		El Olivo	
EMAIL:		bhcifuentesl@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0982045877
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:		EVALUACIÓN DE <i>Trichoderma harzianum</i> (Rifai) EN EL CONTROL DE <i>Botrytis cinerea</i> P. EN LISIANTHUS (<i>Eustoma grandiflorum</i> Raf. Shinnors), TUMBABIRO, URCUQUI	
AUTOR (ES):		Cifuentes López Bryan Harley	
FECHA: DD/MM/AAAA		21/01/2023	
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/>	PREGRADO	<input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:		Ingeniería Agropecuaria	
ASESOR /DIRECTOR:		Ing. Julia Karina Prado Beltran PhD	

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 21 días del mes de enero de 2023

EL AUTOR:



 Bryan Harley Cifuentes López

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Cifuentes López Bryan Harley, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 21 días del mes de enero de 2023



Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 21 días del mes de enero de 2023

Bryan Harley Cifuentes López: "EVALUACIÓN DE *Trichoderma harzianum* (Rifai) EN EL CONTROL DE *Botrytis cinerea* P. EN LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum* Raf. Shinners), TUMBABIRO, URCUQUI" /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 21 días del mes de enero de 2023. 60 páginas.

DIRECTOR (A): Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD

El objetivo principal de la presente investigación fue: evaluar *Trichoderma harzianum* (Rifai) en el control de *Botrytis cinerea* P. en Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Raf. Shinners), Tumbabiro, Urcuquí. Entre los objetivos específicos se encuentran: determinar la incidencia y severidad de *Botrytis cinerea* sobre el cultivo de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) con la aplicación de *T. harzianum*, comparar la productividad de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Raf. Shinners) con manejo convencional y agentes de control biológico, analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.



.....

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD

Directora de Trabajo de Grado



.....

Cifuentes López Bryan Harley

Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis padres por brindarme su apoyo incondicional en el transcurso de mi vida y preparación académica, gracias por confiar en mí y guiarme por el camino del bien y así poder cumplir con este objetivo muy importante en mi vida.

A mi directora de tesis, Ing. Julia Prado PhD quien me brindó el apoyo necesario durante el proceso de elaboración y redacción de este proyecto de investigación, juntamente con al Ing. Lucía Vásquez PhD. Y el Ing. Jefferson Andrade MSc. quienes me guiaron y asesoraron de la mejor manera hasta la culminación mis objetivos académicos.

A la Universidad Técnica del Norte, la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, especialmente a mi carrera Ingeniería Agropecuaria, sus autoridades, personal docente, administrativo y trabajadores, quienes, durante mi estancia, aportaron conocimientos y enseñanzas, tanto para la vida profesional como para lo personal.

A mi novia Jasmin Gabilanez por sus consejos y cariño incondicional, A mis hermanas Silvia C., Odalys C., por motivarme a cumplir mis sueños, a mis amigos Jimmy L., Luis B. y Cristian L., por las experiencias vividas a lo largo de nuestra estancia en la universidad.

A la empresa Podagro Cía. Ltda. Por brindarme la oportunidad de desarrollar mi trabajo de investigación en conjunto con sus experiencias en el campo agrícola.

A la empresa florícola Floretum Cía. Ltda. Y a todo su personal técnico y de campo por sus experiencias y consejos brindados a lo largo del desarrollo de la investigación experimental.

Harley Cifuentes López

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Mi padre Ing. Wilman Cifuentes por sus consejos de motivación para seguir esta carrera, por su apoyo y cariño.

A Mi madre Isaura López por su amor y cariño constante, por dedicarme todos los días de su vida para mi bienestar.

A Mi novia la Ing. Jasmin Gabilanez, te agradezco por tanto cariño, amor y comprensión así mismo por tantos aportes no solo para mi desarrollo académico, sino también para mi vida.

A Mis Hermanas Lic. Silvia Cifuentes y Lic. Microbiol. Odalys Cifuentes por su cariño y amistad incondicional.

A Mi hija Sharick Cifuentes por ser la principal motivación en mi vida y enseñarme el verdadero significado de las palabras amor y valentía.

A mis abuelos Polibio López y Blanca Chulde por su cariño y sus consejos brindados durante mis etapas estudiantiles.

Y a toda mi familia que de una u otra forma han estado pendientes de mi desarrollo académico.

Harley Cifuentes López

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 EL CULTIVO DE LISIANTHUS	5
2.1.1 Clasificación taxonómica	5
2.1.2 Importancia.....	5
2.1.3 Etapas fenológicas.....	5
2.1.4 Enfermedad del cultivo: Moho gris o <i>Botrytis cinérea</i>	6
2.1.5 Manejo integrado de <i>B. cinerea</i>	8
2.1.3 Control biológico con <i>Trichoderma harzianum</i>	9
2.2 MARCO LEGAL.....	11
Constitución de la República del Ecuador (2008).....	11
Plan Nacional de Desarrollo 2021- 2025	11
Guía de Buenas Prácticas Agrícolas, Resolución N° 108	12
CAPÍTULO III	13
3. MARCO METODOLÓGICO	13
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	13
3.2 MATERIALES	14

3.3 MÉTODOS	14
3.3.1 Factor en estudio	14
3.3.2 Diseño experimental.....	15
3.3.3 Características del experimento	16
3.3.4 Análisis estadístico.....	17
3.3.5 Variables a evaluar.....	18
3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	21
3.4.1 Selección y delimitación del área de estudio	21
3.4.2 Preparación del suelo	22
3.4.3 Trasplante.....	22
3.4.4 Desarrollo de cultivo	23
3.4.4 Floración.....	24
3.4.5 Aplicación de <i>Trichoderma harzianum</i> en <i>Lisianthus</i>	25
3.4.6 Cosecha	26
CAPÍTULO IV	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1 Incidencia de <i>Botrytis cinerea</i>	27
4.2 Incidencia de <i>Fusarium</i>	28
4.3 Severidad de <i>Botrytis cinerea</i>	29
4.4 Severidad de <i>Fusarium</i>	31
4.5 Incidencia de <i>Botrytis cinerea</i> durante vida en florero.....	32
4.6 Severidad de <i>Botrytis</i> durante vida en florero	33
4.7 Productividad	34
4.8 Análisis económico.....	36
CAPÍTULO V	39
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1 CONCLUSIONES	39
5.2 RECOMENDACIONES.....	40
REFERENCIAS	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo de vida de <i>Botrytis cinerea</i>	7
Figura 2 Ciclo de vida de <i>Trichoderma</i>	11
Figura 3 Ubicación de la Empresa FLORETUM S.A.....	13
Figura 4 Diseño experimental	16
Figura 5 Unidad experimental.....	17
Figura 6 Incidencia de <i>Botrytis</i> en <i>Lisianthus</i>	18
Figura 7 rosas	19
Figura 8	20
Figura 9 Evaluación de vida en florero de <i>Lisianthus</i>	21
Figura 10 Selección de las camas para el trasplante de <i>Lisianthus</i>	22
Figura 11 Invernadero en donde se realizó la fase experimental	22
Figura 12 Trasplante de <i>Lisianthus</i>	23
Figura 13 Riego por goteo a la plantación de <i>Lisianthus</i>	24
Figura 14 Floración de tallos de <i>Lisianthus</i>	24
Figura 15 Aplicación de tratamientos: a) Inmersión de bandejas b) Fumigación tipo drench.....	25
Figura 16 Cosecha de tallos de <i>Lisianthus</i> variedad Eco White	26
Figura 17 Evolución de incidencia de <i>Botrytis</i> a través del tiempo	27
Figura 18 Evolución de incidencia de <i>Fusarium</i> a través del tiempo.....	28
Figura 19 Porcentaje de severidad de <i>B. cinérea</i>	30
Figura 20 Porcentaje de severidad de <i>Fusarium</i>	31
Figura 21 Incidencia de <i>Botrytis</i> durante vida en florero.....	32
Figura 22 Severidad de <i>Botrytis</i> durante vida en florero	33
Figura 23 Tratamientos vs Productividad	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales, equipos, insumos.....	14
Tabla 2 Descripción de tratamientos	14
Tabla 3 Identificación del producto BIOTRICHOpus	15
Tabla 4 Características del experimento.....	16
Tabla 5 Características unidad experimental.....	17
Tabla 6 Análisis de varianza (ADEVA) de un Diseño de Bloques Completamente al Azar ...	18
Tabla 7 Descripción de porcentajes según la severidad	19
Tabla 8. Disoluciones de los tratamientos	25
Tabla 9 Valor de significancia.....	34
Tabla 10 LSD Fisher de Tratamientos vs Productividad.....	35
Tabla 11 Análisis económico de la aplicación de <i>T. harzianum</i> para el contro de <i>Botrytis</i>	37

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Cifuentes López Bryan Harley¹:

*Universidad Técnica del Norte

Correo: bhcfuentesl@utn.edu.ec.

RESUMEN

El Ecuador es uno de los países más importantes en la exportación de flores de verano, Imbabura ocupa el 7% de las exportaciones a nivel nacional, sin embargo las flores se ven afectadas por afecciones fitosanitarias como es la enfermedad de *Botrytis cinérea* P, por lo tanto, en la presente investigación se realizó la evaluación de tres dosificaciones de *Trichoderma harzianum* (2cc/L agua T1, 2.5cc/L de agua T2, 3cc/L de agua T3 y testigo T4), como controlador de *B. cinerea* en un cultivo de *Lisianthus* en Tumbabiro, en donde se determinó la incidencia y severidad del hongo patógeno. Además, realizó un análisis económico del costo beneficio en cada tratamiento. Los resultados muestran que la incidencia y severidad de *Botrytis* fue nula en las primeras semanas, sin embargo, a partir de la quinta semana donde se realizó el pinch se observó la presencia de la enfermedad, en las semanas nueve y dieciséis se presentó mayor incidencia, del 1.88% y 1.67% respectivamente. La mayor productividad de *Lisianthus* se presentó con el T4 (manejo finca) con un promedio de 32.31 tallos/m², seguido por el T1 (dosis de 2cc *T. harzianum*/L agua) con 31.98 tallos/m², por lo cual los valores de costo beneficio son similares entre el T1 con el 1.16, mientras que el tratamiento 4 con el 1.19. lo cual indica que T1 es un método de control biológico de bajo costo, alta rentabilidad económica y un excelente agente de control de enfermedades fúngicas ya que presenta menor incidencia de *B. cinerea* a largo plazo.

Palabras claves: evaluación, control biológico, incidencia, severidad.

ABSTRACT

Ecuador is one of the most important countries in the export of summer flowers, Imbabura occupies 7% of exports nationally, however the flowers are affected by phytosanitary conditions such as the disease *Botrytis cinerea* P, therefore, in this research the evaluation of three dosages of *Trichoderma harzianum* (2cc / L water T1, 2. 5cc/L water T2, 3cc/L water T3 and control T4), as a controller of *B. cinerea* in a *Lisianthus* crop in Tumbabiro, where the incidence and severity of the pathogenic fungus was determined. In addition, an economic analysis of the cost-benefit of each treatment was carried out. The results show that the incidence and severity of *Botrytis* was null in the first weeks, however, from the fifth week where the pinch was performed, the presence of the disease was observed, in weeks nine and sixteen there was a higher incidence of 1.88% and 1.67% respectively. The highest productivity of *Lisianthus* was presented with T4 (farm management) with an average of 32.31 stems/m², followed by T1 (dose of 2cc *T. harzianum* K/L water) with 31.98 stems/m², so the cost-benefit values are similar between T1 and 1.16, while treatment 4 with 1.19, which indicates that T1 is a low-cost biological control method, with high economic profitability and an excellent agent for fungal disease control, since it has a lower incidence of *B. cinerea* in the long term.

Key words: evaluation, biological control, incidence, severity.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Ecuador es uno de los países más importantes en la producción de flores de verano, debido a las condiciones climáticas que se propician al no poseer las cuatro estaciones del año, ya que no existe limitaciones de producción en consecuencia (Cajilema, 2006). El 21 % del total de flores de exportación en el país son flores de verano, éstas ocupan el segundo lugar después de las rosas, del total de este porcentaje la provincia de Imbabura aporta a nivel nacional con el 7% de producción de flores para su comercialización (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones [IPEI], 2015).

Sin embargo, la productividad en rosas y flores de verano se ha visto afectada por ciertas enfermedades fúngicas como *Fusarium*, *Botrytis*, *Mildiu*, *Rhizotocnia*, entre otras, mismas que en un inicio se contrarrestaron únicamente con el uso de agroquímicos ya que reducía significativamente daños económicos en los cultivos, no obstante, su toxicidad, persistencia en el medio y sobre todo el mal uso que se les ha dado conllevan a un replanteamiento de las estrategias de control de enfermedades (Rubio y Fereres, 2006). Entre estas estrategias se encuentra el control biológico, en donde el microparásito antagonista es capaz de romper la pared celular del hongo patógeno hospedador mediante sustancias como la quitinasa y glucanasas, es decir se provoca una competición entre hongo antagonista y patógeno por superficie y alimento (Agrios, 1997).

Además, el control biológico posee varias ventajas al ser una alternativa sostenible, económica y de fácil acceso, también, brinda un efecto permanente al mantener sus propiedades a largo plazo, asegura una producción de calidad con diferenciación frente a la competencia, brinda mayor seguridad al agricultor y al consumidor final, al ser amigable con el ambiente no produce daños colaterales al suelo y tampoco provoca resistencia del cultivo a enfermedades (Viera et al., 2020). Los microparásitos mejor conocidos son los del género *Trichoderma* cuyas hifas penetran tanto las estructuras de supervivencia como esclerocios o hifas en estado de crecimiento del patógeno, es el caso de *Trichoderma harzianum* como hongo antagónico de varias enfermedades de tipo fúngico (Angel, 2015).

