



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

Control biológico de *Fusarium* spp., en babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. pentagona Badillo) con microorganismos antagonistas bajo condiciones de invernadero.

Trabajo de Integración Curricular,
previa a la obtención del título de
Ingeniero Agrónomo.

AUTOR:

Byron Rolando Guaman Armijos

DIRECTOR:

Ing. Ángel Rolando Robles Carrión PhD.

Loja —Ecuador

2025

Certificación



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **ROBLES CARRION ANGEL ROLANDO**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Control biológico de Fusarium spp en babaco (Vasconcellea heilbornii var. pentagona Badillo) con microorganismos antagonistas bajo condiciones de invernadero**, perteneciente al estudiante **BYRON ROLANDO GUAMAN ARMIJOS**, con cédula de identidad N° **1150914941**.

Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 29 de Julio de 2024



ANGEL ROLANDO
ROBLES CARRION

F)

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR

Autoría

Yo, Byron Rolando Guaman Armijos, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:



Cedula de Identidad: 1150914941

Fecha: 10/01/2025

Correo electrónico: byron.r.guaman@unl.edu.ec

Teléfono o Celular: 0962662172

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Byron Rolando Guaman Armijos**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular denominado: **Control biológico de *Fusarium* spp en babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. *pentagona* Badillo) con microorganismos antagonistas bajo condiciones de invernadero**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de la información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los diez días del mes de enero de dos mil veinticinco.

Firma:



Autor: Byron Rolando Guaman Armijos

Cedula: 1150914941

Dirección: Loja-Malacatos

Correo electrónico: byron.r.guaman@unl.edu.ec

Teléfono: 0962662172

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Ángel Rolando Robles Carrión PhD

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a Dios por darme salud y valentía para enfrentar las adversidades a lo largo de mi carrera y poder aprender de cada uno de mis errores y sobre todo para no rendirme en el arduo camino a esta meta.

A mi querida madre Gladys Armijos quien siempre estuvo a mi lado con sus palabras de aliento y amor incondicional. A mi padre, Luis Guaman, que desde el cielo me cuida y me guía para que todo salga bien.

De manera especial a mis hermanos quienes han estado apoyándome, motivándome en especial mi hermana mayor quien ha sido un ejemplo a seguir, un ejemplo de valentía y lucha.

Finalmente, pero no menos importantes, mis amigos Noelia, Laura, Judith, Auliria y Anna con quienes compartí tantas experiencias, aventuras y altibajos, he hicieron esta etapa menos complicada. A mis compañeros y amistades, quienes sin esperar nada a cambio compartieron conmigo grandes momentos de alegrías y tristezas, a todas las personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo y lograron que hoy se haga realidad uno de mis más grandes anhelos.

Byron Rolando Guaman Armijos

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios y a la Virgencita de El Cisne por cada bendición derramada en mí, por darme la fuerza y sabiduría para culminar esta etapa.

A mi madre, por guiarme cada día de mi vida, por enseñarme a ser autosuficiente, por darme todo lo necesario para alcanzar cada meta y sueño que me he propuesto, así mismo, esta etapa no hubiera sido posible sin su inmenso amor y ayuda. A mis hermanos, por acompañarme en cada desvelada, por darme ánimo y brindarme su apoyo incondicional.

A mis amigos Noelia, Laura y Judith por ayudarme a lo largo de la carrera, en cada momento donde se todo se volvía más complicado, por cada consejo brindado, por volver cada momento más divertido.

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja por abrirme las puertas de su alma mater, a la carrera de Ingeniería Agronómica y a su personal docente, por todos los valiosos conocimientos impartidos y constante apoyo para seguir adelante con mi formación como profesional.

A mi director, PhD. Ángel Robles, por haberme brindado la oportunidad de acudir a su capacidad y conocimiento científico, así como por haber tenido toda la paciencia del mundo durante el desarrollo de este trabajo de Integración Curricular.

Mi agradecimiento al personal técnico del Laboratorio de Biotecnología y Fitopatología, por su apoyo durante la ejecución de mi tesis, quienes me impartieron sus conocimientos, experiencias y me guiaron para que este trabajo culmine de la mejor manera.

Byron Rolando Guaman Armijos

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
3.1. Objetivo general	6
3.2. Objetivos específicos	6
4. Marco teórico	7
4.1. Generalidades del cultivo de babaco	7
4.1.1. Centro de origen	7
4.1.2. Distribución del cultivo de babaco a nivel mundial y nacional	7
4.1.3. Requerimientos del cultivo.....	7
4.2. Marchitez vascular del babaco	8

4.2.1.	Explicación de la enfermedad	8
4.2.2.	Síntomas	8
4.2.3.	Agente causal	9
4.2.4.	Ciclo de la enfermedad.....	9
4.3.	Microorganismos antagonistas para el control de enfermedades en plantas	9
4.3.1.	Mecanismos de acción de los microorganismos antagonistas	10
4.4.	Tipos de microorganismos antagonistas.....	11
4.4.1.	Bacterias antagonistas	11
4.4.2.	<i>Trichoderma</i> spp.	11
4.5.	Experiencias sobre control biológico para <i>Fusarium</i> spp	12
5.	Metodología	14
5.1.	Metodología general	14
5.1.1.	Ubicación de área de estudio.....	14
5.1.2.	Tipo de investigación	14
5.1.3.	Alcance de la investigación.....	14
5.1.4.	Diseño experimental.....	15
5.2.	Metodología por objetivos.....	16
5.2.1.	Metodología para el primer objetivo	16
5.2.3.	Metodología para el segundo objetivo	19
6.	Resultados.....	20
6.1.	Resultados para el primero bjetivo	20
6.1.1.	Incidencia (I)	20
6.1.2.	Severidad (S).....	21
6.1.3.	Eficacia del biocontrol (EB%)	22
6.2.	Resultados para el segundo objetivo	23
6.2.1.	Área bajo la curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE).....	23
6.2.2.	Área Bajo la Curva del Progreso Escalonado de la Enfermedad (ABCPEE)	23
7.	Discusiones.....	25
7.1.	Discusiones para el primer objetivo	25

7.2. Discusiones para el segundo objetivo.....	26
8. Conclusiones	28
9. Recomendaciones	29
10. Bibliografía	30
11. Anexos	34

Índice de tablas

Tabla 1. Escala de evaluación de la severidad de la marchitez vascular de babaco	18
---	----

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la Quinta Experimental La Argelia, de la Universidad Nacional de Loja, cuya ubicación está marcada de rojo (Google Earth, 2024).....	14
Figura 2. Esquema del diseño experimental de estudio desarrollado con plantas in vivo, donde se trabajó con cinco tratamientos cada uno con nueve repeticiones.	15
Figura 3. Progresión del porcentaje de Incidencia (I%) causada por la inoculación de <i>Fusarium</i> spp., sobre plántulas de babaco bajo condiciones controladas 46 días post inoculación.	20
Figura 4. Variación de la severidad en relación con el tiempo y tratamientos específicos.....	21
Figura 5. Eficacia del biocontrol (ECB) causado por la inoculación de <i>Fusarium</i> spp., sobre plántulas de babaco bajo condiciones controladas 46 días post inoculación.	22
Figura 6. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), causadas por la inoculación de <i>Fusarium</i> spp., sobre plántulas de babaco bajo condiciones controladas 46 días post inoculación.....	23
Figura 7. Área bajo la curva escalonada del progreso de la enfermedad (ABCPEE) causadas por la inoculación de <i>Fusarium</i> spp., sobre plántulas de babaco bajo condiciones controladas 46 días post inoculación.	24

Índice de anexos

Anexo 1. Fotografías del proyecto de tesis de la fase de campo	34
Anexo 2. Plantas de Babaco en etapa de cuarentena	34
Anexo 3. Actividades realizadas en la etapa de cuarentena.....	34
Anexo 4. Siembra de <i>Fusarium</i> spp., en laboratorio	35
Anexo 5. Medios de cultivo en laboratorio de <i>Fusarium</i> spp., <i>Trichoderma</i> y <i>Pseudomonas</i>	35
Anexo 6. Ficha técnica del Ridomil Gold®.....	36
Anexo 7. Inoculación de las plantas por emersión de raíces	37
Anexo 8. Siembra y arreglo de plantas inoculadas en invernadero	37
Anexo 9. Plantas inoculas a los 46 días	37
Anexo 10. Tabulación de datos en Excel de la Incidencia.....	38
Anexo 11. Tabulación de datos en Excel de la Severidad	38
Anexo 12. Tabulación de datos en Excel de la Eficacia del biocontrol.....	39
Anexo 13. Tabulación de datos en Excel del Área bajo la cura del progreso de la enfermedad (ABCPE)	40
Anexo 14. Tabulación de datos en Excel del Área bajo la curva escalonada del progreso de la enfermedad (ABCPEE)	41
Anexo 15. Certificado de traducción del resumen.....	42

1. Título

Control biológico de *Fusarium* spp. en babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. pentagona Badillo) con microorganismos antagonistas bajo condiciones de invernadero.

2. Resumen

La enfermedad de Marchitez Vascular del Babaco (MVB), causada por un complejo de hongos del género *Fusarium* spp., representa una de las patologías más significativas en términos de impacto económico para este cultivo. Esta enfermedad ha ocasionado graves pérdidas en las plantaciones, obligando a los agricultores a adoptar medidas de control químico, o incluso a abandonar la producción debido a la drástica reducción en los rendimientos. Una alternativa viable y sostenible para el manejo de MVB es el control biológico, que se basa en la utilización de microorganismos antagonistas para inhibir o reducir la actividad de los patógenos. Este enfoque no solo contribuye a la disminución del uso de productos químicos, sino también promueve la sostenibilidad ambiental mediante la integración de agentes de biocontrol que interactúan con el patógeno. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia y analizar la dinámica temporal del biocontrol de *Fusarium* spp., utilizando microorganismos antagonistas bajo condiciones de invernadero, para ello se utilizaron plántulas sin certificación fitosanitaria; todas las plantas se sometieron a un período de cuarentena de 30 días. Se utilizaron nueve plantas por cada uno de los tratamientos, incluido el tratamiento control. La inoculación se realizó sumergiendo las raíces en una suspensión de conidial de *Fusarium* spp., con una concentración de 1×10^6 conidios/mL, durante 30 minutos. Después de inoculadas, las plantas se sembraron en contenedores de plástico con sustrato, en una proporción 2:1:1 (turba-suelo agrícola-arena) esterilizado en vapor seco, a temperatura 200 °C por 4 Horas. En todos los experimentos se realizó diseños completamente al azar; donde las unidades experimentales fueron los valdes, por último, se verifico los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, y se evaluaron los siguientes parámetros: incidencia, severidad, eficacia del biocontrol, Área Bajo la curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) y Área Bajo la Curva del Progreso Escalonado de la Enfermedad (ABCPEE) donde se utilizó una fórmula para cada variable. Los resultados indicaron que *Trichoderma* mostró un alto potencial, con porcentaje de inhibición del 94,6 de efectividad en comparación con los demás tratamientos presentaron un menor potencial como agentes de biocontrol. En conclusión, *Trichoderma* spp. se destacó como el mejor biocontrolador mostrando una alta afectividad en la inhibición de *Fusarium* spp.