A nivel internacional es muy utilizado como controlador biológico de varios fitopatógenos, entre ellos la *B. cinérea*. Infante et al., (2009), menciona que el *Trichoderma* es un antagonista natural y por ende presenta una amplia gama de hospedantes para control biológico, además de los fitopatógenos más importantes como *Fusarium* y *Botrytis*. Lo cual se ha demostrado con varios estudios, uno de ellos realizado en Chile en dónde se evaluaron varios tratamientos tanto

químicos como biológicos, entre ellos el *T. harzianum* para el control del moho gris (*B. cinerea*) del tomate en invernadero, cuyos resultados muestran que todos los tratamientos presentaron diferencias significativas respecto al testigo, sin embargo, el que predominó fue *T. harzianum* por lo cual se lo denominó como el mejor tratamiento del estudio para el control de la enfermedad (Apablaza y Jalil, 1998).

En el Ecuador se han realizado diferentes estudios que comprueban la eficiencia de utilizar este método de control biológico, en el caso de Merchán et al., (2014), quien menciona que la efectividad del *Trichoderma* sp. en su estudio es alta ya que logró ser antagónico y combatir la enfermedad provocada por el hongo de *B. cinérea*, debido a los mecanismos de parasitismo que presenta este biocontrolador. Además, Quinche (2009) menciona que el porcentaje de infección por *Botrytis* en el cultivo de rosas con aplicaciones de *Trichoderma* es menor en comparación con el testigo utilizado en su estudio, por lo cual no se vio necesaria la aplicación de botricidas para contrarrestar la enfermedad, con lo cual se demostró la eficacia de *Trichoderma*.

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Una de las enfermedades con mayor incidencia en el sector florícola es el moho gris (*Botrytis cinerea* Pers.), ya que provoca pérdidas económicas y productivas importantes para los floricultores en campo, en post cosecha e inclusive en la comercialización (Jara, 2014). Además, se promueve el uso excesivo de productos químicos como control para dicha enfermedad, esto no es muy recomendable ya que los fungicidas afectan a los pétalos de las flores y la salud de los operarios (Caiza, 2013). Los productos agrícolas que se usan en los cultivos para combatir el hongo de *B. cinerea* tienen como componentes activos principalmente Fenhexamid y tebuconazole (Calvo, 2013).

El problema radica en que el hongo de *B. cinerea* disminuye la calidad de las flores de *Lisianthus* debido a que afecta a cualquier tipo de tejido presente en la misma, produce la necrosis de estos y por ende acorta su tiempo de vida, pierde los rasgos que caracterizan a este tipo de flores, como el color y tamaño de sus pétalos, y en consecuencia reduce su valor comercial, lo cual afecta directamente la productividad florícola, tanto en cantidad como en la calidad (Maldonado, 2018). Además de las pérdidas económicas en flores de corte que puede llegar a ser en el peor de los casos hasta el 60% de la cosecha (Amaya, 2020), un valor bastante elevado para el sector florícola, sin embargo, este valor no se compara con las cuantiosas pérdidas económicas dadas por rubros de agroquímicos que en muchos casos sobre pasa el 60% de los costos totales que implica la producción florícola (Hidalgo, 2017).

En consecuencia, debido a estas afecciones en la planta, la rentabilidad económica y producción floral de varias fincas florícolas se han visto afectadas debido a la presencia de esta enfermedad en sus cultivos, ya que la patogenicidad del hongo de *B. cinerea* es muy elevada,

aproximadamente posee niveles de incidencia y severidad del 16% y dado que presenta la cualidad para colonizar o dispersarse fácil y rápidamente, puede afectar el cultivo de flores presente en un invernadero en un período de tiempo muy corto (Cucás, 2018).

Esto conlleva a la preocupación por parte de los productores florícolas por controlar el hongo que provoca esta enfermedad, conlleva al uso de varios productos químicos agrícolas, cuya aplicación no es recomendada debido a las repercusiones que se pueden presentar, entre ellas afectación a la salud humana, daños al medio ambiente y a sus componentes, además la dependencia del cultivo a las prácticas tradicionales de agricultura convencional en este caso el uso excesivo de productos químicos y en consecuencia el elevado costo de producción, ya que en las florícolas del Ecuador la implementación de programas de sanidad vegetal es aproximadamente el 8% del costo total de producción lo cual influye directamente en la rentabilidad de las empresas florícolas (Túqueres, 2016).

1.3 JUSTIFICACIÓN

Debido a la importancia económica que representa la producción y exportación de flores de verano al país, es ideal contar con cultivos de excelente calidad y producir en cantidades favorables para incrementar dicha economía, por ende, evitar la propagación de plagas y enfermedades en estos cultivos, además, contar con un plan de manejo que beneficie tanto a los productores como a trabajadores y medio ambiente (Molina et al., 2006).

Una alternativa para reducir el uso de agroquímicos se realiza mediante la aplicación de hongos entomopatógenos como el *Trichoderma harzianum* se han convertido en una estrategia de control biológico con resultados favorables, lo cual contribuye a disminuir el uso de productos químicos que con el pasar del tiempo crean una resistencia y generan mayor inversión económica (Quezada, 2011).

El *T. harzianum* es un hongo entomopatógeno que se puede encontrar en varios ecosistemas para aislar y trabajar en su reproducción mediante métodos de siembra en sustratos que sean favorables para su multiplicación (Merchán et al., 2014). Según Túqueres (2016) el *T. harzianum* proporciona muchos beneficios en el cultivo de rosa, ya que además de controlar a *B. cinerea*, es un biocontrolador de enfermedades fúngicas y representa un beneficio económico favorable a la producción florícola.

Por otra parte, el uso de biocontroladores como el *Trichoderma* han tenido gran acogida debido a las ventajas que presenta: su bajo costo, su facilidad de cultivo y producción, y su alta eficiencia, es decir la relación costo/calidad del producto es excelente. El interés de realizar la presente investigación radica en buscar nuevas alternativas para el control de enfermedades como es la *Botrytis cinerea* y minimizar o dejar atrás el uso de métodos tradicionales de

producción agrícola, ya que con el tiempo han perdido eficiencia y se han vuelto menos confiables.

Debido a las razones expuestas anteriormente, en la presente investigación se evaluó la eficacia de *Trichoderma harzianum* en el control de *Botrytis cinerea* en el cultivo de Lisianthus, con la aplicación de diferentes dosificaciones de *Trichoderma* con la finalidad de encontrar la dosis correcta que logre realizar un efecto antagónico a la enfermedad, además se usó como testigo el método de control utilizado por la finca, finalmente se realizó un análisis de costo- beneficio. Es importante mencionar que para la investigación se usó *T. harzianum*, producto comercial de la empresa Podagro Cia. Ltda.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar *Trichoderma harzianum* (Rifai) en el control de *Botrytis cinerea* P. en Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Raf. Shinners), Tumbabiro, Urcuquí.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la incidencia y severidad de *Botrytis cinerea* sobre el cultivo de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) con la aplicación de *T. harzianum*.
- Comparar la productividad de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Raf. Shinners) con manejo convencional y agentes de control biológico.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

1.5 HIPÓTESIS

H₀: La aplicación de *T. harzianum* no influirá en el control del hongo *B. cinerea* en el cultivo de Lisianthus (*E. grandiflorum*)

H_a: Al menos una dosis de *T. harzianum* influye en el control de *B. cinerea* en el cultivo de Lisianthus (*E. grandiflorum*)

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 EL CULTIVO DE LISIANTHUS

El Lisianthus pertenece a la familia Gentianaceae, es una planta que por lo general necesita dos estaciones o periodos vegetativos desde que se siembra hasta que florece, de tallo erecto, con follaje y flores ornamentales (Backes et al., 2007). Es una planta nativa de los estados del norte de México y sur de Estados Unidos, su hábitat natural le permite adaptarse a condiciones de baja humedad relativa y temperaturas, hasta cierto punto (Enríquez, 2017).

2.1.1 Clasificación taxonómica

Según la Base de datos del herbario del jardín botánico de Missouri (Chase y Reven, 2009), menciona que esta flor de verano con peculiares características, pertenece a la clase Euisetopsida, de la familia Gentianaceae, género *Eustoma* y especie *grandiflorum*.

2.1.2 Importancia

Entre las flores de verano, el Lisianthus es una planta de gran valor ornamental que está siendo introducida en los mercados internacionales con gran aceptación y demanda comercial gracias a sus sucesivos programas de mejora para la obtención de híbridos (Fox, 1998) . El beneficio actual de la producción de esta especie es principalmente a la gran diversidad de colores de las flores, alta productividad, y su tiempo de cultivo que generalmente es a las 18 semanas (Mazuela et al., 2007).

2.1.3 Etapas fenológicas

El cultivo de Lisianthus luego de ser plantado pasa por tres etapas muy fáciles de diferenciar, las cuales se describen a continuación:

- 1) Fase 1: la plántula de esta característica flor de verano presenta en esta etapa, un buen desarrollo en sus raíces y parte de su estructura foliar, es decir poco desarrollo vegetativo, la fase uno tiene una duración de aproximadamente entre 30 y 20 días, para luego continuar con la fase dos.
- 2) Fase 2: el tallo se alarga y la planta emite entre tres y ocho tallos secundarios, esto depende de la variedad de la flor, estos tallos pueden llegar a medir aproximadamente de 30 a 50 centímetros, la duración de esta fase es de 30 días, y al final de ella aparecen los botones florales.

- 3) Fase 3: se produce el engrosamiento y desarrollo de los botones florales, y el alargamiento de sus pedúnculos hasta alcanzar su altura definitiva, seguidamente, los botones cambian su color de verde al color concluyente de la variedad y finalmente se abren, éstos pueden variar entre cuatro a diez por tallo.

Las etapas y ciclo del cultivo, desde la plantación hasta la floración dura entre 90 y 120 días (4 meses), todo depende de la variedad de *Lisianthus* y las épocas de siembra, sin embargo, en invernaderos con las condiciones adecuadas de producción las siembras pueden realizarse todo el tiempo (Mazuela et al., 2007).

2.1.4 Enfermedad del cultivo: Moho gris o *Botrytis cinerea*

B. cinerea es un hongo descendiente de la familia Sclerotinicaeae, con un radio muy amplio de infección ya que puede contaminar a aproximadamente 230 especies vegetales (Fillinger y Elad, 2016). Este hongo causa en la planta hospedadora la pudrición de tejidos de la misma; flores, frutos, raíz y demás tejidos se encuentran expuestos a esta enfermedad fitopatógena, además de que puede sobrevivir en los tejidos dañados y formar estructuras de resistencia, es decir que, puede vivir tanto en tejidos vivos y muertos de la planta y también en la maleza presente en el cultivo. Por esta razón y debido a que se puede dispersar a través del viento, agua o cualquier medio, se considera a la *Botrytis cinerea* una enfermedad difícil de controlar (Van, 2006).

- *Taxonomía*

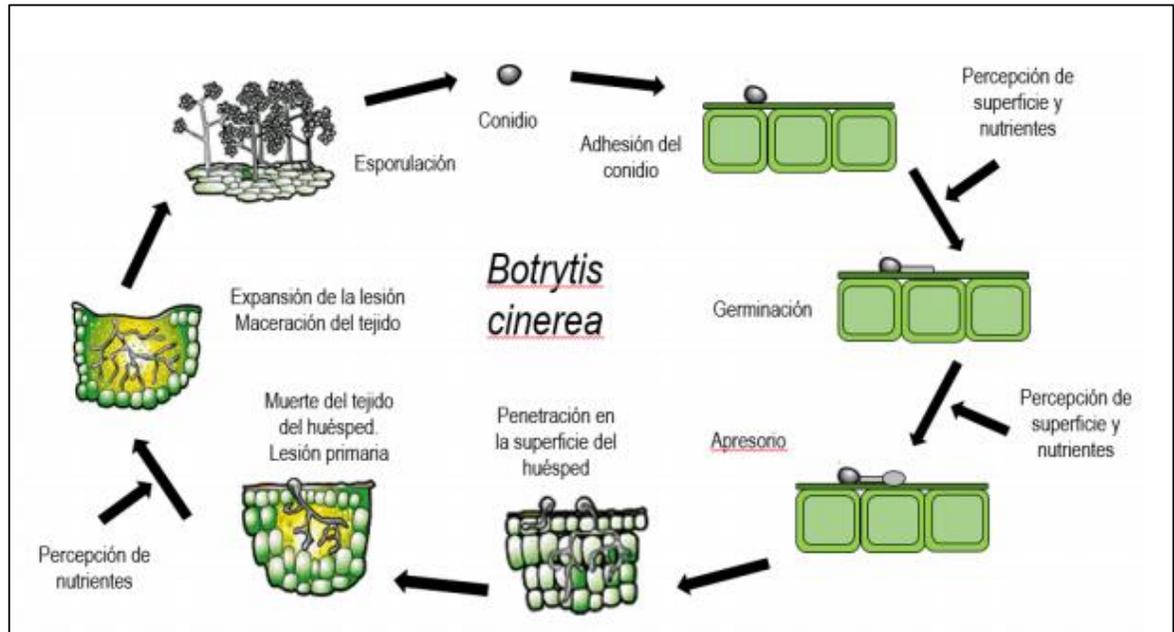
Según Agrios (1997), este hongo entomopatógeno más conocido como moho gris, es el causal de la enfermedad de *Botrytis* en el reino vegetal, este hongo pertenece a la clase Ascomycetes filamentosos, subclase Deuteromycetes, descendiente de la familia Sclerotinicaeae, de género *Botrytis* y especie *cinerea*.