Palabras claves: Control biológico, *Fusarium* spp., Babaco, Marchitez Vascular del Babaco (MVB), Microorganismos antagonistas, Eficacia del biocontrol y dinámica temporal.

Abstract

Vascular Wilt disease of Babaco (VWB), caused by a fungal complex of the genus *Fusarium* spp., represents one of the most significant pathologies in terms of economic impact for this crop. This disease has caused serious losses in plantations, forcing farmers to adopt chemical control measures, or even to abandon production due to the drastic reduction in yields. A viable and sustainable alternative for the management of VWB is biological control, which is based on the use of antagonist microorganisms to inhibit or reduce the activity of pathogens. The objective of this research was to evaluate the efficacy and analyze the temporal dynamics of biocontrol of *Fusarium* spp., using antagonistic microorganisms under greenhouse conditions, seedlings without phytosanitary certification were used for this purpose; all plants were subjected to a 30-day quarantine period. Inoculation was performed by immersing the roots in a conidial suspension of *Fusarium* spp., with a concentration of 1×10^6 conidia/mL, for 30 minutes. After inoculation, the plants were planted in plastic containers with substrate in a 2:1:1 ratio (peat-agricultural soil-sand) sterilized in dry steam at a temperature of 200 °C for 4 h. In all experiments, completely randomized designs were used; where the experimental units were babaco plants, finally, the assumptions of normality and homogeneity of variance were verified, and the following parameters were evaluated: incidence, severity, biocontrol efficacy, Area Under the Curve of Disease Progression (AUCDP) and Area Under the Curve of the Stepped Disease Progression (AUCSDP) where a formula was used for each variable. The results indicated that *Trichoderma* showed high potential, with an inhibition percentage of 94.6% effectiveness compared to the other treatments that had less potential as biocontrol agents. In conclusion, *Trichoderma* spp., stood out as the best biocontroller showing high effectiveness in inhibiting *Fusarium* spp.

Keywords: Biological Control, *Fusarium* spp., Babaco, Vascular Wilt of Babaco (VWB), Antagonistic Microorganisms, Efficacy of Biocontrol and Temporal Dynamics.

3. Introducción

El babaco es considerado como una fruta exótica y es un producto promisorio del Ecuador, es un híbrido resultado del cruce entre *Vasconcellea cundinamarcensis* (Chamburo) x *Vasconcellea stipulata* (Toronche). El babaco, en nuestro país desde el punto vista económico y alimenticio, tiene un gran potencial como especie cultivada (Diego & Patiño, 2015).

En la actualidad, en el Cantón Cañar se cultiva bajo invernadero, aumentando su interés comercial gracias a la calidad gustativa, bajo contenido de azúcares y calorías, alto contenido de vitaminas y minerales. En Ecuador, hay sembradas 180 ha, tanto en sistemas de invernadero como a cielo abierto. Tungurahua se destaca como el principal productor a nivel nacional, con el 60 % del total de la producción del país (Fitria, 2013).

La producción de babaco, enfrenta importantes desafíos debido a la presencia de diversos agentes fitopatógenos que pueden afectar en distintas fases de su desarrollo vegetativo y reproductivo, entre estos se incluyen nematodos, virus, bacterias y hongos (Robles et al., 2016). Este grupo de microorganismos ha sido objeto de amplias investigaciones, debido a las pérdidas significativas que ocasionan a su productividad. Estudios realizados indican que el aumento de la enfermedad no se atribuye únicamente a la presencia de *F. oxysporum*, sino que implica un sistema patológico complejo que interactúa con la planta (Robles et al., 2016).

En los últimos años la marchitez vascular del babaco, originada por *F. oxysporum* es una enfermedad significativa y prevalente en las áreas de esta fruta, generando pérdidas considerables, especialmente en condiciones de invernadero, que proporcionan un entorno propicio para el desarrollo del patógeno. En Ecuador, la mayoría de los suelos utilizados para el cultivo del babaco están considerablemente afectados por el patógeno, lo que ha ocasionado reducciones en la producción de esta fruta de hasta el 100 % (Espinoza, 2016).

Frente a este problema, los microorganismos antagonistas han surgido como una solución prometedora ya que poseen la capacidad de inhibir el crecimiento y la propagación de *Fusarium* spp., mediante la producción de metabolitos secundarios, enzimas o competencia por recursos (Michel & Gaffney, 2020). Entre los microorganismos más relevantes se destacan las bacterias pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Enterobacteriaceas*, así como los hongos de los géneros *Gliocladium* y *Penicillium* y *Trichoderma*, lo cual el último es el más utilizado para controlar un grupo importante de patógenos presentes en el suelo (Pérez et al., 2017) .

Por consiguiente, el presente proyecto surge de la necesidad de desarrollar nuevos métodos de control biológico utilizando microorganismos antagonistas para combatir *Fusarium* spp., en el cultivo de babaco bajo condiciones controladas. Esta iniciativa se plantea como una alternativa sostenible para incrementar la producción orgánica de babaco, reduciendo el uso de agroquímicos que afectan los recursos naturales y la salud humana. El proyecto está alineado con el Objetivo de Desarrollo (ODS) 12: “Producción y Consumo Responsable” y con la línea de investigación de la Universidad Nacional de Loja, “Sistemas Agropecuarios Sostenibles para la Soberanía Alimentaria”, al promover el uso de microorganismos benéficos como una solución innovadora en el biocontrol agrícola.

Bajo este contexto, se pretende analizar ¿Cuál es el efecto del uso de microorganismos antagonistas, para el control de *Fusarium* spp? en babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. pentagona Badillo) bajo condiciones controladas?

Para el cumplimiento del propósito de la investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

3.1. Objetivo general

- Evaluar la eficacia del control biológico de *Fusarium* spp., en babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. pentagona Badillo) con microorganismos antagonistas bajo condiciones de invernadero.

3.2. Objetivos específicos

- Determinar la eficacia de los microorganismos antagonistas seleccionados en el control de *Fusarium* spp., en babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. pentagona Badillo) bajo condiciones de invernadero.
- Analizar la dinámica temporal del biocontrol de *Fusarium* spp., mediante el uso de microorganismos antagonistas.

4. Marco teórico

4.1. Generalidades del cultivo de babaco

En la actualidad, la agricultura ha ganado una enorme importancia y relevancia, convirtiéndose en un pilar fundamental de la economía que influye significativamente en sus indicadores y tendencias económicas. En contexto, se ha observado un creciente interés en la producción de productos agrícolas exóticos y no convencionales, entre los cuales destaca el babaco. Esta fruta ha sido valorada desde tiempos antiguos debido a sus características excepcionales, como la ausencia de semillas, tener una cáscara delgada y el agradable sabor de su pulpa (Fernández, 2012).

4.1.1. Centro de origen

El babaco, originario de los valles de la provincia de Loja, ha sido naturalmente extendido a lo largo de décadas en los valles protegidos del callejón interandino y en áreas secas de la costa. Este fruto es un híbrido natural derivado de las especies *V. cundimarcensis* (Chamburo) y *V. stipulata* (Toronche). Para su cultivo, es recomendable seleccionar áreas que estén resguardadas de vientos fuertes y helada (Robles, Lidcay, et al., 2016).

4.1.2. Distribución del cultivo de babaco a nivel mundial y nacional

En Ecuador, las áreas principales para el cultivo de babaco, tanto en invernadero como en campo abierto, se encuentran en provincias específicas como Imbabura (Atuntaqui, Perucho), Tungurahua (Patate y Baños), Pichincha (Tumbaco), Azuay (Gualaceo, Santa Isabel) y Loja. Además, las provincias son reconocidas por su contribución significativa a la producción de babaco (Ampuero, 2004). Se ha observado un crecimiento positivo en el cultivo, y se estima que la superficie total sembrada puede variar entre 150 y 200 ha, la mayoría de estos cultivos son realizados bajo invernadero (Núñez, 2008).

Aunque el cultivo de babaco es bastante común en Ecuador, uno de los principales desafíos radica en la reproducción de las plantas, debido a que el fruto es partenocárpico, lo que significa que no tiene semillas, lo que reduce su propagación principalmente asexual, mediante la obtención de clones por estacas de otras plantas del mismo género (Rivera & Jadán, 2010).

4.1.3. Requerimientos del cultivo

El cultivo de babaco se desarrolla en zonas ecológicas caracterizadas por etapas espinosas y bosques secos montanos bajos, un clima templado con una temperatura promedio anual que varía entre 14 y 27 °C. La precipitación media oscila entre 6000 y 1500 mm, y el rango de altitudes adecuado para su siembra va desde los 800 hasta los 2600 metros sobre el nivel del

mar, siendo ideal entre 5,5 y 8,2, aunque lo óptimo es entre 5,5 y 6,8 pH. La humedad ambiental recomendada para el desarrollo del cultivo se encuentra entre el 70 % y el 80 %, y se puede regularse en los invernaderos mediante una adecuada ventilación para evitar enfermedades como el odio o cenicilla y plagas como la araña roja, que suelen surgir cuando la humedad relativa desciende por debajo de los 60 % durante más de 8 días consecutivos. Aunque el cultivo no requiere muchas horas luz, se recomienda un mínimo de 4,5 horas de luz por día (Suarez, 2015).

4.2. Marchitez vascular del babaco

4.2.1. Explicación de la enfermedad

La marchitez vascular del babaco es una enfermedad radicular importante, ya que puede llegar a una incidencia de hasta el 100 %, y se propaga fácilmente mediante la propagación contaminada (Ochoa et al., 2000). Esta enfermedad es causada por el hongo *Fusarium oxysporum*, que tiene la característica de formar diferentes estructuras como micelio y esporas que se pueden transportar por el agua, el equipo agrícola, trasplantes, injertos, o por el viento, permitiendo que se diseminen entre plantaciones (Ochoa et al., 2000). La reproducción del patógeno se realiza a través de la formación de tres tipos de esporas asexuales (microconidias, macroconidias y clamidósporas); estas unidades reproductoras cumplen funciones tales como multiplicación y diseminación en la planta (microconidias y macroconidias) y resistencia a condiciones adversas (clamidósporas) (Bravo et al., 2012).