- *Ciclo de vida*

Kerssies (1994), menciona que el *B. cinerea* tarda aproximadamente 24 horas o incluso menos tiempo en desarrollar sintomatología a partir de su inoculación, y su ciclo de vida se puede dividir en varias fases consideradas importantes, las cuales se muestran en la Figura 1.

Figura 1

Ciclo de vida de Botrytis cinerea



Fuente: Gago (2015).

Éstas son: la adhesión y germinación de las esporas sobre la superficie del huésped, ya sea por acción del viento, temperatura, humedad u otras condiciones atmosféricas, en esta etapa el conidio se hidrata lo cual resulta en la adhesión por la interacción hidrofóbica de la cutícula del hospedador; penetración en el tejido vegetal, mediante aberturas naturales, actividades enzimáticas o procesos mecánicos, debido a que luego de unas horas de que el conidio germinó se producen las uniones fuertes; establecimiento del patógeno en la zona de penetración, la planta expresa mecanismos de defensa y en consecuencia se produce una primera lesión y consecuentemente la muerte del tejido; colonización del hongo y necrosis de tejidos vegetales, la lesión primaria se extiende por todo el hospedero lo cual causa la necrosis de todo a su paso; finalmente el ciclo inicia una nueva etapa de infección (Benito et al., 2000).

- *Condiciones óptimas para el desarrollo del moho gris*

El principal factor considerado en la aparición y crecimiento de este hongo es la humedad, de entre 75% y 100% de humedad relativa para que se pueda inocular y desarrollar el ciclo de esta enfermedad (Angel, 2015) Otro elemento importante es la temperatura, de 11 a 15 °C se produce la formación de esclerocios, de 17 a 23 °C germinación, de 15 a 20 °C esporulación y 20°C

germinación de esporas (Elad et al., 2007). Finalmente, el pH requerido para la germinación del hongo es levemente ácido, aproximadamente de entre 3.7 a 4 de pH (Hennebert, 1973).

2.1.5 Manejo integrado de *B. cinerea*

El manejo integrado del hongo de *B. cinerea* es muy importante desde la fase inicial del cultivo, para evitar tener futuros daños y pérdidas económicas en las fincas de producción de flores de verano. Existen varias técnicas o estrategias de control que se han desarrollado para controlar la incidencia y severidad de esta enfermedad.

- *Tipos de control*

El control cultural es una estrategia que rige en todos los sectores productivos a la hora de la siembra, una buena selección de semilla libre de patógenos y enfermedades fúngicas es importante para el correcto desarrollo del cultivo, además del manejo de densidad y distribución de la plantación para de esta manera asegurar una aireación efectiva entre las plantas (Achicanoy, 2001). Además, otra forma de reducir el daño es la rotación de cultivos y la destrucción del material infectado, además es recomendable quitar del cultivo todas las partes afectadas de la planta, esto se realiza de una forma manual, sin embargo, en grandes plantaciones debido al alto valor económico en mano de obra y el tiempo utilizado en esta labor se realizan otros tipos de control más rápidos y efectivos.

Es el caso del control químico, es el método más utilizado para el control de *B. cinerea*, debido a la composición química de los fungicidas como cyprodinil + fludioxonil y fenhexamid y su método de acción precisamente enfocado en atacar a la enfermedad, para lo cual se requiere planificar múltiples aplicaciones a lo largo del ciclo del cultivo, sin embargo, *B. cinerea* se caracteriza por su alta variabilidad genética, ciclos múltiples y producción abundante de esporas y desarrollo de enfermedades, sumado a esto el mal uso y la aplicación repetitiva de químicos en los viveros, conlleva al desarrollo de resistencia del hongo a los fungicidas. Por lo cual es recomendable que se incluya rotaciones de ingredientes activos y mezclas de fungicidas con diferentes mecanismos de acción en los programas de fumigación (Álvarez et al., 2017).

Finalmente, se encuentra en auge el método de control biológico debido a sus beneficios y ventajas, entre ellos el bajo costo, la baja tasa de severidad e incidencia de enfermedades, no produce resistencia y sobre todo no contamina, con lo que se minimiza los daños a la salud humana. Se trata de una mezcla entre labores culturales y aplicación de enemigos naturales que mediante el micoparasitismo, competencia, antibiosis, entre otros, tiene como objetivo combatir las enfermedades fúngicas del suelo que afectan a los cultivos como es el caso del hongo *B. cinerea* (Rubio y Ferreres, 2006).

- *Estrategias de control biológico*

Las principales estrategias de control biológico se encuentran relacionadas con organismos antagonicos y variedades resistentes.

En el primer caso, se habla de organismos biocontroladores antagonicos que por lo general se encuentran dispersos en la naturaleza y tienen como objetivo reducir la cantidad de inóculo, mediante mecanismos de acción como inhibición o lisis causando la muerte del agente patógeno, razón por la cual se puede lograr el control de los fitopatógenos de forma biológica, total o parcialmente. Estos organismos antagonicos pueden lograr su propósito a través de diferentes fenómenos como el hiperparasitismo (microparásitos), resistencia inducida (fitomejoramiento), suelos supresivos (suelos sin fitopatógenos), las plantas antagonicas y trampa (reducen considerablemente la cantidad de inóculo que puede llegar al cultivo) (Viera et al., 2020).

Los bacteriófagos y hongos nemátodos son los microparásitos más conocidos en el hiperparasitismo, en especial el género *Trichoderma* particularmente de la especie *T. harzianum* considerado como la alternativa de control biológico más importante en las enfermedades del suelo, seguido por los géneros *Gliocladium* y *Paecilomyces*, mientras que entre las bacterias más efectivas se encuentran *Bacillus* y *Pseudomonas*, estos microparásitos han sido empleados como métodos preventivos en los cultivos antes de que ocurra la infección y también como curativos, es decir, una vez producida la enfermedad (Infante et al., 2009).

Por otro lado, la biotecnología y el fitomejoramiento han logrado crear variedades resistentes, siendo una de las herramientas más efectivas, seguras y económicas para el control de enfermedades. Lo que busca esta alternativa es la creación de variedades que contengan altos niveles de resistencia vertical y horizontal, es decir reducir la cantidad de inóculo inicial producido por la resistencia vertical y limitar la expansión y desarrollo del patógeno causado por la resistencia horizontal (Achicanoy, 2001).

2.1.3 Control biológico con *Trichoderma harzianum*

El uso de nuevos métodos de control biológico se ha vuelto más común con el transcurso de los años, ya que se logra combatir la enfermedad sin la necesidad de recurrir a métodos tradicionales como el uso de productos químicos que a la larga dañan la salud de los trabajadores, así como también la calidad del suelo y aguas superficiales o subterráneas presentes cerca de los cultivos (Angel, 2015). Las especies de *Trichoderma* son muy utilizadas como método de control biológico de varios fitopatógenos debido a la facilidad que presentan al momento de su aislamiento y cultivo (Ezziyani et al., 2004). Además, son hongos saprófitos, es decir, obtienen los nutrientes que necesitan para subsistir de materia orgánica y pueden desarrollarse en varios sustratos (Infante et al., 2009).

El *Trichoderma* presenta tres tipos de mecanismos elementales para desplazar al fitopatógeno: competición directa por nutrientes y espacio con el hongo causante de la enfermedad, produce metabolitos antibióticos tanto de naturaleza volátil como de no volátil y finalmente se comporta como parásito ante los fitopatógenos (Ezziyyani et al., 2004).

El *T. harzianum* según menciona Marín et al (2017) en su estudio demuestra una buena eficiencia al momento de contender contra el patógeno, ya que generan mecanismos de defensa que inhiben la actividad parasítica del hongo. Además, tiene la capacidad de persistir como antagonista viable en períodos secos y colonizar con rapidez el sustrato, es el caso del estudio de uso de este método de control biológico en Chile, en dónde se demostró su incidencia sobre *B. cinerea* en un porcentaje de 45-90 % inclusive superando el efecto del fungicida (Molina et al., 2006). De este modo, Guédez et al., (2009) sugieren que este hongo es efectivo para aplicarse en cultivos duales e indica que se debe emplear antes de la cosecha para minimizar pérdidas al momento del transporte y comercialización.

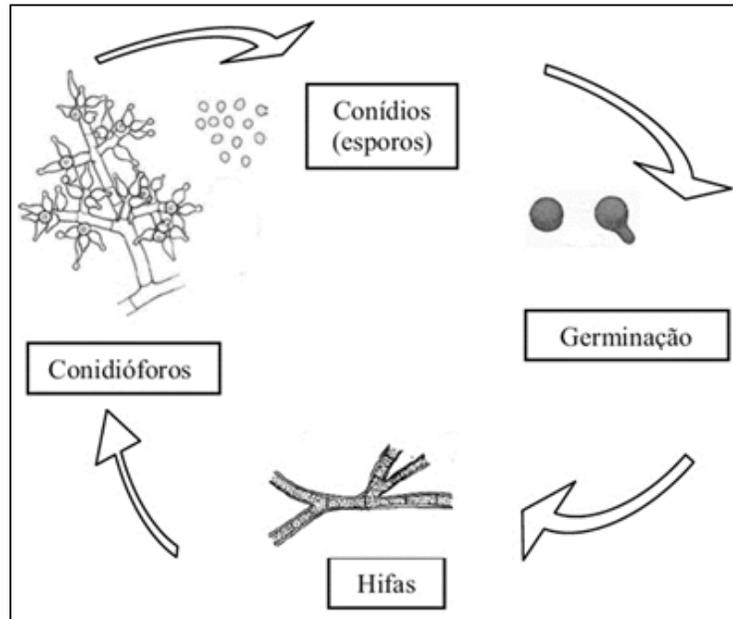
Finalmente, menciona en su estudio que se observó su acción antagonista, el *T. harzianum* cubrió totalmente al hongo que provoca la enfermedad y no le permitió propagarse hacia otras partes de la planta hospedadora, debido a que este biocontrol posee hifas que se adhieren a las del hospedante a través de estructuras que se generan a manera de ganchos o apresorios, mismas que se envuelven y frenan el crecimiento de los fitopatógenos (Merchán et al., 2014).

- *Ciclo de vida*

El ciclo de vida de *T. harzianum* se muestra en la Figura 2, inicia desde que el organismo crece y se empieza a ramificar similar a una hifa fúngica de aproximadamente 5-10 μ de diámetro, luego ocurre la esporulación asexual, en donde las esporas de 3-5 μ son liberadas en gran cantidad, además suelen formarse clamidosporas individuales, sin embargo hay casos en las que se suelen fusionar (Romero et al ., 2009)

Figura 2

Ciclo de vida de Trichoderma



Fuente: Biosiembra (2015)

2.2 MARCO LEGAL

Constitución de la República del Ecuador (2008)

Art. 14 tiene en cuenta al medioambiente, a los ecosistemas y marca énfasis en cuanto a la recuperación de aquellos espacios naturales que hayan sido alterados, 16 y 17 establecen la responsabilidad respecto al cuidado del medioambiente, Arts. 71 al 74, reconoce los derechos a la Naturaleza (Constitucion del Ecuador , 2008)

Plan Nacional de Desarrollo 2021- 2025

La investigación entra en el contexto del Objetivo 3. Fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular, que busca desarrollar programas enfocados en incrementar la productividad agropecuaria, con un enfoque de conservación y mantenimiento de la fertilidad de los suelos (Consejo Nacional de Planificación, 2021).

Guía de Buenas Prácticas Agrícolas, Resolución N° 108

En el Capítulo VIII, Art. 15 menciona el uso correcto y manejo responsable de plaguicidas para el uso agrícola, y como prioritario se menciona el Art. 17, indica que se deberán utilizar los métodos de control de plagas más adecuados según la tecnología de la finca, dejando como última opción la aplicación de agroquímicos, es decir que se dará prioridad los productos orgánicos como métodos de control para el Manejo Integrado de Plagas (Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario [Agrocalidad], 2009).