4.2.2. Síntomas

Los primeros signos de la enfermedad que afecta a la planta se manifiestan mediante amarillamiento de las hojas inferiores, extendiéndose gradualmente por toda la planta y ocasionando una pérdida total de las hojas y daños en las raíces. En la región de la base de la planta, se observa un cambio de color del tejido, adquiriendo una tonalidad café que con el progreso de la enfermedad se vuelve más oscuro en su consistencia. La mayoría de los frutos se desprenden prematuramente, mientras que aquellos que permanecen en la planta muestran un aspecto arrugado y deshidratado. Además, el crecimiento de nuevos brotes se ve detenido, y en la parte superior se la planta se observa un marchitamiento progresivo, a menudo acompañado de una podrición blanda que afecta al tallo y puede extenderse por toda la planta. Estos síntomas son principalmente causados por la invasión y propagación de la enfermedad a través del sistema vascular de la planta (Bravo et al., 2012).

4.2.3. Agente causal

El género *Fusarium* spp., incluyendo la especie *Fusarium oxysporum*, fue inicialmente identificado por el micólogo Von Schelecchtend en 1824. Este género comprende una amplia gama de especies que se encuentran distribuidas en todo el mundo, a menudo aisladas como saprofitos en agua, suelo y materia orgánica en descomposición. *Fusarium* spp., es reconocido por su capacidad para crecer en diversos sustratos y por sus eficientes métodos de dispersión. Además, es el agente causal de la Marchitez Vascular, una enfermedad que afecta una gran variedad de cultivos de importancia económica en todo el mundo (Espinoza, 2016).

4.2.4. Ciclo de la enfermedad

El ciclo de la enfermedad se inicia con la presencia del patógeno en el suelo o en residuos de cosecha, el cual está constituido por hifas, esporas o clamidosporas que germinan cuando son activadas por señales moleculares de exudados producidos en las raíces fibrosas del Babaco. Los haustorios del hongo penetran la epidermis de las raíces directamente o por daños mecánicos, pasan a la corteza y a la endodermis. Una vez dentro del hospedante se mueven para colonizar los vasos del xilema produciendo la oclusión del sistema vascular de la planta. Su diseminación en el campo se produce a través de material de propagación infectado, fragmentos de plantas enfermas y movimientos de suelo infestado con clamidosporas de *F. oxysporum* (Leslie & Summerell, 2006).

4.3. Microorganismos antagonistas para el control de enfermedades en plantas

Los microorganismos antagonistas, tales como bacterias, levaduras y hongos, poseen la habilidad de aplicar un control biológico sobre diferentes patógenos de interés y han sido empleados en la lucha contra diversas enfermedades que afectan a frutos y vegetales (Hernández et al., 2007). En los últimos años, se ha centrado la investigación en el control biológico, el cual ha demostrado ser eficaz en el tratamiento de enfermedades que afectan a los productos después de la cosecha. Se ha identificado la superficie de los frutos, también conocida como el fructoplano, como un lugar ideal para aislar microorganismos antagonistas que pueden inhibir el desarrollo de enfermedades en dichos productos. Al elegir los microorganismos, es crucial considerar ciertas características generales, como su capacidad para colonizar rápidamente la superficie de los frutos y para persistir de manera adecuada en ella. Además, se busca que los microorganismos sean más competentes que el agente patógeno en la obtención de nutrientes, y que puedan sobrevivir en una variedad de entornos ambientales (Hernández et al., 2007).

Existen numerosos hongos y bacterias que exhiben propiedades antagonistas contra otros microorganismos, lo que puede ser aprovechado como una estrategia para controlar patógenos vegetales de manera biológica. Entre los microorganismos más relevantes se incluyen bacterias de los géneros *Fusarium*, *Pseudomonas* y *Bacillus*, así como hongos de los géneros *Gliocladium* y *Trichoderma*. *Trichoderma*, en particular, es especialmente utilizado para el control de una variedad significativa de patógenos del suelo. Su principal mecanismo de acción es el hiperparasitismo, aunque algunas especies y cepas pueden producir metabolitos bioactivos que mejoran su eficacia. Además, ciertos aislamientos de *Trichoderma* tiene la capacidad de controlar nematodos. En el mundo biológico, se observa una interacción constante entre los potenciales patógenos y sus antagonistas, lo que contribuye a prevenir el desarrollo de enfermedades en la mayoría de los casos. En condiciones naturales, los microorganismos mantienen un equilibrio dinámico en la superficie de las plantas (Fernández, 2001).

4.3.1. Mecanismos de acción de los microorganismos antagonistas

La fitogenética de varios microorganismos con capacidad natural para actuar como antagonistas contra diversos patógenos vegetales ha despertado el interés. No obstante, para una implementación más efectiva, es crucial comprender los mecanismos de acción con el fin de desarrollar procesos de aplicación seguros y seleccionar cepas eficaces. Identificar y comprender los mecanismos de acción entre antagonistas y patógenos, así como su interacción con el entorno, es fundamental. Los microorganismos dependen de una combinación de factores bióticos para expresar su potencial, lo que facilitara la selección de agentes más eficientes para el control biológico (Vidal et al., 2021).

Entre los mecanismos de acción asociados a los microorganismos antagonistas, se destacan la competencia por espacio y nutrientes, la antibiosis, el parasitismo y el micoparasitismo. Los microorganismos antagonistas parasitan al patógeno invadiendo sus células, su pared celular, su membrana plasmática y su citoplasma. La fungistasis se refiere a la imposición de dormancia por parte del controlador biológico, lo que restringe nutrientes como el carbono disponible para el patógeno. Otros mecanismos incluyen la inducción de resistencia en las plantas, la depredación, la secreción de metabolitos tóxicos volátiles y a producción de enzimas líticas (Vidal et al., 2021).

Los microorganismos antagonistas emplean diversos mecanismos para controlar patógenos:

- **Competencia:** Por espacio y nutrientes esenciales.
- **Antibiosis:** Producción de metabolitos secundarios tóxicos.

- **Micoparasitismo:** Invasión directa de estructuras del patógeno.
- **Inducción de resistencia:** Estimulación de defensas naturales en las plantas.

Trichoderma, es un hongo oportunista de crecimiento rápido, actúa como antagonista de hongos fitopatógenos, oomicetos y nematodos mediante la competencia por espacio y nutrientes. Su mecanismo de micoparasitismo implica el reconocimiento del huésped, la penetración y la inducción de la muerte, acompañado de la secreción de metabolitos secundarios como trichodermina, dermadina, suzukacilina, viridina y alameticina, que degradan la pared celular y suprimen el crecimiento de otros microorganismos. Además, puede parasitar las hifas del patógeno, alterar la fisiología del hospedante y penetrar su pared celular mediante enzimas hidrolíticas como quitinasas y glucanasas. La antibiosis también es un mecanismo relevante de *Trichoderma*. Es importante destacar de los metabolitos secundarios producidos por *Trichoderma* varían según la cepa y se pueden clasificar en tres tipos: antibióticos volátiles como la 6-pentil- α -pirona e isocianuros derivados, compuestos solubles en agua como el ácido heptenoico y oligopéptidos ricos en ácido γ -aminobutírico (Vidal et al., 2021).

4.4. Tipos de microorganismos antagonistas

4.4.1. Bacterias antagonistas

Las bacterias pertenecientes al grupo de *Pseudomonas fluorescens* y al género *Bacillus* se destacan por su eficacia en el control de enfermedades tanto foliares como radicales en las plantas. Su diversidad genética les permite colonizar eficientemente tanto el suelo como la rizosfera. En estudios comparativos, se ha observado que el género *Bacillus* tiene ventajas sobre *Pseudomonas fluorescens*, lo que muestra una mayor capacidad de emergencia y control de patógenos en cultivos de trigo. Además, se han evaluado estas bacterias para el control de enfermedades fungosas, se ha encontrado que las aplicaciones de *Bacillus subtilis*, tanto antes como después de la cosecha, en aguacates, tienen un efecto similar al de los fungicidas comerciales. Se ha descubierto que una combinación de *Bacillus subtilis* con fungicidas como benomilo y oxiclورو de cobre ofrece un control biológico eficaz, lo que constituye el primer informe sobre el control biológico precosecha en aguacate. Para investigaciones futuras, es importante evaluar el modo de acción *Bacillus subtilis*, especialmente como un posible hospedante natural (Fernández & Vega, 2001).

4.4.2. *Trichoderma* spp.

La versatilidad, adaptabilidad y facilidad de manipulación de los hongos pertenecientes al género *Trichoderma* spp., han propiciado su aplicación en el control biológico. No obstante, las

limitaciones en las tecnologías de formulación representan un obstáculo para el progreso de la investigación tecnológica en este campo (Fernández & Vega, 2001). *Trichoderma* spp produce tres tipos de estructuras de propagación: hifas, clamidosporas y conidios, todas ellas eficaces contra fitopatógenos en distintas etapas del ciclo de vida, desde la germinación de las esporas hasta la formación de nuevas esporas. El parasitismo puede manifestarse mediante la penetración en el tejido vegetal, el engrosamiento de las hifas, la formación de haustorios y la desorganización del contenido celular. La competencia por recursos como el espacio y los nutrientes es particularmente efectiva, penetrar en el tejido, aunque este efecto no es significativo en aquellos que penetran rápidamente (Fernández & Vega, 2001).

4.5. Experiencias sobre control biológico para *Fusarium* spp

El control biológico se presenta como una alternativa o complementaria a las estrategias existentes utilizadas en la reducción de enfermedades provocadas por diversos patógenos en distintas especies vegetales. Se conoce como una técnica importante para restablecer el equilibrio en los agroecosistemas y aprovechar el potencial natural de ciertos macroorganismos antagonistas en contra de patógenos susceptibles. Se define el control biológico como una parte integral de manejo integrado de enfermedades, que implica el uso de organismos vivos para suprimir la densidad poblacional o el impacto de un patógeno específico, lo que reduce su presencia o daño potencial. En contexto, se considera que microorganismo como hongos, bacterias y virus actúan como agentes de control biológico (ACB), disminuyendo tanto la incidencia como la severidad de las enfermedades (Espinoza, 2016).

Diversas estrategias se han empleado para controlar *Fusarium oxysporum*, como el uso de plantas resistentes y fungicidas. Sin embargo, aquellas medidas no han logrado la efectividad deseada debido a varios factores. En el caso de las plantas resistentes, la aparición de nuevas variantes del patógeno ha limitado su eficacia. Además, el uso continuo de fungicidas ha llevado al desarrollo de resistencia en *Fusarium oxysporum*. De hecho, algunos informes sugieren que estos productos químicos podrían tener efectos cancerígenos en los seres humanos (Espinoza, 2016).

Otras estrategias de control más adecuadas con el medioambiente implican diversas prácticas agrícolas diseñadas para reducir el inóculo de varios fitopatógenos presentes en el suelo, como *Fusarium oxysporum*. Una de las técnicas es la solarización, que implica elevar la temperatura del suelo mediante la energía solar a niveles que resultan letales o debilitantes para muchos patógenos, lo que contribuye así a un control efectivo de las enfermedades. Además, de esto, la

solarización puede alterar el equilibrio microbiano del suelo, de manera que favorece la proliferación de microorganismos beneficiosos, como especies de *Bacillus* y *Pseudomonas* (Nakkeeran et al., 2006).

5. Metodología

5.1. Metodología general

5.1.1. Ubicación de área de estudio

El muestreo se desarrolló en la provincia y cantón Loja, sector la Argelia cuyas coordenadas son Este: 699878.00 m E y Norte: 9553999.00 m S (Figura 1). El ensayo se llevó a cabo en el laboratorio de sanidad vegetal e invernadero de la Universidad Nacional de Loja, la misma que se encuentra en la Ciudadela Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa” sector la Argelia, perteneciente a la parroquia San Sebastián de la Ciudad y Provincia de Loja.

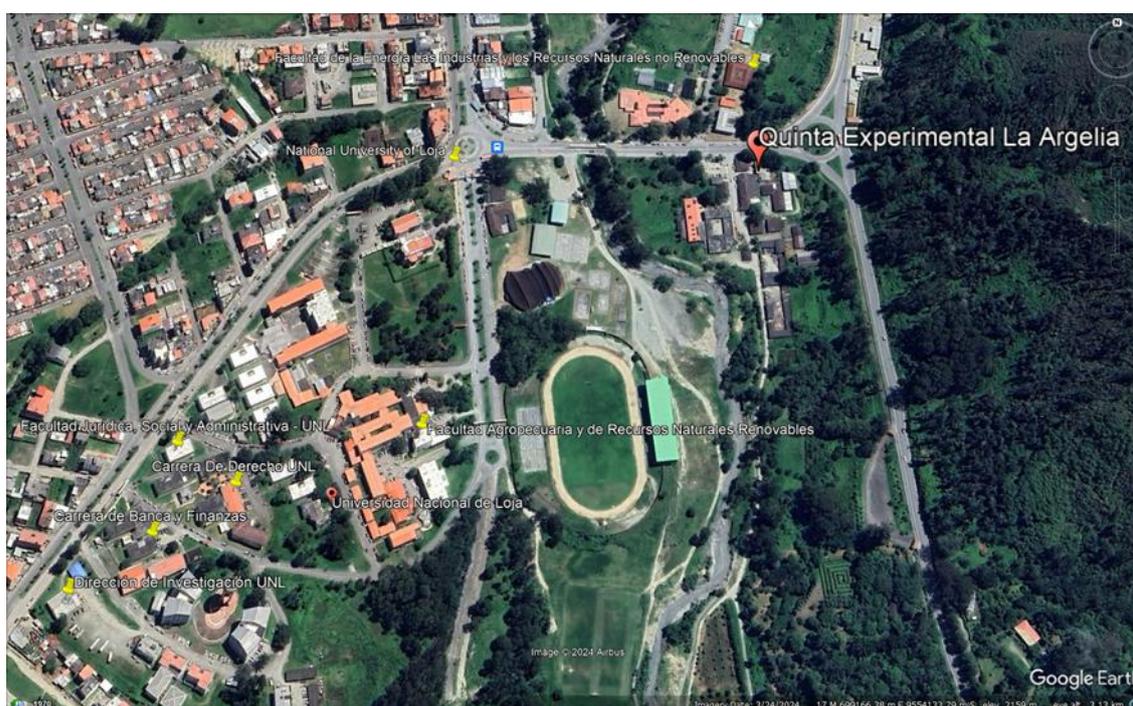


Figura 1. Ubicación de la Quinta Experimental La Argelia, de la Universidad Nacional de Loja, cuya ubicación está marcada de rojo (Google Earth, 2024)

5.1.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental de carácter cuantitativo, se medirán el comportamiento de la enfermedad y cómo actúan los microorganismos contra dicha enfermedad bajo invernadero para su posterior interpretación y tabulación mediante análisis estadístico.

5.1.3. Alcance de la investigación

La investigación es de carácter experimental, de tipo explicativa, ya que, tiene la finalidad de evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos antagonistas, más un control a base de un producto químico para contrastar el efecto benéfico en el cultivo de babaco.

5.1.4. Diseño experimental

El ensayo se realizó bajo un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos y nueve repeticiones.

Los tratamientos fueron:

- T1 = plántulas de babaco sin inocular (Control).
- T2 = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp.).
- T3 = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + *Trichoderma* spp.).
- T4 = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + *Pseudomonas* spp.).
- T5 = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + Metalaxyl).

T:1 R1	T:2 R1	T:1 R2	T:2 R2	T:3 R1	T:1 R3	T:4 R1	T:5 R1	T:4 R2	T1	Plántulas de babaco sin inocular (Control)
T:5 R2	T:5 R3	T:5 R4	T:1 R5	T:4 R3	T:2 R3	T:4 R4	T:2 R4	T:5 R5	T2	Plántulas de babaco + <i>Fusarium</i> spp.
T:3 R2	T:2 R6	T:3 R3	T:4 R5	T:5 R6	T:1 R6	T:5 R7	T:3 R4	T:1 R7	T3	Plántulas de babaco + <i>Fusarium</i> spp. + <i>Trichoderma</i> spp.
T:4 R7	T:3 R5	T:1 R8	T:5 R8	T:3 R6	T:4 R8	T:5 R9	T:2 R7	T:3 R7	T4	Plántulas de babaco + <i>Fusarium</i> spp. + <i>Pseudomonas</i> spp.
T:1 R9	T:2 R9	T:3 R8	T:4 R9	T:2 R8	T:3 R9	T:4 R6	T:1 R4	T:2 R5	T5	Plántulas de babaco + <i>Fusarium</i> spp. + Metalaxyl

Figura 2. Esquema del diseño experimental de estudio desarrollado con plantas in vivo, donde se trabajó con cinco tratamientos cada uno con nueve repeticiones.

El trabajo de investigación se llevó a cabo en laboratorio y bajo invernadero. Se evaluó el efecto de los microorganismos sobre plantas de babaco infectadas con *Fusarium* spp. La enfermedad y los microorganismos serán proporcionados por el laboratorio de sanidad vegetal de la UNL. Los parámetros por evaluar serán: % de Incidencia, Severidad, Eficacia del biocontrol (EB %), Área Bajo la curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE), Área Bajo la Curva del Progreso Escalonado de la Enfermedad (ABCPEE), Tasa del progreso de la enfermedad (TPE), Índice de Sanidad del Cultivo (ISC).

Para el experimento se utilizó un total de 45 plántulas de babaco y luego cada plántula se trasplantaron en valdes que contenían una mezcla de sustrato, tierra agrícola, arena y turba en una proporción de 2:1:1, (Anexo 1).

5.2. Metodología por objetivos

5.2.1. Metodología para el primer objetivo:

“Determinar la eficacia de los microorganismos antagonistas seleccionados en el control de Fusarium spp en babaco (Vasconcellea heilbornii var. pentagona Badillo) bajo condiciones de invernadero”

- **Preparación de plantas:**

Para el cumplimiento del primer objetivo se siguió la siguiente metodología: Se utilizaron plántulas sin certificación fitosanitaria; todas las plantas se sometieron a un período de cuarentena de 30 días. Se utilizaron nueve plantas por cada uno de los tratamientos, incluido el tratamiento control, (Anexo 2,8,9).

- **Inoculación:**

La inoculación se efectuó por inmersión de raíces (con herida en el sistema radical), se utilizaron plántulas de 30 días (con cuatro hojas verdaderas), las que se sumergieron en una suspensión conidial, a una concentración de 1×10^6 conidios/mL, durante 30 min (Rojas-Triviño, 2011). El volumen del inoculo por planta/tratamiento será de 2 000 mL (Cueva, 2007).

Se emplearon aislados asociados con la marchitez vascular de babaco. En el tratamiento control se aplicó un volumen equivalente de agua destilada estéril, con el fin de crear un acceso de entrada, aproximadamente a 0,5 cm de la parte terminal del sistema radical, el cual fue removido con la ayuda de una tijera de podar, previamente esterilizada en calor (Castellanos et al., 2011). Después de inoculadas, las plantas se sembraron en contenedores de plástico con sustrato, en una proporción 2:1:1 (turba-suelo agrícola-arena) esterilizado en vapor seco, a temperatura 200 °C por 4 h (Anexos 3,4,5,6,7).

- **Diseño y evaluación:**

En todos los experimentos se realizó diseños completamente al azar; donde las unidades experimentales fueron los valdes, por último, se verifico los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, y se evaluaron los siguientes parámetros: incidencia, severidad y eficacia del biocontrol donde se utilizó una fórmula para cada variable, (Anexos 10,11,12,13,14).

5.2.1.1. Cálculo de Incidencia (%):

El porcentaje de incidencia se estimó calculando el número de plantas afectadas por la enfermedad del total de plantas evaluadas. Para el cálculo del porcentaje (%) de incidencia se utilizó la siguiente fórmula (Ivancovich et al., 1998):

$$(I \%) = \frac{A}{\sum(A \times B)} \times 100$$

Dónde:

- **A** = Total de plantas enfermas.
- **B** = Total de plantas sanas.
- $\Sigma(a \times b)$ = Sumatoria total de plantas enfermas y sanas (45 plantas).
- **I (%)** = Incidencia.
- **n** = número de plantas enfermas.
- **N** = número de plantas total evaluadas.

5.2.1.2. Cálculo de Severidad (%)

La Severidad (S) es la estimación del porcentaje de la superficie del órgano enfermo, la mima que se encuentra en una escala de 0 a 4 grados. Para determinar el porcentaje de severidad de *Fusarium* spp se utilizó la siguiente fórmula (Ivancovich et al., 1998):

$$(S \%) = \frac{\sum(a \times 1) + (a \times 2) + (a \times 3) + \dots + (a \times k)}{(n \times k)} \times 100$$

Dónde:

- $\Sigma(a \times b)$ = Sumatoria del número de plantas u órganos enfermos o infectados según el grado de afectación.
- **(1, 2, 3, 4, ..., k)**, **n** = Número de plantas evaluadas.
- **k** = Valor o grado mayor de la escala.

La escala de evaluación de la severidad de la marchitez vascular de babaco, según Cueva (2007), menciona que es una herramienta utilizada para clasificar y describir el grado de afectación de las plantas de babaco por la enfermedad de la marchitez vascular. Esta escala tiene cinco niveles, que van del 0 al 4, y cada nivel describe un conjunto específico de síntomas observables en las plantas afectadas.

Escala de Severidad (Cueva, 2007):

Tabla 1. Escala de evaluación de la severidad de la marchitez vascular de babaco

Nivel	Síntomas
0	Planta con raíces sanas y ausencia de lesiones, sistema vascular sano sin coloración.
1	Clorosis inicial de las primeras hojas inferiores, lesiones en la raíz, cuello de la planta y decoloración del sistema vascular.
2	Clorosis intensa de aproximadamente el 50 % del follaje. Defoliación moderada.
3	Clorosis total del follaje. Defoliación severa. Bandas oliváceas, longitudinales y deprimidas en el tallo.
4	Plantas completamente defoliadas. Necrosis descendente desde el ápice del tallo (muerte de la planta).