CAPÍTULO III

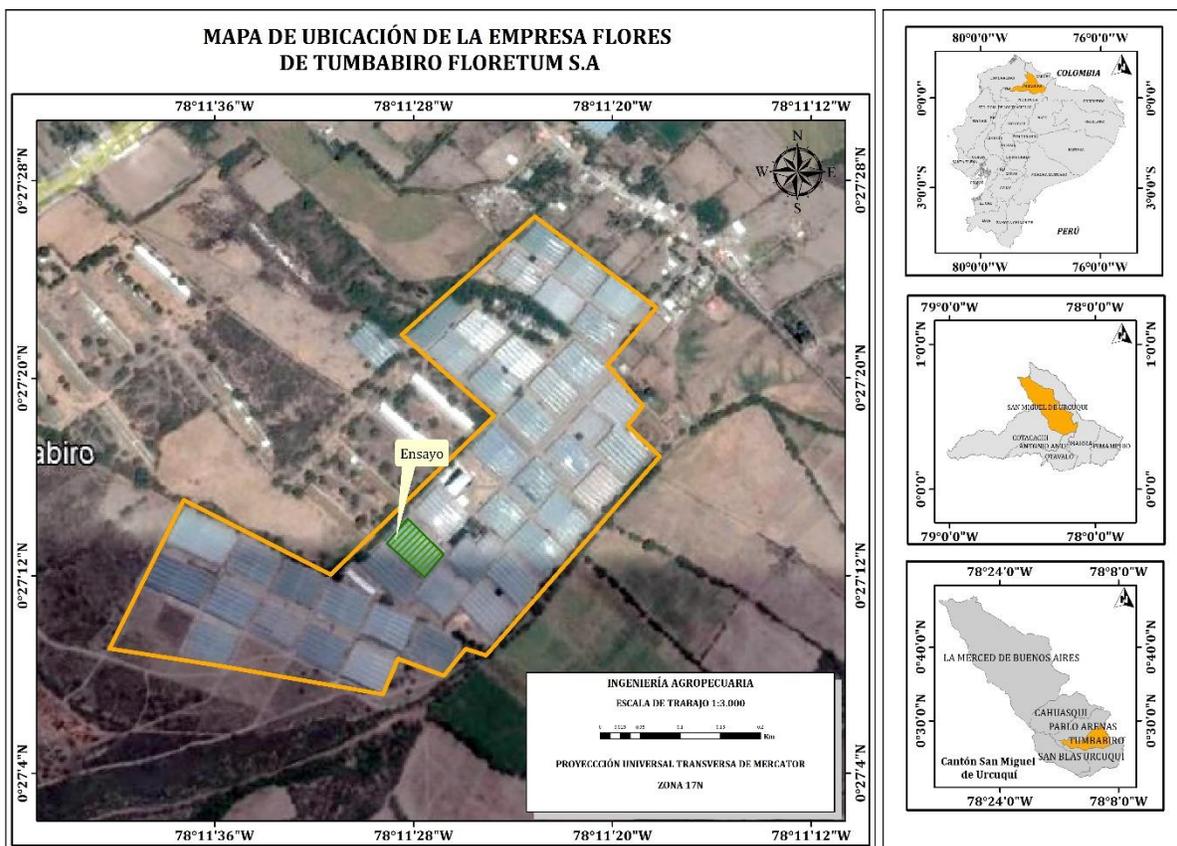
3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizó en la Finca florícola FLORETUM S.A, que se encuentra ubicada en la provincia Imbabura, cantón Urcuquí, parroquia Tumbabiro, a una altitud aproximada de 2130 m.s.n.m, con coordenadas $00^{\circ}27'13.2''$ N, $78^{\circ}11'25.5''$ W como se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Ubicación de la Empresa FLORETUM S.A



La parroquia presenta una temperatura media que oscila entre los 12 y 20 °C, precipitación de 500 mm anuales y humedad relativa alta, con valores medios anuales superiores al 50%. La finca FLORETUM S.A tiene un área de aproximadamente 12 hectáreas de terreno, el cual tiene fines de producción florícola. El área de estudio presenta principalmente suelos de tipo

inceptisol y molisol, prestos para cultivos agronómicos, hortalizas y frutales, además predomina un relieve plano en un rango de pendientes menores al 5%, ideales para este tipo de actividades agrícolas (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Tumbabiro, 2015).

3.2 MATERIALES

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó los materiales mencionados en la Tabla 1.

Tabla 1

Materiales, equipos, insumos

Materiales	Equipos	Insumos
Traje de fumigación	Computador	Fungicidas sistémicos (Finca)
Guantes de caucho	Bomba de fumigación	Fungicidas protectantes (Finca)
Libreta de campo	Cámara fotográfica	Fertilizantes (Finca)
Tijera de podar	USB	Producto biológico BIOTRICHOpus: (<i>T. harzianum</i>).
Etiquetas		

3.3 MÉTODOS

En la presente investigación de tipo experimental se evaluó la eficiencia de diferentes dosis de *Trichoderma harzianum* sobre *Botrytis cinerea* en el cultivo de Lisianthus.

3.3.1 Factor en estudio

Factor: Dosis de *Trichoderma harzianum* como controlador biológico

Tabla 2

Descripción de dosificaciones

Tratamiento	Concentración	Dosis
D1	esporas 1×10^{12} UFC	2 cm ³ /L
D2	esporas 2×10^{12} UFC	2.5 cm ³ /L
D3	esporas 3×10^{12} UFC	3 cm ³ /L
D4	Manejo Convencional	Testigo

La medición de la dosis se realizó en centímetros cúbicos por litro de agua en diferentes concentraciones como lo muestra la Tabla 2. Los tratamientos se aplicaron cada siete días durante 16 semanas consecutivas, desde la primera semana de crecimiento de la planta, hasta la semana 16, mediante fumigación en drench.

A continuación, en la Tabla 3 se describe información relevante del producto BIOTRICHOpus, que se utilizó en la presente investigación.

Tabla 3

Identificación del producto BIOTRICHOpus

Identificación del producto	Descripción
Nombre comercial	BIOTRICHOpus
Formulador y titular	Podagro. CIA. LTDA
Tipo	Fungicida 100% biológico
Microorganismo	<i>Trichoderma harzianum</i>
Cepa	QUI-001Psp
Origen	Parroquia el Quinche
Concentración mínima	1×10^{12}
Aspecto	Líquido
Color	Verde
Olor	Característico
pH	4
Densidad	1.05 g/cm^3
Solubilidad	100% soluble
Fitotoxicidad y compatibilidad	No es compatible con fungicidas de origen químico. Es compatible con abonos orgánicos o minerales e insecticidas químicos

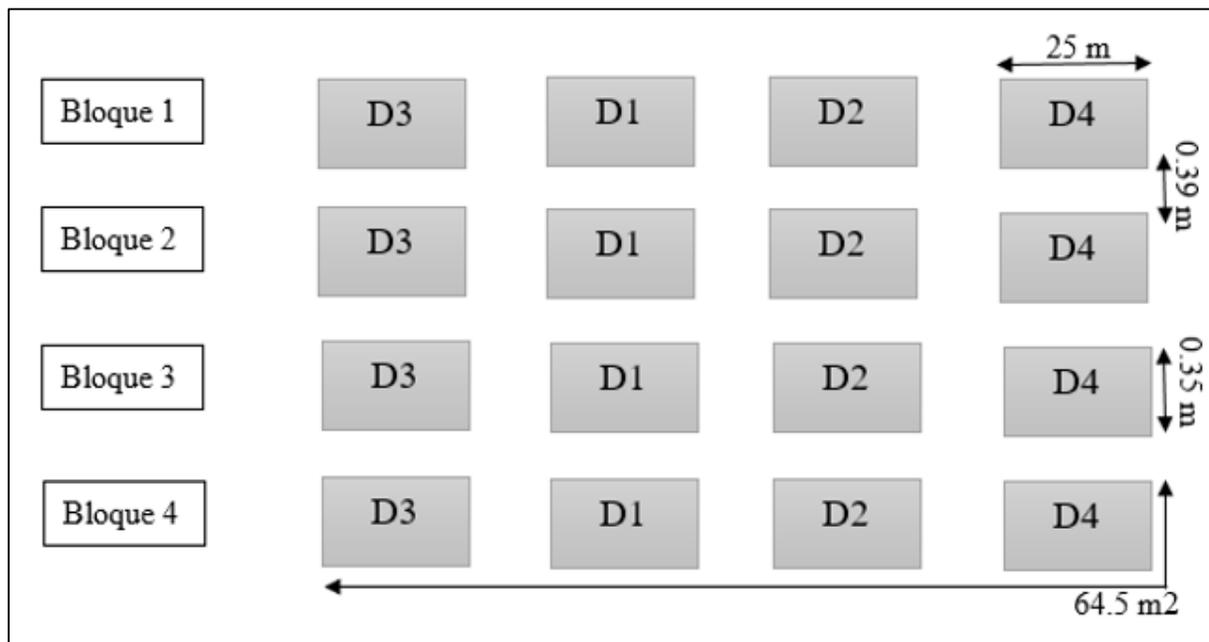
Fuente: Podagro. Cia. Ltda (2020)

3.3.2 Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en franjas con cuatro bloques, con cuatro tratamientos cada uno (Figura 4).

Figura 4

Diseño experimental



3.3.3 Características del experimento

El área experimental consta de 260m², dispuesto de tres dosificaciones de *T. harzianum* más el tratamiento usado por la finca (testigo), con cuatro repeticiones cada uno, dando un total de 16 unidades experimentales, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Características del experimento

Características	Descripción
Dosis	4
Bloques	4
Unidades experimentales	16
Área total	260 m ²

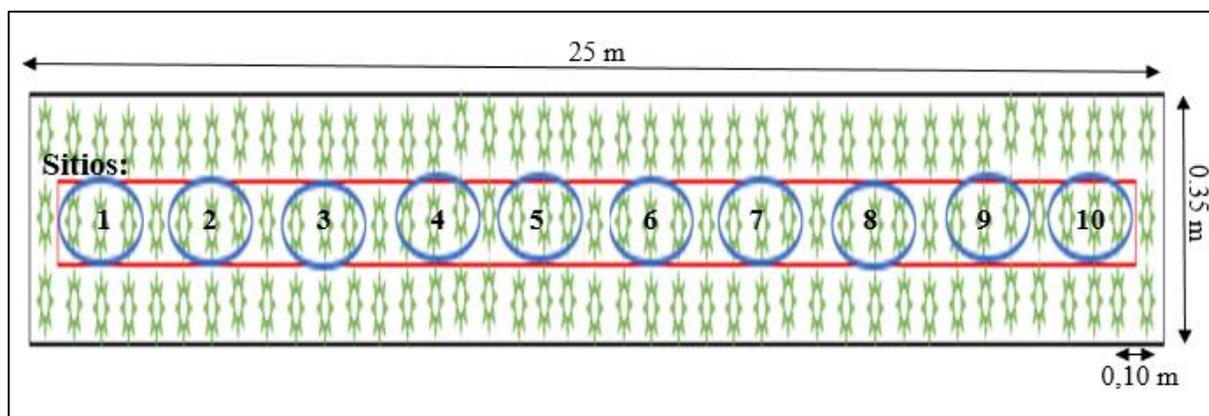
3.3.3.1 Características de la unidad experimental

Cada bloque dispuso de cuatro camas de dimensiones de 25m de largo por 0,35m de ancho, el trasplante de plántulas se realizó a una distancia de 0,10 m aproximadamente, con una malla

rafia para lograr la separación de los tallos en las diferentes etapas. En campo se ubicó diez sitios de monitoreo por cama, y por cada sitio se muestrearon tres plantas, dando un total de 30 plantas por cama, 120 por tratamiento y 480 plantas por área total del experimento (Figura 5).

Figura 5

Muestreo de la unidad experimental



Se trasplantaron 850 plantas en el área total del experimento, el cual contó con 16 camas, con una distancia entre camas de 0.39m lo cual permite la movilidad del personal para los trabajos correspondientes al cultivo, de manera que se estableció 64,5 m² por área de unidad experimental (Tabla 5).

Tabla 5

Características unidad experimental

Características	Descripción
Plantas por unidad experimental	850 plantas
Camas por unidad experimental	16 camas
Distancia entre camas	0.39 m
Área de unidad experimental	64.5 m ²

3.3.4 Análisis estadístico

El análisis de datos en cuanto a incidencia, severidad, productividad y vida en florero se realizó el Análisis de varianza que muestra la Tabla 6, para lo cual se utilizó el paquete estadístico InfosStat, versión 2020.

Tabla 6

Análisis de varianza (ADEVA) de un Diseño de Bloques Completamente al Azar

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	15
Tratamientos	3
Bloque	3
Error experimental	9

Para las variables incidencia y severidad, es decir, el análisis de datos no paramétricos se realizó una prueba de Kruskal Wallis, mientras que, para la variable productividad, el análisis de datos paramétricos, se utilizó la prueba de LSD Fisher al 5%, debido a que se encontraron diferencias significativas en los tratamientos.

3.3.5 Variables a evaluar

- *Porcentaje de incidencia de Botrytis cinerea sobre el cultivo de Lisianthus*

Para la evaluación de incidencia se realizó un monitoreo directo en campo cada siete días, en dónde se tomaron diez sitios por camas y en cada sitio se evaluó tres plantas, es decir 120 plantas por cada tratamiento, además, para expresar los resultados en porcentaje se aplicó la siguiente ecuación. En la Figura 6 se muestra la incidencia de *B. cinerea* en las camas del cultivo de Lisianthus.

$$\% \text{incidencia} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas afectadas}}{\text{N}^\circ \text{ de plantas evaluadas}} \times 100$$

Figura 6

Incidencia de Botrytis en Lisianthus



- *Porcentaje de severidad de Botrytis cinerea sobre el cultivo de Lisianthus*

De igual manera se realizó un monitoreo directo en el cual se muestrearon 120 plantas por cada dosificación en estudio, una vez cada siete días, los datos de severidad de *B. cinerea* se obtuvieron mediante la escala descriptiva que se muestra en la Tabla 7, y posteriormente se analizaron según la ecuación empleada por Orjeda (1998).

Tabla 7

Descripción de porcentajes según la severidad

Grado	Descripción	Porcentaje
0	Sin presencia de <i>B. cinerea</i>	0%
1	Lesión en uno o dos pétalos	5%
2	Lesión en tres o cuatro pétalos	25%
3	Lesión en cinco o seis pétalos	50%
4	Lesión en siete o más pétalos	100%

Fuente: Túqueres, 2016.

$$IS = \frac{0(n0) + 5(n1) + 25(n2) + 50(n3) + 100(n4)}{NT}$$

En dónde n0, n1, n2, n3, n4 corresponde al número de plantas encontradas en cada grado, mientras que NT es el número de plantas totales muestreadas. La Figura 7 muestra una planta de Lisianthus del cultivo con lesión en un pétalo es decir un porcentaje del 5%.

Figura 7

Severidad de Botrytis en Lisianthus



- *Productividad*

Para conocer el efecto del *T. harzianum* se contabilizó el número de tallos de *Lisianthus* cosechadas por cada tratamiento, para luego dividir la producción total de cada tratamiento para los metros cuadrados de los mismos. La productividad en cada tratamiento se expresó como tallos por metro cuadrado. La Figura 8 indica la disposición camas de *Lisianthus* variedad *EcoWhite*.