Fuente: Cueva, 2007.

5.2.1.3. Cálculo de Eficacia del biocontrol (EB %)

Así mismo para evaluar la eficacia del biocontrol de los microorganismos sobre *Fusarium* spp. Para calcular la eficacia del biocontrol en términos porcentuales (EB %), se utiliza la siguiente fórmula:

$$EB (\%) = \left[\frac{STC - STB}{STC} \right] \times 100$$

Donde:

- **STC** es el índice de severidad en tratamiento control al final del período de, evaluación.
- **STB** es el índice de severidad en tratamiento de biocontrol.

5.2.3. Metodología para el segundo objetivo

“Analizar la dinámica temporal del biocontrol de *Fusarium spp.*, mediante el uso de microorganismos antagonistas”

Para dar cumplimiento al segundo objetivo se evaluaron los siguientes parámetros:

5.2.3.1. Área Bajo la curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE)

Con los registros de incidencia y severidad de los tratamientos del primer objetivo se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) para *Fusarium spp.* La fórmula que se utilizó fue propuesta por Shaner y Finney (1977):

$$ABCPE = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(Y_{i+n1} + Y_i) (X_{i+n1} - X_i)}{2} \right]$$

Donde

- **Y_i** = índice de la enfermedad en la **i** observación.
- **X_i** = tiempo en días a la **i**-ésima observación.
- **n**= número total de observaciones (Shaner y Finney, 1977).

5.2.3.2. Área Bajo la Curva del Progreso Escalonado de la Enfermedad (ABCPEE)

Es utilizada en fitopatología para cuantificar la evolución del progreso de una enfermedad en una población de plantas a lo largo del tiempo. Se calcula como el área acumulada bajo una curva que representa la intensidad de la enfermedad (como el porcentaje de plantas infectadas o el nivel de daño) en función del tiempo, considerando un avance no continuo (escalonado), lo que refleja cambios abruptos en la severidad de la infección o el daño.

$$ABCPEE = ABCPE + \frac{D(y_1 + y_n)}{2(n - 1)}$$

Donde:

- **Y₁** = índice de la enfermedad en la **1** observación.
- **Y_n** = índice de la enfermedad en la **n**-ésima observación.
- **D** = rango del tiempo.
- **n**= número total de observaciones.

6. Resultados

6.1. Resultados para el primer objetivo:

“Determinar la eficacia de los microorganismos antagonistas seleccionados en el control de *Fusarium spp* en babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. *pentagona* Badillo) bajo condiciones de invernadero”

6.1.1. Incidencia (I)

Con respecto al parámetro de Incidencia se muestra el porcentaje de infección a largo del tiempo (días) para cuatro tratamientos distintos. En el gráfico de líneas el tratamiento T2 muestra un incremento constante de la infección alcanzando el 100 % a los 46 días. El tratamiento T3 inicialmente aumenta, pero luego disminuye a partir del día 21. Los tratamientos T4 y T5 presentan una tendencia ascendente más moderada en comparación con T2. Además, un diagrama de cajas y bigotes sobrepuestos indica las medianas y la dispersión de los valores finales, con T2 alcanzando un valor medio más alto (49,2%) y T3 el más bajo (20,6%). El análisis de varianza (ANOVA) muestra que no hay diferencias significativas entre los tratamientos. ($p=0.315$).

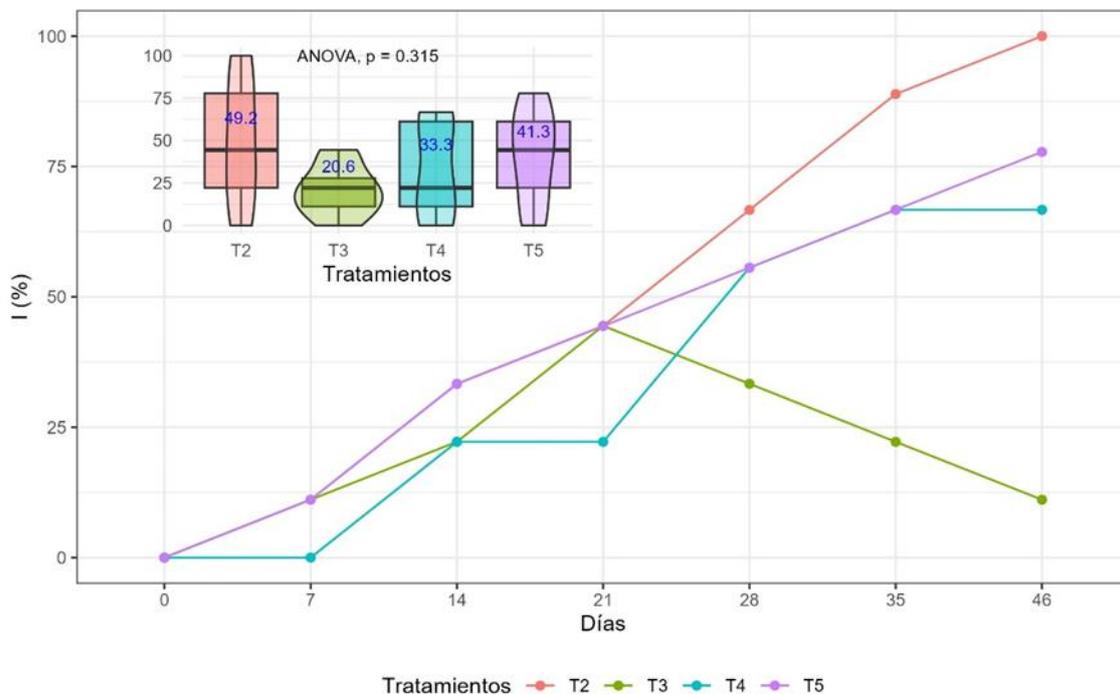


Figura 3. Progresión del porcentaje de Incidencia (I%) causada por la inoculación de *Fusarium spp* sobre plántulas de babaco bajo condiciones controladas 46 días post inoculación.

Las cajas con medias no difieren significativamente según la prueba ANOVA ($p=0.315$).

Leyenda: T2 (plántulas de babaco + *Fusarium* spp.), T3 = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + *Trichoderma* spp.), T4 = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + *Pseudomonas* spp.), T5= (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + Metalaxyl).

6.1.2. Severidad (S)

El gráfico muestra el porcentaje de Severidad a lo largo del tiempo en días para cuatro tratamientos diferentes identificados como T2, T3, T4, T5. T2, inicia con un porcentaje bajo, pero a medida que avanza el tiempo, especialmente a partir del día 28, experimenta un aumento gradual y un incremento rápido hasta el día 46. Por otro lado, T3, se mantiene relativamente estable y bajo durante todo el periodo de observación. T4, muestra un ligero aumento hasta el día 21, seguido de una estabilidad hasta el día 46. En cuanto a T5, se mantiene muy bajo hasta el día 28, pero luego aumenta considerablemente hasta el día 46. Es importante notar que se observan diferencias significativas entre los tratamientos en los días 28, 35 y 46, mientras que no hay diferencias significativas en los primeros días que están indicados con "ns". Además, los signos de interrogación en los días 0 y 7 sugiere que no se dispone de datos para esos puntos temporales.

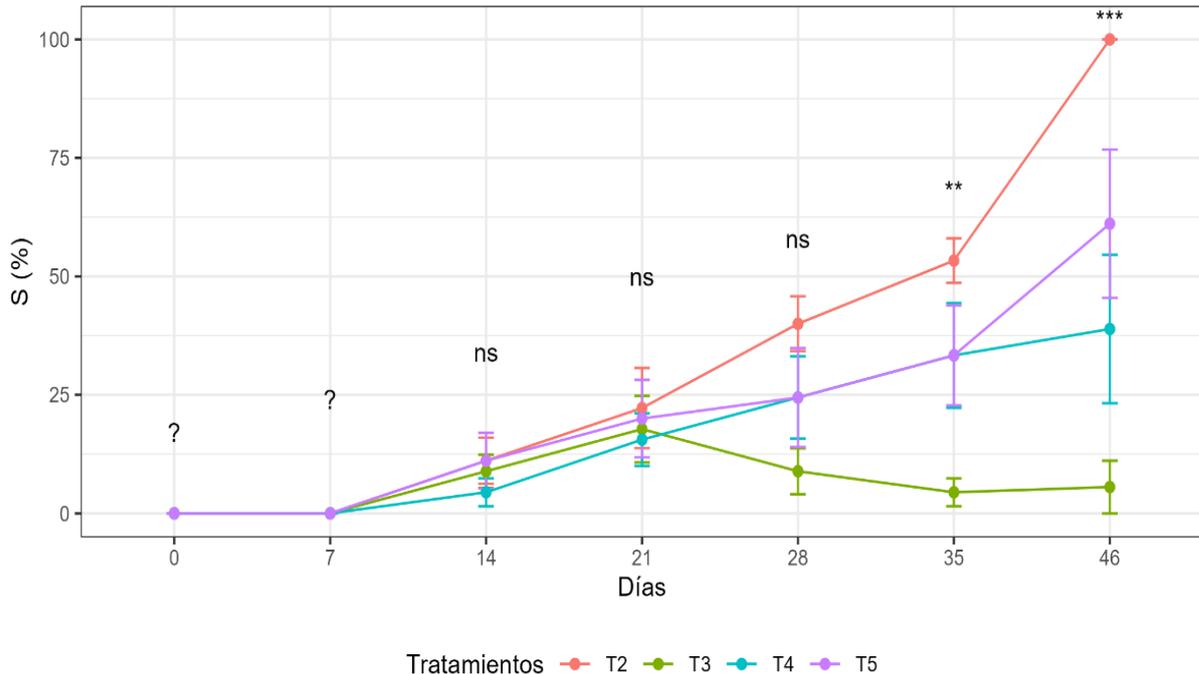


Figura 4. Variación de la severidad en relación con el tiempo y tratamientos específicos.

Las etiquetas de significancia estadística ("ns" para no significativo, "" para $p < 0.01$ y "*" para $p < 0.001$) marcan diferencias significativas entre los tratamientos en determinados días. Los signos de interrogación indican puntos en los que no se dispone datos.

Leyenda: **T2** (plántulas de babaco + *Fusarium* spp.), **T3** = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + *Trichoderma* spp.), **T4** = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + *Pseudomonas* spp.), **T5**= (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + Metalaxyl) los mismos que están representados en líneas con barras de error que indican la variabilidad en cada punto de medición.

6.1.3. Eficacia del biocontrol (EB%)

El análisis del biocontrol reveló que el tratamiento 3, correspondiente a *Trichoderma* spp, mostró la mayor eficacia con un (94,4%), mientras que los tratamientos 4 y 5 que involucraron *Pseudomonas* spp (61,1%) y **Metalaxyl** (43,8%) respectivamente, presentaron eficacias significativamente menores. Además, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre estos tratamientos, lo que indica que cada uno tuvo un efecto distinto en la eficacia del biocontrol.