Figura 8

Lisianthus variedad *EcoWhite*



- *Vida en florero*

Debido a que la finca no presenta metodologías para la evaluación de enfermedades en vida en florero, esta fase se la realizó según la metodología propuesta por Flores (2018), se colectaron diez tallos de *Lisianthus* por cada repetición (8 repeticiones), es decir diez tallos por florero. Los tallos se seleccionaron y cortaron al azar, además, antes de su colocación en los floreros procedieron a ser embonchados y sometidos a simulación de viaje, las características de la simulación y los días van a depender del medio de transporte utilizado y el destino (Figura 9).

Figura 9

Evaluación de vida en florero de Lisianthus



- *Análisis económico de los tratamientos en estudio*

El análisis económico se realizó según la metodología propuesta por Perrin et al., (1988), con la finalidad de identificar que tratamiento es el más viable económicamente, es decir que tenga menor costo de implementación y genere una buena producción de Lisianthus con ingresos altos, para lo cual se comparó los beneficios netos de cada uno de los tratamientos. Por lo tanto, se calculó el total de plantas cosechadas en cada tratamiento y se multiplicó por 0.32 ctvs. que es el costo de producción de un tallo de Lisianthus según la cadena productiva, en el cual se incluye los insumos y mano de obra, finalmente se sumó al valor total el costo de la implementación del tratamiento.

Se obtuvo los costos de producción, ingresos, además de la utilidad también se realizó un análisis en relación beneficio – costo.

3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.4.1 Selección y delimitación del área de estudio

Se seleccionó un total de 16 camas cultivadas con la variedad Lisianthus en producción, cada unidad experimental dispuso de 4 camas, con diez sitios de muestreo cada una (Figura 10).

Figura 10

Selección de las camas para el trasplante de Lisianthus



3.4.2 Preparación del suelo

Para iniciar se realizó una esterilización total del área con Agrocelhone, posteriormente se cerró el invernadero y se dejó reposar por siete días (Figura 11), una vez cumplido el tiempo de reposo se procedió al levantamiento de las camas de 25m de largo por 0.35m de ancho, es importante mencionar que las camas situaron una buena aireación para evitar el encharcamiento y la compactación del suelo (Sakata, 2012).

Figura 11

Invernadero en donde se realizó la fase experimental



3.4.3 Trasplante

La plántula de Lisianthus se trasplantó a la cama previamente preparada, cuando esta presentó de tres a cuatro hojas verdaderas. Sobre la cama de cultivo se colocó una malla de rafia en forma de cuadros con una densidad de aproximadamente 12 cm de separación en tres hileras (Figura

12), durante el desarrollo del cultivo se subió gradualmente esta malla que sirvió como guía y soporte conforme al desarrollo de la planta, hasta la altura de los botones florales, durante los primeros 20 días después del trasplante se regó con manguera, con el respectivo cuidado para no causar daños en las camas y plantas, posteriormente se cambió a un riego por goteo para reducir la humedad relativa (Sakata, 2012)

Figura 12

Trasplante de Lisianthus



3.4.4 Desarrollo de cultivo

El desarrollo vegetativo empezó a los 30 días hasta los 60 días, es recomendable mantener el suelo con suficiente humedad, a partir de los 60 días el desarrollo de la planta empieza hacer sombra sobre la cama donde está establecida, en esta etapa de desarrollo el cultivo es muy susceptible por lo que el riego se realizó con mucho cuidado para evitar índices de mortalidad elevados (Figura 13). Después de los 90 días empezó con la formación de botones, la planta alcanzó un buen desarrollo, en esta etapa del cultivo los riegos se redujeron al mínimo realizándolos con menor frecuencia (Backes et al., 2005).

Figura 13

Riego por goteo a la plantación de Lisianthus



3.4.4 Floración

El cultivo de Lisianthus depende de las condiciones climatológicas de la zona donde se encuentra ubicado, razón por la cual, este tipo de cultivos de flores de verano se ubican en invernaderos para de esta manera controlar las condiciones de temperatura, intensidad de luz y fotoperiodo, que en orden de importancia son los tres elementos más importantes que permiten la activación del proceso de floración (Figura 14). Al inicio de la floración, cuando el primer botón floral apareció, este se eliminó con la finalidad de tener una uniformidad en la floración, para su cosecha debe tener de 2 a 3 botones florales abriéndose al mismo tiempo debido a que al cosechar es lo que se busca para darle una mejor presentación en la caja para su distribución (Sakata, 2012).

Figura 14

Floración de tallos de Lisianthus



3.4.5 Aplicación de *Trichoderma harzianum* en *Lisianthus*

Según Podagro. Cia. Ltda (2020) se necesita un aproximado de 10L de solución para cubrir el follaje parcial de una cama de *Lisianthus* de las dimensiones mencionadas anteriormente, mediante aplicación drench, a continuación en la Tabla 8 se detallan las disoluciones de cada tratamiento respectivamente.

Tabla 8.

Disoluciones de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	2 cm ³ / L
T2	2.5 cm ³ / L
T3	3cm ³ / L
T4	testigo, dotado por productos de la finca

Una vez delimitada el área de estudio, se procedió a ubicar las bandejas de *Lisianthus* al azar según el diseño experimental propuesto en la Figura 4 para las posteriores aplicaciones. Previamente al trasplante, se realizó la inmersión de las bandejas con las plántulas en gavetas con las disoluciones correspondientes a cada tratamiento (Figura 15), las cuales cubrieron la totalidad del área correspondiente a cada tratamiento. Posterior al trasplante, se realizó la aplicación de los tratamientos vía drench cada siete días, los días miércoles, y durante dieciséis semanas, período que representa toda la fase del cultivo hasta la cosecha.

Figura 15

Aplicación de tratamientos: a) Inmersión de bandejas b) Fumigación tipo drench



3.4.6 Cosecha

El corte de tallos se realizó de acuerdo a los requerimientos de la florícola, que indica que se lo puede hacer cuando se observa que tres botones florales empiezan a abrirse, no es recomendable cortar cuando se la existen cuatro o más flores abiertas, debido a que esto puede causar daños en el traslado de los tallos. Posteriormente se trasladaron al área de postcosecha, en dónde se clasificaron por tratamiento (Figura 16).

Figura 16

Cosecha de tallos de Lisianthus variedad EcoWhite



CAPÍTULO IV

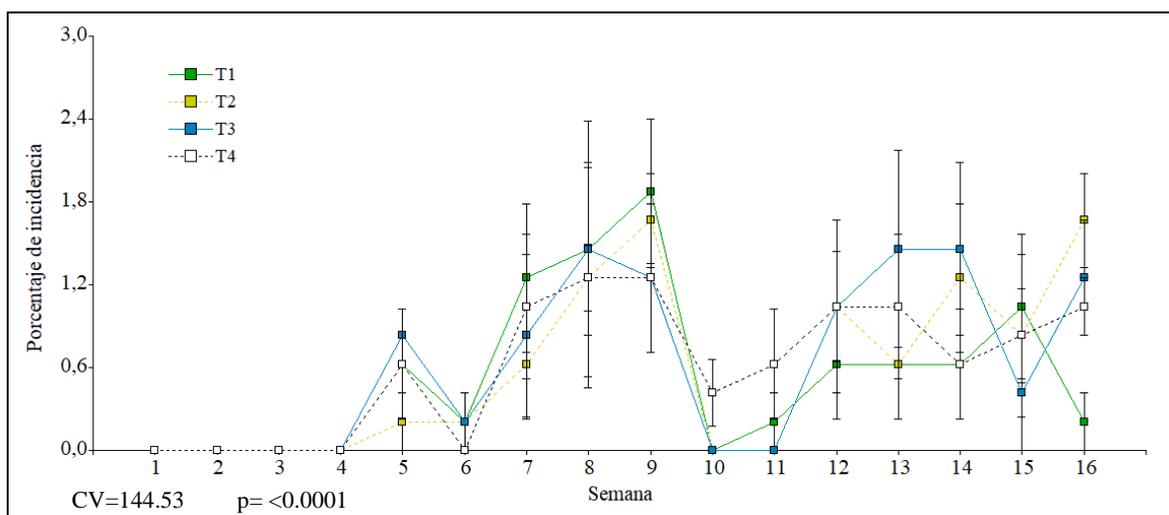
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Incidencia de *Botrytis cinerea*

La prueba de Kruskal Wallis ($p < 0.0001$) indica que existe diferencia entre tratamientos. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir al menos una dosis de *T. harzianum* ayuda a controlar la incidencia de *B. cinerea*.

Figura 17

Evolución de incidencia de Botrytis a través del tiempo



En la Figura 17 se observa la evolución de incidencia del hongo *B. cinerea*. a través del tiempo, en las primeras semanas este nivel es nulo, es decir que entre la semana uno y cuatro después del trasplante no se encontró la presencia del hongo que provoca la enfermedad de *B. cinerea*, luego de estas semanas se evidenció una tendencia progresiva en el crecimiento de niveles de incidencia, probablemente como resultado de contaminación entre plantas y camas al momento de realizar el pinch en la semana cinco.

De las 16 semanas evaluadas se observa el pico más alto de incidencia en la semana nueve, siendo el tratamiento 1 el que presenta el mayor porcentaje, muestra un aumento del 0.63% de incidencia en comparación con el testigo (control fina), mientras que en la fase final del cultivo (semana 16) se observó un notable cambio en estas estadísticas, ya que, por el contrario, el tratamiento 1 mostró mayor efectividad en cuanto a control de incidencia, es decir presentó 0.83% de incidencia por debajo que el testigo (1.04%).

A pesar de que al inicio de la enfermedad el control biológico no controló rápidamente al hongo, a lo largo del estudio se demuestra que el tratamiento 1 presentó menor porcentaje de incidencia en comparación con el testigo (finca). Estos resultados concuerdan con los presentados por Quinche (2009), quien menciona que, en el cultivo de rosas evaluado en la provincia de Chimborazo, se logró obtener la menor incidencia (0.0378%) mediante el uso de productos formulados a base de *T. harzianum*. y debido a la baja incidencia de esta enfermedad no existió la necesidad de utilizar otros productos botricidas.

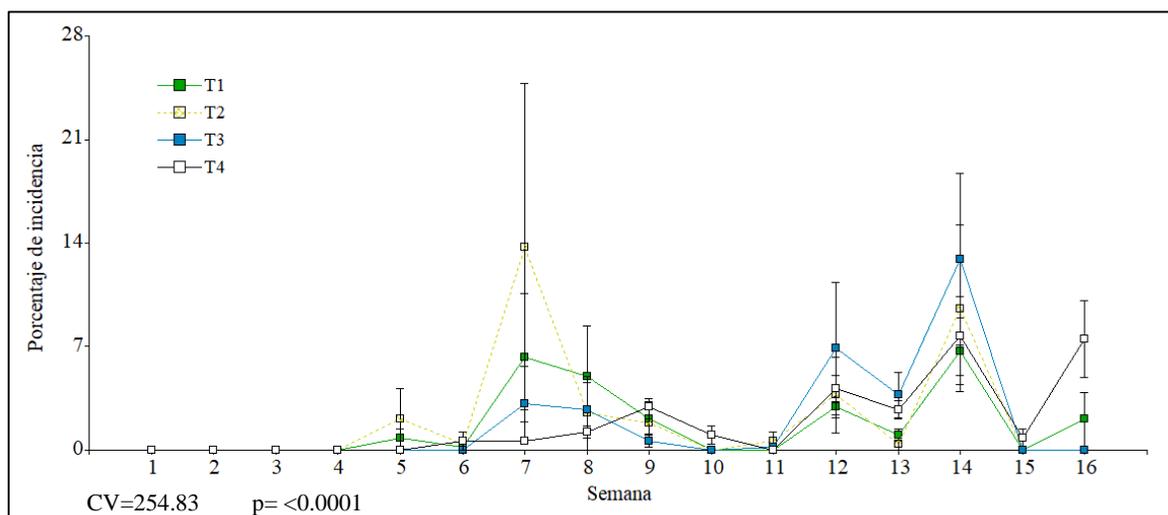
De igual manera Khan et al., (2011), menciona que en su evaluación de control del hongo *B. cinerea* en garbanzo mediante bioplaguicidas bacterianos y fúngicos como el *T. harzianum*, se obtuvo excelentes resultados. Se realizó tres tratamientos con este controlador biológico, el primero se aplicó al suelo y demostró mejorar significativamente el rendimiento de las plantas inoculadas en el suelo, en el segundo caso, se aplicó a las semillas y de igual manera demostró un gran efecto antagónico, logró disminuir la gravedad de la enfermedad y además favoreció el rendimiento entre un 8 y 13% con respecto al testigo. Finalmente, el tratamiento foliar de *Trichoderma* demostró controlar la enfermedad en un 39-41% y mejoró el rendimiento de las plantas entre un 19 y 22%.

4.2 Incidencia de *Fusarium*

En cuanto a la prueba de Kruskal Wallis el p valor arrojó un 0.0001 menor a 0.05 lo que indica que las medias de la población evaluada son significativamente diferentes. Es decir, al menos un tratamiento de *Trichoderma* ayuda a controlar la incidencia de *Fusarium*.

Figura 18

Evolución de incidencia de Fusarium a través del tiempo



Los resultados de incidencia de *Fusarium* con relación al tiempo de evaluación se muestran en la Figura 18, de la misma forma que en *B. cinerea*, el hongo que causa la enfermedad de *Fusarium* no apareció hasta la semana cinco, después del pinch, a partir de esta semana se demuestra un incremento en el índice de incidencia de la enfermedad.