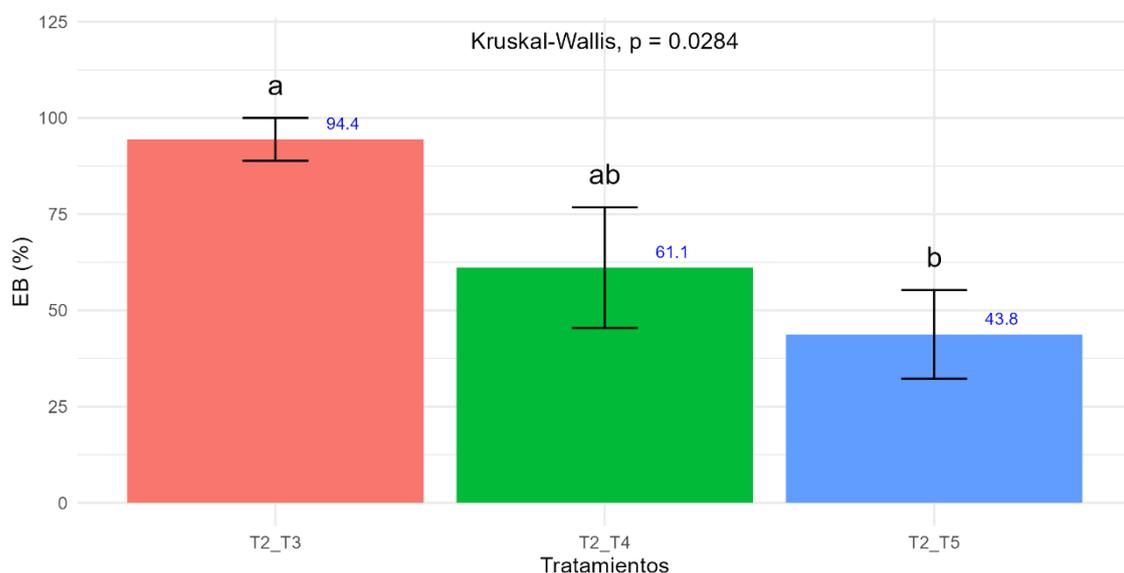


Figura 5. Eficacia del biocontrol (ECB) causado por la inoculación de *Fusarium* spp., sobre plántulas de babaco bajo condiciones controladas 46 días post inoculación.

Letras que están en cada barra, presentan diferencias entre rangos según la prueba de Kruskal-Wallis, ($p=0,0248$).

Leyenda: **Leyenda:** **T2** (plántulas de babaco + *Fusarium* spp.), **T3** = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + *Trichoderma* spp.), **T4** = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + *Pseudomonas* spp.), **T5**= (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + Metalaxyl).

6.2. Resultados para el segundo objetivo:

“Analizar la dinámica temporal del biocontrol de *Fusarium* spp., mediante el uso de microorganismos antagonistas”

6.2.1. Área bajo la curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE)

En cuanto al parámetro de Área bajo la curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) se observó un mayor avance de la enfermedad en el tratamiento control (T2) con un valor de 1543.3, seguido por los tratamientos (T5) (1025) y T4 (825), los cuales no mostraron diferencias significativas entre sí. En contraste, el tratamiento T3 presentó un progreso significativamente menor de la enfermedad, con un valor de 319.4, lo que indica una reducción notable en comparación con los demás tratamientos.

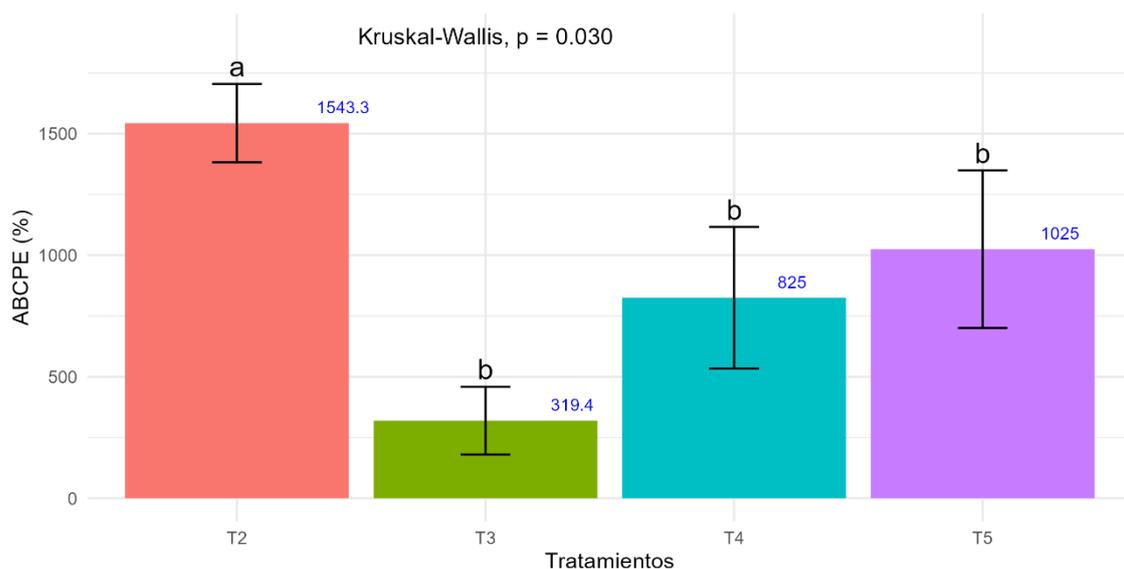


Figura 6. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), causadas por la inoculación de *Fusarium* spp., sobre plántulas de babaco bajo condiciones controladas 46 días post inoculación.

Leyenda: **T2** (plántulas de babaco + *Fusarium* spp.), **T3** = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + *Trichoderma* spp.), **T4** = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + *Pseudomonas* spp.), **T5**= (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + Metalaxyl).

6.2.2. Área Bajo la Curva del Progreso Escalonado de la Enfermedad (ABCPEE)

En la figura 7, los resultados de la variable ABCPEE muestran que el tratamiento control (T2) presentó el mayor progreso escalonado de la enfermedad, con un valor de 1601,7, mientras

que el índice más bajo se observó en el tratamiento 3 con 322.7. Los tratamientos 4 y 5, con *Pseudomonas* spp (847.7) y Metalaxyl (1060,6), respectivamente, mostraron valores estadísticamente similares entre sí, aunque significativamente mayores que el tratamiento con *Trichoderma* spp.

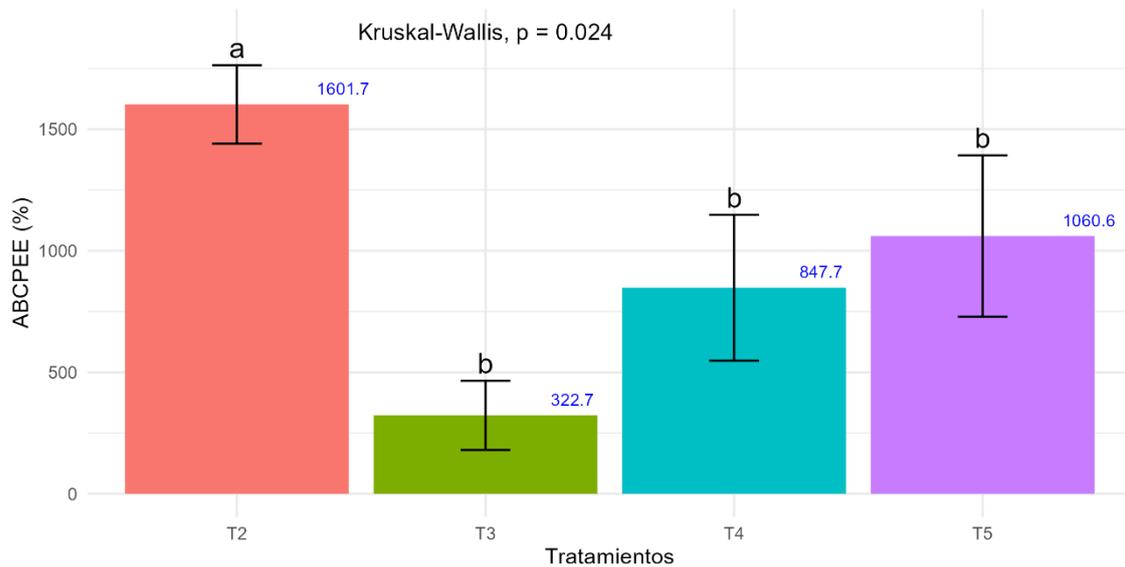


Figura 7. Área bajo la curva escalonada del progreso de la enfermedad (ABCPEE) causadas por la inoculación de *Fusarium* spp., sobre plántulas de babaco bajo condiciones controladas 46 días post inoculación.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Kruskal Wallis ($p < 0,05$)

Leyenda: **T2** (plántulas de babaco + *Fusarium* spp.), **T3** = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + *Trichoderma* spp.), **T4** = (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + *Pseudomonas* spp.), **T5**= (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + Metalaxyl).

7. Discusiones

7.1. Discusiones para el Primer Objetivo

Se identificó que *Fusarium* spp. mostró un incremento constante en la infección alcanzando un 100 % de incidencia a los 46 días, lo que coincide con estudios anteriores realizados por, Ochoa et al., (2000), estos estudios destacan la agresividad de la marchitez vascular del babaco, causada por *Fusarium oxysporum*, esta enfermedad es catalogada como la principal limitante en la producción de este cultivo en el Ecuador, llegando a distribuirse en todo el país, alcanzando una incidencia de hasta el 100%.

En la inoculación con *Fusarium oxysporum* + *Trichoderma* (T3), se obtuvo una reducción de la enfermedad del 20.2% y una severidad del 5,2% al día 46 de evaluación. Además, en este tratamiento se observó el efecto clásico de biocontrol ejercido por *Trichoderma* spp. frente a *F. oxysporum*.

El tratamiento donde se inoculó *Trichoderma* spp. frente a *Fusarium* spp. demostró un biocontrol eficaz, en concordancia con los estudios de Medina, (2015), quien confirma que todos los tratamientos con *Trichoderma* spp. evaluados frente a *Fusarium* spp. lograron reducir de manera significativa la severidad de la enfermedad en el cultivo de babaco. De igual manera, Rentería, (2015), reporta que la cepa de *Trichoderma* spp. mostró una alta capacidad antagónica frente a dos cepas de *Fusarium* spp., reduciendo su severidad en un rango de 3,6% a 10,7% en el último periodo de evolución.