Las semanas siete y 14 presentaron un mayor índice de incidencia, siendo en la semana siete el tratamiento 2 que presentó mayor porcentaje (13.75%) en comparación con el testigo (0.63%), es decir incrementó el 13.12% de incidencia, y el tratamiento 1 el 5.62% mayor al testigo, mientras que, en la semana 14 el tratamiento 3 mostró el 5.21% de incidencia mayor al testigo, por el contrario, el tratamiento 1 presentó el 1.04% de diferencia referente al testigo. Esto quiere decir que a través del tiempo que se evaluó el estudio, las parcelas del tratamiento 1 presentaron menor porcentaje de incidencia en comparación con el tratamiento que se da en la finca (T4).

Esto podría deberse a lo expuesto por Manayay et al., (2016) mediante su estudio de efecto antagonico de *T. harzianum* sobre *Fusarium sp*, en dónde se demostró que el *Trichoderma* posee un efecto antagonista mediante el aumento de su actividad antifúngica y la secreción de la enzima hidrolítica β -1,3-glucanasa, expandiéndose en un 75% y reduciendo de esta manera la colonia del patógeno a un 25% en este caso el hongo *Fusarium sp*.

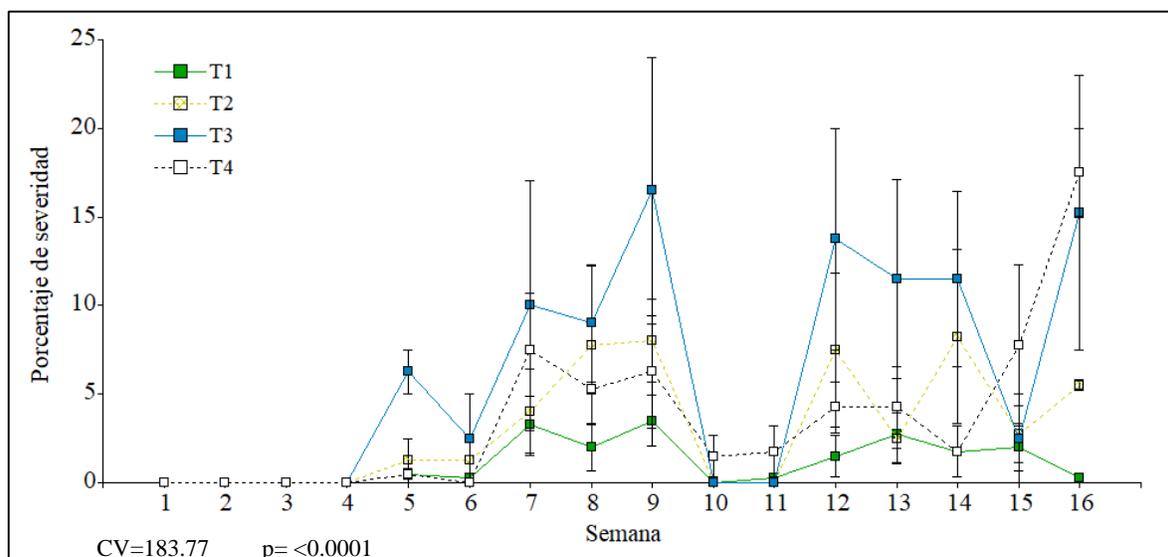
Por su parte Viera et al., (2020) menciona que se utilizó *T. harzianum* para el control de *Fusarium* en laboratorio y en huertos comerciales de manzano y tomate en Chile, dando como resultado un eficiente control de la enfermedad. De igual manera menciona que en Colombia *T. harzianum* mostró un buen efecto antagonista con diferentes grados sobre el hongo de *Fusarium*, siendo el mayor de 78.30%.

4.3 Severidad de *Botrytis cinerea*

Los resultados estadísticos muestran que existe interacción entre las variables porcentaje de severidad de *B. cinerea* y tratamientos evaluados, con un valor de significancia por debajo del 0.0001.

Figura 19

Porcentaje de severidad de B. cinerea



Los resultados presentados en la Figura 19 muestran el porcentaje de severidad de *B. cinerea* semana a semana durante el estudio, en donde se identificó que las semanas nueve y 16 mostraron un grado más elevado de severidad, en este período se produjo una mayor cantidad de mortalidad de tallos a causa de la enfermedad fúngica, mientras que entre la semana 10 y 11 se produjo un descenso notable en la severidad de esta enfermedad.

Los porcentajes de severidad se presentaron inferiores al 18% y se distribuyen de la siguiente manera, en la semana nueve el tratamiento 3 presentó el 16.5% de severidad, el tratamiento de control (finca) el 6.25% y el tratamiento 1 con un menor nivel de severidad en comparación con los demás tratamientos, con tan solo un 3.5%. De igual manera en la semana 16 el tratamiento que indica un nivel inferior de severidad es el T1 con un 0.25%, mientras que el T4 indicó el mayor grado de infección con el 17.5%.

Por consiguiente, en el plazo de 16 semanas se identificó al tratamiento 1 como el más eficaz respecto a severidad de enfermedad en comparación con el testigo. Lo cual, según Infante et al., (2009) es debido a que el *Trichoderma harzianum* al ser un controlador biológico de fitopatógenos compete con la enfermedad y logra desplazar a *B. cinerea* del huésped en donde se encuentra situada.

Esta información se corrobora por Cheng et al., (2012) quien menciona que el hongo de *Trichoderma* posee mecanismo antagónico gracias a su proceso microparasitario, el cual se realiza mediante un enrollamiento de hifas a diferentes velocidades. Además, mediante ensayos invitro se demostró que el *Trichoderma* inhibía el crecimiento de las hifas del hongo *B. cinerea*,

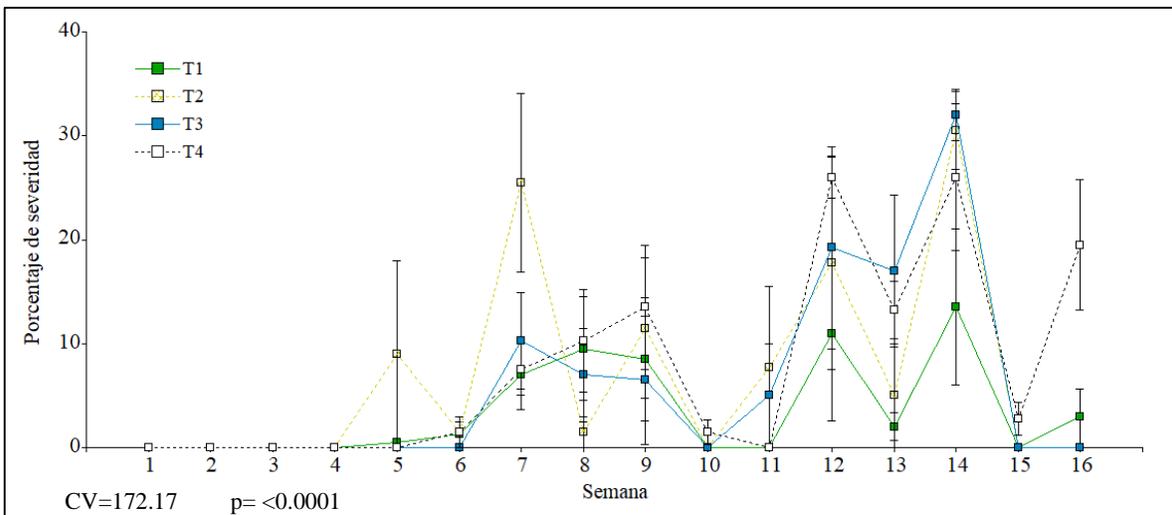
provocando la muerte de las mismas, mientras que, en postcosecha de frutos de manzana y hojas de tabaco también mostró un excelente control de la enfermedad.

4.4 Severidad de *Fusarium*

La tabulación de datos relacionados con la severidad de la enfermedad de *Fusarium* arrojó un valor de significancia por debajo del 0.0001% de confiabilidad, existe interrelación entre los tratamientos evaluados y el porcentaje de severidad.

Figura 20

Porcentaje de severidad de Fusarium



Los datos presentados en la Figura 20 muestran el progreso de severidad del hongo que provoca la enfermedad de *Fusarium* en el transcurso de las 16 semanas evaluadas en campo. Los valores correspondientes a severidad de *Fusarium* se obtuvieron cercanas o superiores a 2% pero inferiores a 35%. El nivel más alto de afecciones se manifestó en la semana 14 con el tratamiento 3 con el 32% de severidad, mientras que el T4 arrojó el 26% y finalmente el T1 mostró niveles inferiores a 20%, posicionándose como el tratamiento con menor porcentaje de severidad en comparación con los demás.

Es importante mencionar que los tratamientos de *Trichoderma* se aplicaron previamente a la aparición de los patógenos de *Botrytis* y *Fusarium*, razón por la cual mediante los resultados de incidencia y severidad tanto en *Botrytis* como en *Fusarium* muestran una tendencia creciente del patógeno en las primeras semanas, para posteriormente con el paso de los días disminuir notablemente, lo que conlleva a determinar que la aplicación de *Trichoderma* antes de la aparición de los patógenos funciona de mejor manera, es decir, es una medida de control

preventiva, sin embargo su aplicación posterior al fitopatógeno también logra disminuir su efecto (Cubillos et al., 2011).

Sharma (2011) menciona también que *Trichoderma* posee tres acciones contra *Fusarium*, esta secuencia se categoriza como interacción antagónica pre-contacto, seguido de una fase quimioatrayente para finalmente ejercer una interacción parasitaria sobre el hongo, dando como resultado que *T. harzianum* mostró excelente acción sobre el hongo y en menor tiempo en comparación con otras cepas, lo que demuestra el control rápido de enfermedades como una cualidad del *Trichoderma* como agente de control biológico.

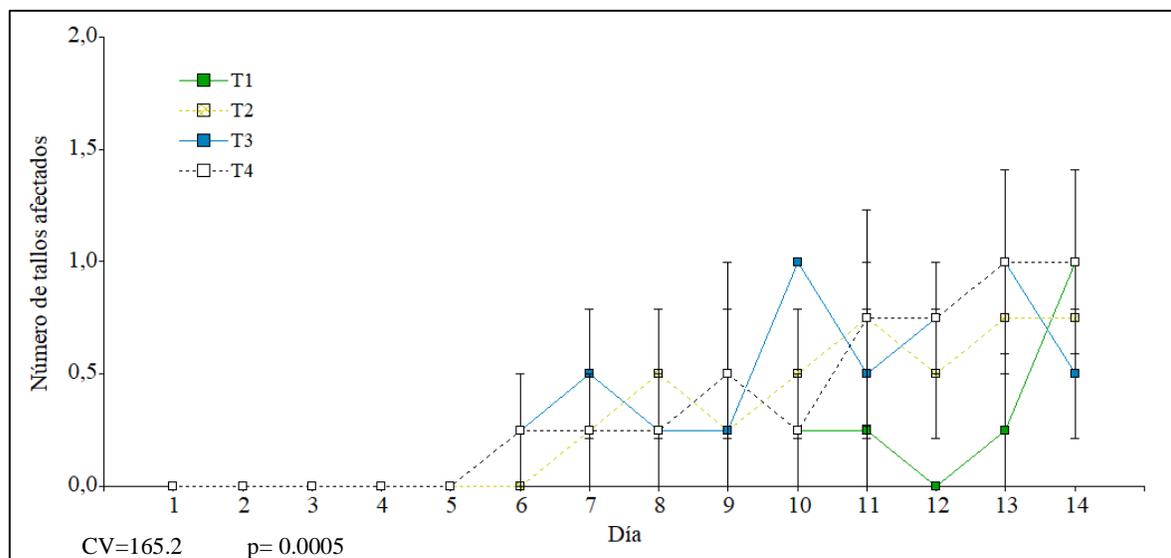
De igual manera Dubey et al., (2007) corrobora que *T. harzianum* inhibe el crecimiento del micelio del patógeno, además posee otras características importantes en las fases del cultivo optimizando la germinación de las semillas, aporta al crecimiento de brotes y raíces y disminuye la incidencia y severidad de marchitez de los cultivos en condiciones de invernadero.

4.5 Incidencia de *Botrytis cinerea* durante vida en florero

Una vez realizado el análisis estadístico para la variable incidencia vida en florero perteneciente a la enfermedad de *B. cinerea*, se obtuvo un p valor de 0.0005 lo cual indica que existen diferencias significativas entre tratamiento/día/tallos afectados.

Figura 21

Incidencia de Botrytis durante vida en florero



La evaluación de vida en florero se realizó durante 14 días consecutivos, la incidencia de *Botrytis* en vida en florero se expresó en número de tallos afectados por día. La Figura 21

muestra la variación de incidencia, el mayor número de tallos afectados se presentó en los días 13 y 14. En el día 13 los tratamientos T3 y T4 presentaron un promedio de un tallo afectado por día, mientras que el T1 presentó tan solo el 0.25. Por el contrario, en el día 14 los T1 y T4 obtuvieron valores similares de un tallo afectado por día.

Cabe destacar que a lo largo del tiempo evaluado el T1 demostró un número de tallos infectados inferior en comparación con el T4, con una diferencia de 2 tallos afectados por día. Según Túqueres (2016) estos resultados se deben a que en el proceso de simulación de vuelo en cámara húmeda se obtuvo un perfecto microclima que propicia el crecimiento, distribución, colonización y desarrollo de *Trichoderma harzianum* sobre los botones florales de *Lisianthus*, y se mantuvo en el botón floral para evitar el desarrollo excesivo del patógeno.

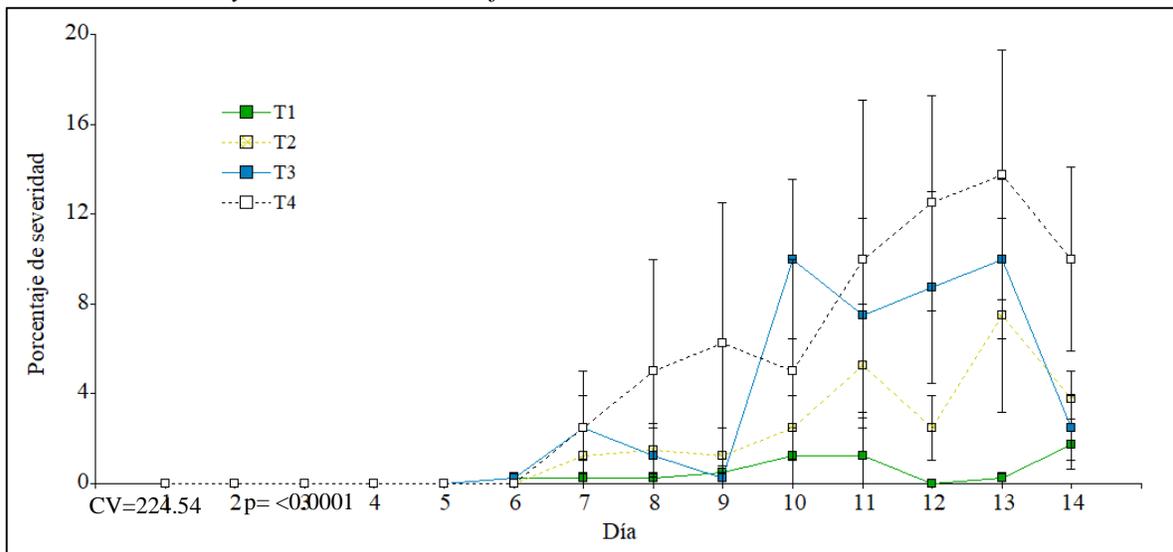
Además, los resultados pueden estar asociados con la capacidad del *T. harzianum* como controlador, para inducir enzimas antioxidantes en plantas que se encuentran bajo estrés, lo cual después de varios días de tratamiento induce al alivio del estallido oxidativo de las células del huésped que en este caso son las flores de *Lisianthus* (Youssef et al., 2016). Por su parte Elad et al., (1993) mencionan que se debe a las condiciones que favorecen la capacidad de *T. harzianum* para controlar a *B. cinerea*, que son temperaturas superiores a 20° C y de 80 y 97% de humedad relativa.

4.6 Severidad de *Botrytis* durante vida en florero

El valor de significancia correspondiente a niveles por debajo del 0.0001 demuestra la interrelación entre los tratamientos y el porcentaje de severidad.

Figura 22

Severidad de Botrytis durante vida en florero



La severidad se evaluó tomando como referencia la escala de porcentajes de 0 (Sin presencia de *Botrytis*), 5 (Lesión en uno o dos pétalos), 25 (Lesión en tres o cuatro pétalos), 50 (Lesión en cinco o seis pétalos) y 100 (Lesión en siete o más pétalos). La Figura 22 indica que el porcentaje de severidad en los 14 días evaluados permaneció con valores inferiores a 14%.

El mayor porcentaje de severidad se presentó desde el día 10 hasta el día 14, en dónde el tratamiento 4 obtuvo una tendencia de crecimiento mayor a la del T1. Por lo cual se considera a los días 10 y 11 como últimos días útiles para *Lisianthus* durante vida en florero, tomando en consideración que el porcentaje de severidad en estos días se mantiene por debajo del 12%, mientras que a partir del día 12 estos valores tienden a crecer, lo que implica que la flor de *Lisianthus* empieza el proceso de marchitamiento y muerte, por lo que ya no se considera útil para florero (Arteaga, 2016).

Los resultados obtenidos en cuanto a severidad afirman la acción antagonista del hongo de *T. harzianum* y como controlador de fitopatógenos, ya que consiguió desplazar a *B. cinerea* del hábitat donde se encuentra ubicado, con las condiciones favorables que encuentra en su entorno, además el éxito de este biocontrolador se debe también al tiempo que puede llegar a vivir en un ambiente y sus condiciones, ya que es capaz de crecer en entornos moderadamente ácidos con humedades relativas altas y temperaturas de 12° C a 15° C, inclusive soporta medios que contienen altos niveles de pesticidas y otros químicos mediante la extracción de nutrientes de los hongos que degrada, ayudando de esta manera a la descomposición de dichas sustancias (Túqueres, 2016).

4.7 Productividad

El análisis de varianza indica que existe diferencias significativas halló que el p valor es de 0.02 siendo este menor a 0.05, por consiguiente, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alternativa que indica que la aplicación de *T. harzianum* influye en el control de *B. cinerea* en el cultivo de *Lisianthus* (Tabla 9).

Tabla 9

Valor de significancia

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	9	312.29	<0.0001
Tratamiento	3	9	4.88	0.0277

Tabla 10

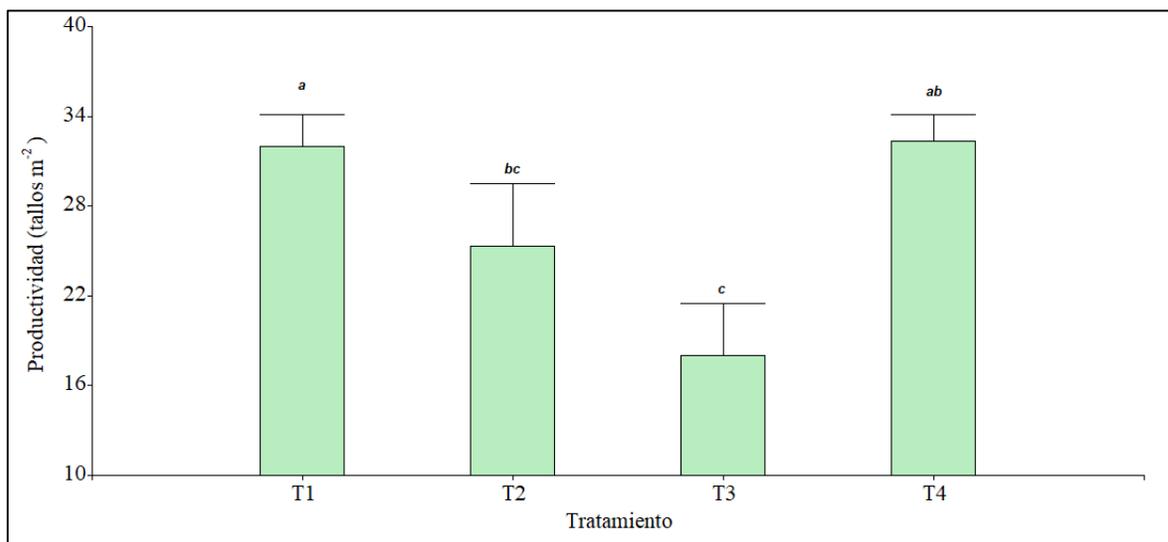
LSD Fisher de Tratamientos vs Productividad

Tratamiento	Medias	E.E.	
T4	32.31	3.05	A
T1	31.98	3.05	A
T2	25.33	3.05	AB
T3	18.04	3.05	B

También, se realizó una prueba LSD Fisher con la finalidad de analizar las variaciones obtenidas para cada tratamiento en estudio y a su vez determinar el tratamiento que estimuló mayor productividad, en donde se identificó que los tratamientos T1 y T4 son significativamente similares, mientras que el T3 presentó una diferencia significativa con respecto a los demás.

Figura 23

Tratamientos vs Productividad



La Figura 23 muestra la relación existente entre los tratamientos y la productividad obtenida, misma que fue expresada en tallos por metros cuadrados, se logró identificar gran similitud entre las parcelas de control (finca) y el tratamiento 1 (esporas 1×10^{12}), se obtuvieron medias superiores a 18 tallos/m² e inferiores a 35 tallos/m², siendo el T4 con mayor número de tallos florales con un promedio de 32.31 tallos/m², seguido por el T1 con 31.98 tallos/m², es decir una diferencia de 0.33 tallos/m².

Estos resultados son muy similares a los encontrados por Amboya (2012), ya que no encontró grandes diferencias entre los tratamientos en estudio, en cuanto al número de tallos encontró una diferencia muy escasa de tan solo 0.41 tallos entre el tratamiento con *T. harzianum* y el tratamiento dado por la finca. Sin embargo, Walsh (2010) menciona en su estudio de flores *Delphinium* que *T. harzianum* obtuvo un mayor número de tallos por m², aproximadamente un promedio de 12.50 por planta, mientras que el control químico presentó valores inferiores, lo cual señala a *T. harzianum* como el tratamiento más apto y con mayores beneficios para incluir en la finca florícola.

Sin embargo, diferencia existente entre el T1 y T4 podría deberse al mal manejo y desinfección de herramientas al momento de realizar el pinch, lo cual propició la contaminación y propagación de las plántulas de *Lisianthus* en campo, además, Arteaga (2016) menciona que el tratamiento químico que usa la finca al ser un fungicida sistémico de alto espectro, que posee acción curativa sobre la enfermedad ya que impide la división celular y por ende el desarrollo de la enfermedad.

Además, se puede apreciar que la diferencia entre el T1 y el testigo de la finca es mínima, es decir que combaten los efectos negativos de los patógenos de manera similar, por lo cual se podría realizar un programa de protección contra *B. cinerea* como una buena práctica florícola con la aplicación semanal de *Trichoderma harzianum* como biocontrolador preventivo, para de esta manera reducir el uso de fungicidas químicos, es decir intercalando el uso de productos biológicos como es el *T. harzianum* y químicos de ser el caso, o a su vez implementarlo a la fumigación como medida extrema curativa cuando la enfermedad esté en sus picos más altos, lo cual a su vez implica una reducción de gastos económicos en fungicidas químicos (Bravo, 2018).

4.8 Análisis económico

El análisis económico realizado según lo propuesto por Perrin et al., (1988), arrojó los beneficios netos y la relación beneficio- costo de cada tratamiento, y se expresaron en dolares americanos como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11

Análisis económico de la aplicación de T. harzianum para el control de Botrytis

Tratamiento	Total tallos cosechados	Ingreso total (USD)	Costo total de la finca (USD)	Costo total T. harzianum (USD)	Beneficio neto	Beneficio /costo
T1	8250	3135.00	2640	64	431.00	1.16
T2	6535	2483.30	2091.2	80	312.10	1.14
T3	4655	1768.90	1489.6	96	183.30	1.12
T4	8336	3167.68	2667.52	0	500.16	1.19
TOTAL	27776	10554.88	8888.32	240	1426.56	1.16

El total de tallos cosechados se obtuvo sumando los tallos cortados al final de cada cosecha diaria, misma que se prolongó durante 21 días, dando como resultado que los tratamientos que se posicionan con mayor producción son el T1 y T4 con una producción de 8250 y 8336 de tallos cosechados por cada tratamiento respectivamente, es decir el T4 supera al T1 con un total de 86 tallos.

El costo de producción de un tallo de *Lisianthus* variedad Ecowhite fue proporcionado por la finca (0.32 USD), mismo que se obtiene de la sumatoria de varios rubros como insumos y mano de obra tanto en campo como en postcosecha. El ingreso total es el resultado de la multiplicación del total de tallos cosechados de cada tratamiento por el costo de venta de cada tallo.

Con el valor de costo de producción por tallo se procedió a calcular el costo total de la finca, es decir, este valor se multiplicó por los tallos totales cosechados en cada tratamiento. Mientras que el costo variable de cada dosificación de *Trichoderma harzianum* se obtuvo de la multiplicación del costo de un litro del producto (10 USD) por los litros empleados en cada tratamiento durante las 16 semanas de desarrollo de la planta. Posteriormente, se determinó el valor de beneficio neto de cada tratamiento, el cual se obtuvo de la diferencia entre el ingreso total y los rubros de los costos de la finca más los costos del producto de *Trichoderma*.

Finalmente, se realizó la relación entre beneficio costo mediante la división entre los ingresos totales y la sumatoria de los costos de la finca y del *Trichoderma*, en la Tabla 21 se puede observar que nuevamente los valores de T1 y T4 son similares, lo que quiere decir que estos tratamientos son viables para el control de la enfermedad con excelentes resultados tanto en incidencia, severidad y en productividad, lo cual aporta a la economía de la finca florícola.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente el control biológico de *Trichoderma harzianum* posee varios beneficios, entre ellos un control eficaz de enfermedades fúngicas en las plantas,

amplio rango de acción y propagación, no genera resistencia, entre otros (Chiriboga et al., 2015). Además, debido a su eficiencia en bajas dosificaciones resulta una opción de control muy económico, lo cual favorece a la producción florícola, favorece también al medio ambiente y se reduce la resistencia de la enfermedad a varios químicos (Túqueres, 2016).

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En cuanto a incidencia, se evaluó 16 semanas de aplicación de *Trichoderma harzianum*, donde se evidenció que a partir de la semana 5 se empieza a propagar *Botrytis*, conforme avanza el tiempo, la dosis de *T. harzianum* 2 cm³ / L, logra controlar la propagación de dicha enfermedad, es decir presentó 0.83% por debajo que el testigo (1.04%) debido a su capacidad de persistir como antagonista en períodos secos y colonizar sustratos con rapidez.
- La severidad de *Botrytis* muestra porcentajes de infección desde la semana 5 donde *T. harzianum* 3cm³/L mostró un mayor porcentaje de daño a lo largo del desarrollo de la flor ya que se mostró inferior a 18%, mientras que *T. harzianum* 2cm³/L logró estabilizar la propagación de esta enfermedad durante todo el desarrollo del cultivo con el porcentaje inferior al 5%, debido a uno de sus mecanismos de competición directa por nutrientes y espacio con el hongo de *B. cinérea*.
- La productividad de tallos con el tratamiento convencional de la finca fue de 32.31 tallos/m², mientras que con la aplicación de *Trichoderma harzianum* en una dosis de 2cm³/L obtuvo 31.98 tallos/m² dando como resultado una diferencia de 0.33 tallos/m².
- El análisis económico indica que el costo beneficio de *T. harzianum* 2 cm³ por litro de agua es de 16 ctvs por cada tallo, lo cual indica que es un método de control biológico de bajo costo, alta rentabilidad económica y un excelente agente de control de enfermedades fúngicas ya que presenta menor incidencia de *B. cinerea* a largo plazo. Un rendimiento muy similar al del control químico en el cual se determinó un beneficio costo de 19 ctvs por cada tallo.