No obstante, diversos estudios han investigado el uso de aislamientos de *Trichoderma* spp. para el biocontrol de *Fusarium* spp. en distintos cultivos de importancia económica, bajo condiciones de laboratorio. Entre estos se encuentra el trabajo de Martínez, (2012), quien evaluó el porcentaje de inhibición del crecimiento radial del PICR, encontrando un 50%, lo cual corresponde al grado 2 en la escala de capacidad antagónica frente a la cepa de *Fusarium solani*.

Por otro lado, *Trichoderma* spp. mostró un nivel de biocontrol eficiente al impedir el crecimiento radical del hongo en un (94,6%) respectivamente resultados que se asemejan con lo obtenido por, Cueva, (2007), la utilización de microorganismos antagonistas del género *Trichoderma* spp. (*T. koningii* y *T. album*), en Sangolquí, Ecuador, demostró satisfactorios resultados en la reducción de la MVB en condiciones de laboratorio y de campo. De igual forma, Villa, (2015), en la evaluación del antagonismo in vitro de *Trichoderma* frente a cuatro aislados de *Fusarium oxysporum* causantes de la MVB, redujo significativamente el efecto

antagónico de una cepa de *Fusarium* en un 20,12%. lo que concuerda con los resultados de esta investigación donde la cepa de *Trichoderma viride* reduce el crecimiento de *F. oxysporum*.

En los resultados de esta investigación en condiciones de invernadero, la cepa de *Trichoderma* spp. utilizada mostró efectos positivos al inhibir el crecimiento del hongo patógeno causante de la marchitez vascular de babaco. Esto coincide con lo observado por, Martínez, (2012), quien menciona que especies de *Trichoderma* producen sustancias antifúngicas que inhiben inhibiendo el crecimiento de ciertos microorganismos.

En otro estudio, Herrera-Téllez et al., (2019), ha sido estudiado en hongos del género *Trichoderma* destacándose su uso en México para mitigar el impacto de *Fusarium oxysporum* en el cultivo de tomate. Por ejemplo, una formulación sólida a base de caolín y *Trichoderma asperellum* redujo significativamente los síntomas de marchitamiento vascular causados por *F. oxysporum* en plantas de tomate. Además, promovió el crecimiento vegetal al aumentar la tasa de crecimiento absoluto (22%), el contenido de clorofila (16%) y el peso fresco de las plantas. El mecanismo sugerido para el efecto protector descrito para esta formulación de *T. asperellum* señala a la reducción de la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS por sus siglas en inglés) en respuesta a la infección por patógenos, así como una posible participación en las 40 vías de ácido jasmónico, hormona reguladora de la expresión de genes de defensa en las plantas (Herrera-Téllez et al., 2019). En otro estudio, el micoparasitismo ejercido por *Trichoderma asperelloides* permitió mitigar la marchitez vascular ocasionada por *F. oxysporum* en tomate en un 66.7% (Ramírez-Cariño et al., 2020). Estos estudios señalan el potencial de *Trichoderma* spp. como ACB de *Fusarium*, como se ha demostrado en otras investigaciones fuera del país (Bunbury-Blanchette & Walker, 2019).

7.2. Discusiones para el segundo objetivo:

En cuanto a los parámetros de Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) y Área Bajo la Curva del Progreso Escalonado de la Enfermedad (ABCPEE), los resultados mostraron una mayor concentración de inóculo en el tratamiento con (plántulas de babaco + *Fusarium* spp.), (T2), mientras que el tratamiento con (plántulas de babaco + *Fusarium* spp. + *Trichoderma* spp.), (T3), presentó la menor concentración del inóculo reflejando una notable efectividad de *Trichoderma* spp. en la inhibición del patógeno ya que evidencian una reducción significativa en la progresión de la enfermedad en comparación con el tratamiento 2, esto se debe según, Howell, (2003), quien observó una inhibición en el crecimiento de *Fusarium* spp. en el cultivo de maracuyá, (*Passiflora edulis* Sims var. Flavicarpa) en todos los tratamientos

desde el cuarto día, incluso en condiciones donde *Trichoderma* spp. estaba físicamente separado del patógeno. Así mismo Durán et al., (2003), sugiere que el mecanismo de biocontrol de *Trichoderma* spp. puede estar mediado por, isocianatos, péptidos, y trichocinas. Además, la producción de enzimas extracelulares como quitinasas, glucanansas, y peptinasas parece contribuir a la degradación de estructuras del patógeno, inhibiendo su crecimiento y desarrollo.

Por otra parte, Franco-Galindo & Mosquera-Espinosa, (2023), mencionan que hay diversos estudios han evaluado el potencial de antagonistas reportados con éxito en la literatura contra el hongo fitopatógeno *Fusarium* spp. f. sp. *vanillae*. En condiciones *in vitro*, cepas rizosfericas de *Trichoderma* spp. demostraron una inhibición del crecimiento patógeno que vario entre el 50% y el 80%. Además, Radjacommare et al., (2010), menciona que se aislaron y analizaron las enzimas quitinolíticas producidas por *Trichoderma* para evaluar su efectividad antagónica. Los resultados mostraron que, aunque la actividad de estas enzimas sobre sustrato de quitina fue moderada (alrededor del 30%) y no significativa en términos estadísticos, esta aumentó notablemente en presencia de quitina en comparación de los controles. Esto respalda la acción antagonista de *Trichoderma* y resalta su potencial como agente de biocontrol (ABC) contra patógenos de la vainilla. Así mismo, Shanavas, (2012), concluye que la acción integrada de *Trichoderma* y *Pseudomonas*, junto con sus metabolitos, podría mejorar significativamente su eficacia como estrategia de biocontrol contra *F. oxysporum* f. sp. *vanillae*.

Estos resultados confirman la eficacia de *Trichoderma* spp. en la reducción de la progresión de *Fusarium* spp., respaldando como biocontrolador en el manejo sostenible de enfermedades en cultivos de babaco.

8. Conclusiones

- En cuanto al tratamiento tres con *Trichoderma* spp. + *Fusarium* spp mostro más efectividad al mantener la severidad durante todo el periodo destacándose como una estrategia eficaz para reducir la incidencia del patógeno.
- El tratamiento con *Trichoderma* spp. + *Fusarium* spp. fue el más efectivo en la gestión de la enfermedad, con una eficacia del 94,4% y valores significativamente más bajos de progreso de la enfermedad en ABCPE (319,4) y ABCPEE (322,7), en comparación con el tratamiento control (*Fusarium* spp.), que presentó los valores más altos (1543,3 y 1601,7).

9. Recomendaciones

- Realizar ensayos a campo abierto con tratamientos más prometedores identificados en esta investigación.
- Se sugiere investigar la combinación de diferentes microorganismos antagonistas para optimizar el control biológico de *Fusarium* spp. en babaco.
- Es recomendable realizar un seguimiento a largo plazo para evaluar la sostenibilidad y efectividad del control biológico en la prevención de infecciones por *Fusarium* spp. en babaco.

10. Bibliografía

- Ampuero, P. (2004). *Proyecto de elaboración de mermelada de babaco como producto no tradicional de exportación al mercado europeo.*
- Bravo, C., Larriva, W., & Minchala, L. (2012). *Manejo integrado de la marchitez vascular o fusariosis *Fusarium oxysporum* en el cultivo de babaco.*
- Bunbury-Blanchette, A. L., & Walker, A. K. (2019). Trichoderma species show biocontrol potential in dual culture and greenhouse bioassays against Fusarium basal rot of onion. *Biological Control*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.11.007>
- Cueva, R. D. M. (2007). “Producción de inoculantes a base de *Trichoderma* spp. para el control de *Fusarium oxysporum f.sp. caricae* en injertos de babaco (*Vasconcellea heilbornii* cv. babaco).”
- Diego, A., & Patiño, A. F. (2015). Universidad técnica estatal de Quevedo unidad de estudios a distancia modalidad semipresencial ingeniería agropecuaria Previo a la obtención del título de: ingeniero agropecuario.
- Espinoza. (2016). *Universidad nacional de Loja área agropecuaria y de recursos naturales renovables “biocontrol de la marchitez vascular del babaco (*Vasconcellea heilbornii*. var. pentágona) empleando microorganismos antagonistas” 1. Portada autora: Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de.*
- Fernández, L. O. (2001). Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. *Manejo Integrado De Plagas (Costa Rica)*, 62.
- Fernández, O., & Vega, L. (2001). *Avances en el Fomento de Productos Fitosanitarios No-Sintéticos.*
- Fitria. (2013). “Evaluación de diferentes tipos de embalaje e índices de madurez en babaco (*vasconcellea pentagona*).” *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9).
- Franco-Galindo, L. S., & Mosquera-Espinosa, A. T. (2023). Biocontrol de *Fusarium* spp. en el cultivo de vainilla: Un nuevo modelo de estudio. *Temas Agrarios*, 28(1), 95–114. <https://doi.org/10.21897/rta.v28i1.3350>
- Hernández, L. A. N., Bautista, B. S., Velázquez, del V. M. G., & Hernández, R. A. (2007). Uso de Microorganismos Antagonistas en el Control de Enfermedades Postcosecha en Frutos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 25(1).

- Herrera-Téllez, V. I., Cruz-Olmedo, A. K., Plasencia, J., Gavilanes-Ruíz, M., Arce-Cervantes, O., Hernández-León, S., & Saucedo-García, M. (2019). The protective effect of *trichoderma asperellum* on tomato plants against *fusarium oxysporum* and botrytis cinerea diseases involves inhibition of reactive oxygen species production. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(8). <https://doi.org/10.3390/ijms20082007>
- Howell, C. R. (2003). Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts. In *Plant Disease* (Vol. 87, Issue 1). <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.1.4>
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2006). The *Fusarium* Laboratory Manual Blackwell Publishing. In *Ames, Iowa* (Vol. 11, Issue 3).
- Martínez, A. (2012). Evaluación y selección de cepas de *Trichoderma* sp para control biológico de *Fusarium* sp en maracuyá (*Passiflora edulis*, variedad. flavicarpa), en condiciones in vitro. In *Repo.Uta.Edu.Ec.*
- Medina, S. L. D. (2015). “Estudio de la cinética de la interacción de diferentes especies de *Fusarium spp.*, asociados a la marchitez vascular del babaco *Vasconcellea heilbornii* Var. Pentágona.”
- Michel, V., & Gaffney, M. (2020). Microorganismos antagonistas y ocb: información práctica. <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/>
- Nakkeeran, S., Fernando, W. G. D., & Siddiqui, Z. A. (2006). Plant growth promoting rhizobacteria formulations and its scope in commercialization for the management of pests and diseases. In *PGPR: Biocontrol and Biofertilization* (pp. 257–296). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/1-4020-4152-7_10
- Núñez, D. (2008). “Optimización del proceso de elaboración de pulpa de babaco (*Carica pentagona*), con incorporación de su corteza y maximizando la retención de ácido ascórbico”.
- Ochoa, J., Fonseca, G., & Ellis, M. A. (2000). First Report of *Fusarium* Wilt of Babaco (*Carica × heilbornii* var. pentagona) in Ecuador . *Plant Disease*, 84(2). <https://doi.org/10.1094/pdis.2000.84.2.199a>