5.2 RECOMENDACIONES

- Continuar con las aplicaciones de *Trichoderma harzianum* a una concentración de 2 cm³ por litro de agua durante más tiempo con la finalidad de evaluar su efectividad largo plazo.
- Realizar nuevos estudios de aplicación de *Trichoderma harzianum* para el control de diferentes enfermedades fúngicas como *Fusarium*, *Mildiu velloso*, *Rhizoctonia*, para verificar la eficiencia de este controlador biológico.
- Incentivar el uso de controladores biológicos como *Trichoderma* mediante charlas técnicas dirigidas al sector florícola, ya que este hongo entomopatógeno posee varios beneficios, entre ellos económicos (beneficio costo), controla incidencia y severidad de enfermedades, reduce la contaminación del suelo y medio ambiente, no afecta a la salud de personal al aplicar y disminuye la resistencia de las enfermedades.

REFERENCIAS

- Achicanoy, H. (2001). Estrategias integradas para el control de enfermedades de las plantas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín Vol.54, Nos.1 y 2*, 1251-1273.
- Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario. (2009). Guía de Buenas Prácticas Agrícolas. *Resolución N° 108*, 1-47.
- Agrios, G. (1997). *Control de enfermedades vegetales*. San Diego: Limusa.
- Álvarez, A., Silva, H., Leyva, S., Marbán, N., y Rebollar, Á. (2017). Resistencia de *Botrytis cinerea* de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) a fungicidas en Michoacán México. *Agrociencia, vol. 51, núm. 7*, 783-798.
- Amaya, E. (2020). *Control de Botrytis (Botrytis cinerea), con fungicidas en poscosecha de rosas, en la empresa Royal Flowers, Mulaló*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Amboya, M. (2012). *Evaluación de tres frecuencias de aplicación de Trichoderma harzianum como estimulador de crecimiento en el cultivo de rosa (Rosa spp Var Limbo)*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Angel, M. (2015). *Botrytis cinerea Pers. Bases epidemiológicas y control. Fungicidas Andean Region Bayer S.A.*
- Apablaza, G., y Jalil, C. (1998). Efectividad de *Trichoderma harzianum* y pirimetanil en el control del moho gris (*Botrytis cinerea*) del tomate en invernadero. *Ciencia e investigación agraria*, 51-58.
- Arteaga, J. (2016). “*Evaluación de la efectividad de dos cepas de Trichoderma.spp para el control de Botrytis cinerea en Rosa spp. en el área de poscosecha*”. Tulcán: Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Asamblea Nacional. (2017). *Ley orgánica de Agrobiodiversidad, semillas y fomento de la agricultura sostenible*. Quito.
- Backes, F., Barbosa, J., Backes, R., y Massaki, M. (2005). Producción de *Lisianthus (Eustoma grandiflorum* Shinn) en macetas con diferentes densidades de plantas . *Acta Scientiarum Agronomy*, 237-241.
- Backes, L., Barbosa, J., Cecon, P., Saraiva, G., R. B., y Finger, F. (2007). Cultivo hidropônico de lisianto para flor de corte en sistema de fluxo laminar de nutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1561-1566.
- Bautista, J., Barbosa, H., y Uribe, D. (2016). Prototipo de formulación a base de *Rhodotorula mucilaginosa* para el control de *Botrytis cinerea* en Rosas . *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13- 23.

- Benito, E., Arranz, M., y Eslava, A. (2000). Factores de patogenicidad de *Botrytis cinerea*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 43-46.
- Bravo, N. (2018). “Reducción de la aplicación de fungicidas químicos mediante la implementación de *Trichoderma spp.* como biofungicida para el control de *Botrytis cinerea* en un cultivo de rosas”. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Caiza, V. (2013). *Colección, identificación y pruebas de eficacia invitro de (trichoderma sp). en el control biológico de (botrytis cinerea) en la finca florícola picasso roses*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana sede Quito.
- Cajilema, A. (2006). *Diagnóstico Internacional de flores frescas de corte y Estudio de Factibilidad de Lisianthus (Lisianthus spp.) como alternativa de Producción en la Provincia de Córdoba, Argentina*. Honduras: Zamorano.
- Calvo, C. (2013). *Control de la podredumbre por Botrytis cinerea mediante la aplicación de Candida sake CPA-1 y otras estrategias alternativas a los fungicidas químicos en uva de vinificación*. Lleida: Universidad de Lleida.
- Chase, W., y Reven, L. (2009). A phylogenetic classification of the land plants to accompany apg III. *Soc*, 122-127.
- Cheng, C.-H., Yang, C.-A., y Peng, K.-C. (2012). Antagonism of *Trichoderma harzianum* ETS 323 on *Botrytis cinerea* Mycelium in Culture Conditions. *Biological Control*, 1054-1063.
- Chiriboga, H., Gómez, G., y Garcés, K. (2015). *Trichoderma spp. para el control biológico de enfermedades*. Paraguay: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Consejo Nacional de Planificación. (2021). *Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025*. Quito: Registro Oficial Suplemento 544.
- Constitucion del Ecuador . (2008). *Registro Oficial 449*. Montecristi: Asamblea Nacional.
- Cubillos, J., Páez, A., y Mejía , L. (2011). Evaluación de la Capacidad Biocontroladora de *Trichoderma harzianum* Rifai contra *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. Asociado al Complejo “Secadera” en Maracuyá, Bajo Condiciones de Invernadero. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 5821-5830.
- Cucás, C. (2018). *Evaluación del método mecánico con capuchones para el control de Botrytis cinerea en el cultivo de rosa (Rosa sp)*. Tulcán: Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Dubey, S., Suresh, M., y Singh, B. (2007). Evaluation of *Trichoderma* species against *Fusarium oxysporum* f. sp. ciceris for integrated management of chickpea wilt. *Biological Control*, vol 40, 118-127.

- Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., y Delen, N. (2007). *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. New York: Springer.
- Elad, Y., Zimand, G., Zaqs, Y., Zuriel, Z., y Cheta, I. (1993). Use of *Trichoderma harzianum* in combination or alternation with fungicides to control cucumber grey mould (*Botrytis cinerea*) under commercial greenhouse conditions. *Plant Pathology*, 1365-3059.
- Enríquez, G. (2017). *Germinación y producción de plantulas de Lisianthus (Eustoma grandiflorum (Raf.) Shinners.) var. Mariachi Blue, En mezclas de Peatmoss y Zeolita*. Tenancingo, estado de México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Ezziyyani, M., Pérez, C., Sid, A., Requena, M., y Candela, M. (2004). *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annum* L.). *Anales de Biología*, 35-45.
- Fillinger, S., y Elad, Y. (2016). *Botrytis – the Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems*. New York: Springer.
- Flores, D. (2018). *Efecto del Biol sobre las enfermedades fúngicas en el cultivo de rosas (Rosa sp) variedad Freedom en la florícola Flor de Azama, provincia de Imbabura*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Fox, R. (1998). *Lisianthus a specialty cut flower*. *Practical Hydroponics y Greenhouses*, 43-51.
- Gago, D. (2015). *Efecto de las heridas sobre la resistencia de frutos de pimiento a Botrytis cinerea*. Coruña: Universidad de Coruña.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Tumbabiro. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Tumbabiro*. Urcuquí: Prefectura de Imbabura.
- Gómez, S. (2009). *Floricultura*. Pereira: Universidad Nacional Abierta y a Distancia .
- Guédez, C., Cañizález, L., Castillo, C., y Olivar, R. (2009). Efecto antagónico de *Trichoderma harzianum* sobre algunos hongos patógenos postcosecha de la fresa (*Fragaria* spp). *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 34-38.
- Hennebert, G. (1973). *Botrytis y géneros similares a Botrytis*. *Persoonia*, 183-204.
- Hidalgo, J. (2017). *La situación actual de la sustitución de insumos agroquímicos por productos biológicos como estrategia en la producción agrícola: El sector florícola ecuatoriano* . Quito: Universidad Andina Simón Bolívar.
- Infante, D., Martínez, B., González, N., y Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Proteccion Veg*, 14-21.
- Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones. (2015). *Análisis sectorial flores de verano*. Guayaquil: ProEcuador.

- Jara, A. (2014). *Evaluación de Trichoderma harzianum como propuesta alternativa al uso de sustancias químicas sintéticas para el control de Botrytis sp. en el cultivo de rosas (Rosa sp.) variedad aubade en la finca florícola valle verde. Cayambe 2012*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Kerssies, A. (1994). Epidemiology of Botrytis spotting on gerbera and rose flowers grown under glass. *Editorial Nugi*, 1-18.
- Khan, M., Anwer, A., y Shahid, S. (2011). Management of gray mold of chickpea, Botrytis cinerea with bacterial and fungal biopesticides using different modes of inoculation and application. *Control Biológico*, vol 57., 13-23.
- Maldonado, E. (2018). *Pruebas de sensibilidad de dos fungicidas unisitio para el control de Botrytis sp. en el cultivo de rosa*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Manayay , C., Cordova , L., Garcia, J., y Vásquez, J. (2016). Efecto antagónico de una cepa de Trichoderma sp sobre Fusarium sp. En planta de tomate Río Grande (Solanum lycopersicum). *UCV-HACER. Revista de Investigación y Cultura*, vol. 5, 64-68.
- Marín, M., Rivera, G., Villalobos, K., Orozco, R., y Orozco, S. (2017). Evaluación de hongos antagonistas de Botrytis cinerea pers., en plantaciones de mora, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 7-18.
- Mazuela, P., De La Riva, F., y Urrestarazu, G. (2007). Cultivo de lisianthus en perlita. *Planta flor*, 92-94.
- Melgares, J. (1996). El cultivo de Lisianthus (I Parte). *Horticultura*, 13-16.
- Merchán, J., Ferrucho, R., y Álvarez, J. (2014). Efecto de dos cepas de Trichoderma en el control de Botrytis cinerea y la calidad del fruto en fresa (Fragaria sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 44-56.
- Molina, G., Zaldúa, S., González, G., y Sanfuentes, E. (2006). Selección de hongos antagonistas para el control biológico de Botrytis cinerea en viveros forestales en Chile. *Bosque* , 126-134.
- Orjeda, G. (1998). *Evaluación de la resistencia de los bananos a las enfermedades de Sigatoka negra y marchitamiento por Fusarium. Guías técnicas INIBAP 3*. Francia: Red Internacional para el mejoramiento del banano y el plátano.
- Perrin, R., Winkelmann, D., Moscardi, E., y Anderson, J. (1988). *Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. México: CYMMYT.
- Podagro. Cia. Ltda. (2020). *BIOTRICHOpplus*. Quito.

- Quezada, P. (2011). *Evaluación del comportamiento de fungicidas microbiológicos en la prevención de Botrytis en el cultivo de fresa (Fragaria Vesca)*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Quinche, G. (2009). *Control de Botrytis (Botrytis cinerea) y Mildiu veloso (Perenospora sparsa) en el cultivo de rosa (Rosa sp variedad Forever Young) mediante el uso de Trichoderma harzianum Rifai*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Romero, O., Huerta, M., Damián, M., Domínguez, F., y Arellano, D. (2009). Características del Trichoderma harzianum, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. *Colombian biotechnology*, 143-151.
- Rubio, V., y Fereres, A. (2006). Control biológico de plagas y enfermedades de los cultivos. *Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA-CSIC). Dpto. Protección Vegetal.* , 1-16.
- Sakata, F. (2012). Tutorial de Producción de Lisianthus Flor de Corte. *Sakata*, 54-56.
- Sharma, P. (2011). Complexity of 'Trichoderma-fusarium' interaction and manifestation of biological control. *Australian Journal of Crop Science*, vol 5, 027-1038.
- Sistema de información sobre comercio exterior. (2020). *Sistema de información sobre comercio exterior*. Quito: SICE.
- Túqueres, L. (2016). *Respuesta del cultivo de rosa (Rosa sp.) a la aplicación de Trichoderma (Trichoderma harzianum) para el manejo de Botrytis (Botrytis cinerea) Pers.Fr.* Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Van, K. (2006). Licensed to kill: the lifestyle of a necrotrophic plant pathogen. *Trends in Plant Science*, 247-253.
- Viera, W., Tello, C., Martínez, A., Navia, D., Medina, L., Delgado, A., . . . Trevor, J. (2020). Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *J. Selva Andina Biosph.* v.8 n.2, 128-149.
- Vinchira, D., y Moreno, N. (2019). Control biológico: Camino a la agricultura moderna. *Colomb. Biotecnol*, 2-5.
- Walsh, E. (2010). *Estudio de la productividad del cultivo de Delphinium, con la aplicación de microorganismos benéficos (Trichoderma harzianum, Gliocladium spp, Bacillus subtilis, Azospirillum spp. y Azotobacter spp.) bajo condiciones de campo, Cusubamba*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Youssef, S., Tartoura, K., y Abdelraouf, G. (2016). Evaluation of Trichoderma harzianum and Serratia proteamaculans effect on disease suppression, stimulation of ROS-scavenging enzymes and improving tomato growth infected by Rhizoctonia solani. *Biological Control*, vol 100, 79-86.