- Pérez, A., Hermosa, R., & Monte, E. (2017). *Actividades de biocontrol de Trichoderma frente a ascomicetos fitopatógenos = Trichoderma Biocontrol Activity Against Plant Pathogenic Ascomycetes*. 2, 85–93.
- Radjacommare, R., Venkatesan, S., & Samiyappan, R. (2010). Biological control of phytopathogenic fungi of vanilla through lytic action of *Trichoderma* species and *Pseudomonas fluorescens*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/03235400701650494>
- Ramírez-Cariño, H. F., Guadarrama-Mendoza, P. C., Sánchez-López, V., Cuervo-Parra, J. A., Ramírez-Reyes, T., Dunlap, C. A., & Valadez-Blanco, R. (2020). Biocontrol of *Alternaria alternata* and *Fusarium oxysporum* by *Trichoderma asperelloides* and *Bacillus paralicheniformis* in tomato plants. *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*, 113(9). <https://doi.org/10.1007/s10482-020-01433-2>
- Rentería, J., D. L. (2015). “Estudio de la interacción entre *Fusarium Trichoderma EN BABACO (Vasconcellea heilbornii Badillo var. pentagona)*, histológicos.”
- Rivera, M., & Jadán, M. (2010). Aislamiento, purificación y fusión de protoplastos de babaco (*V. heilbornii*) y jigacho (*V. stipulata*). *Eidos*, 3. <https://doi.org/10.29019/eidos.v0i3.64>
- Robles, A., Lidcay, I., & Roldán, G. (2016). El babaco (*Vasconcellea heilbornii var. pentagona Badillo*). Principales agentes fitopatógenos y estrategias de control. *Centro Agrícola*, 43(2).
- Shanavas, J. (2012). Biocontrol of fusarium wilt of vanilla (*vanilla planifolia*) Using combined inoculation of *trichoderma sp.* And *Pseudomonas sp.* In *Article in International Journal of Pharma and Bio Sciences*. www.ijpbs.net
- Suarez, A. (2015). Adaptabilidad del cultivo de Babaco (*Carica pentagona*), con dos fertilizantes químicos en diferentes dosis en la finca san vicente de chaca del cantón, Pangua Cotopaxi, año 2013. In *Diseño de un manual de técnicas de motivación para fortalecer la autoestima y mejorar el aprendizaje en los niños/as de 5 a 6 años*.
- Vidal, M. N. A., Argumedo, D. R., Sánchez, P. J. R., Chiquito, C. R., González, M. D., & Sánchez, V. G. (2021). Microorganismos antagonistas: una alternativa para el control biológico de enfermedades fúngicas presentes en el cultivo de café (*Coffea arabica L.*) . *Informacion Tecnica Economica Agraria*. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.042>

Villa, J. V. E. (2015). “*Cepas de Trichoderma spp. aisladas de la rizósfera del babaco (Vasconcellea heilbornii var. pentagona) en el sur del Ecuador.*”

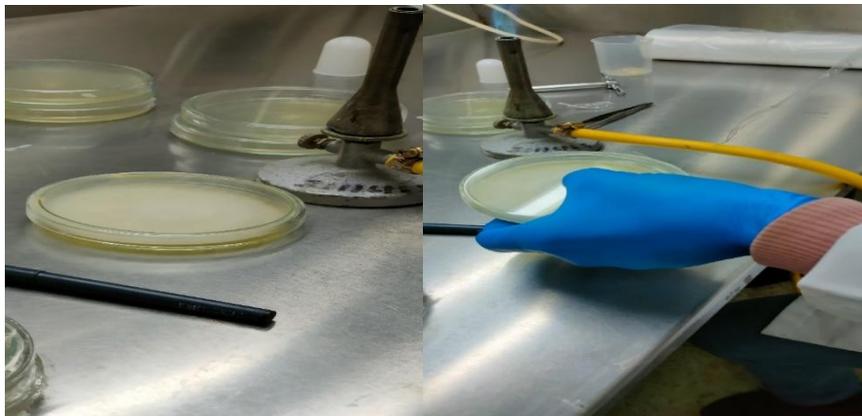
11. Anexos



Anexo 3. Fotografías del proyecto de tesis de la fase de campo



Anexo 4. Plantas de Babaco en etapa de cuarentena



Anexo 5. Actividades realizadas en la etapa de cuarentena



Anexo 6. Siembra de *Fusarium* spp., en laboratorio



Anexo 7. Medios de cultivo en laboratorio de *Fusarium* spp., *Trichoderma* y *Pseudomonas*

Ridomil Gold

MZ 68 WP

Polvo Mojable
Fungicida
Registro Nacional 1792

1. CARACTERÍSTICAS / BENEFICIOS	
CARACTERÍSTICAS	BENEFICIOS
<p>Contiene dos ingredientes activos, que le brindan acción sistémica preventiva y curativa sobre Oomycetos. Es fitocompatible con los cultivos en los que se recomienda su uso.</p>	<p>RIDOMIL® GOLD MZ 68 WP está recomendado para el control de enfermedades causadas por Oomycetos en los cultivos de papa, tomate, rosa, cebolla de bulbo, mora y arveja. Penetración rápida a los tejidos de la planta atacando las enfermedades desde adentro. Se transporta ascendentemente dentro de la planta actuando directamente sobre el patógeno en diversos sitios de infección. Llega hasta los tejidos más jóvenes que aún están en formación (brotes nuevos) por lo cual brinda un control más prolongado de la enfermedad (más días de control y por lo tanto menos aplicaciones en el ciclo del cultivo) Protege la planta por fuera (mancozeb) y por dentro (metalaxil-m) lo cual brinda mayor seguridad en el mantenimiento de plantas verdes y sanas, libres de enfermedad. Distingue entre las células del patógeno y las células vivas del cultivo. Controla la enfermedad sin causar daños al cultivo.</p>

2. GENERALIDADES	
Ingredientes Activos:	Metalaxil-M + Mancozeb
Nombre Químico: (IUPAC)*	Metalaxil-M Methyl N-(methoxyacetyl)-N-(2,6-xylyl)-D-alaninate Mancozeb (Manganese ethylenebis(dithiocarbamate) (polymeric) complex with zinc salt
Formulación:	Polvo Mojable
Concentración:	4% de Metalaxil-M 64% de Mancozeb
Nombre Comercial:	RIDOMIL GOLD MZ 68® WP
Fórmula Estructural:	Metalaxil-M

Anexo 8. Ficha técnica del Ridomil Gold®



Anexo 9. Inoculación de las plantas por emersión de raíces



Anexo 10. Siembra y arreglo de plantas inoculadas en invernadero



Anexo 11. Plantas inoculas a los 46 días

		Incidencia %						
Tratamientos	Repetición	22/7/2024	29/7/2024	5/8/2024	12/8/2024	19/8/2024	26/8/2024	6/8/2025
A	9	0	11,11	33,33	44,44	66,67	88,89	100
B	9	0	11,11	22,22	44,44	33,33	22,2	11,11
C	9	0	0	22,2	22,2	55,6	66,7	66,7
D	9	0	11,11	33,3	44,4	55,6	66,7	77,8
E	9	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 12. Tabulación de datos en Excel de la Incidencia

		Severidad %						
Tratamientos	Repetición	22/7/2024	29/7/2024	5/8/2024	12/8/2024	19/8/2024	26/8/2024	6/8/2025
A	1	0	0	40	80	80	80	100
A	2	0	0	0	20	40	60	100
A	3	0	0	20	40	40	60	100
A	4	0	0	20	20	40	40	100
A	5	0	0	0	0	20	40	100
A	6	0	0	0	20	20	40	100
A	7	0	0	0	0	40	60	100
A	8	0	0	20	20	40	60	100
A	9	0	0	0	0	40	40	100
B	1	0	0	0	0	0	0	0
B	2	0	0	20	20	0	0	0
B	3	0	0	20	60	40	20	50
B	4	0	0	0	0	0	0	0
B	5	0	0	20	20	20	0	0
B	6	0	0	0	0	0	0	0
B	7	0	0	20	40	0	0	0
B	8	0	0	0	0	0	0	0
B	9	0	0	0	20	20	20	0
C	1	0	0	0	20	40	60	100
C	2	0	0	20	40	60	80	100
C	3	0	0	0	0	0	0	0
C	4	0	0	0	0	0	0	0
C	5	0	0	20	40	60	60	75
C	6	0	0	0	0	0	0	0
C	7	0	0	0	20	20	40	0
C	8	0	0	0	0	0	0	0
C	9	0	0	0	20	40	60	75
D	1	0	0	0	40	40	60	100
D	2	0	0	40	60	80	80	100
D	3	0	0	0	0	0	0	0
D	4	0	0	0	0	0	0	0
D	5	0	0	40	40	60	60	100
D	6	0	0	0	0	0	0	0
D	7	0	0	20	40	40	60	75
D	8	0	0	0	0	0	20	75
D	9	0	0	0	0	0	20	100

Anexo 13. Tabulación de datos en Excel de la Severidad

Tratamiento	Eficacia
T2-T3	100
T2-T3	100
T2-T3	50
T2-T3	100
T2-T4	0
T2-T4	0
T2-T4	100
T2-T4	100
T2-T4	25
T2-T4	100
T2-T4	100
T2-T4	100
T2-T4	25
T2-T5	0
T2-T5	0
T2-T5	100
T2-T5	100
T2-T5	0
T2-T5	100
T2-T5	25
T2-T5	25
T2-T5	0
T2-T5	100
T2-T5	100
T2-T5	0
T2-T5	100
T2-T5	25
T2-T5	25
T2-T5	0

Anexo 14. Tabulación de datos en Excel de la Eficacia del biocontrol

Tratamientos	Repetición	Severidad %							ABCE
		22/7/2024	29/7/2024	5/8/2024	12/8/2024	19/8/2024	26/8/2024	6/9/2025	
A	1	0	0	40	80	80	80	100	2670
A	2	0	0	0	20	40	60	100	1510
A	3	0	0	20	40	40	60	100	1790
A	4	0	0	20	20	40	40	100	1470
A	5	0	0	0	0	20	40	100	1050
A	6	0	0	0	20	20	40	100	1190
A	7	0	0	0	0	40	60	100	1370
A	8	0	0	20	20	40	60	100	1650
A	9	0	0	0	0	40	40	100	1190
B	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B	2	0	0	20	20	0	0	0	280
B	3	0	0	20	60	40	20	50	1295
B	4	0	0	0	0	0	0	0	0
B	5	0	0	20	20	20	0	0	420
B	6	0	0	0	0	0	0	0	0
B	7	0	0	20	40	0	0	0	420
B	8	0	0	0	0	0	0	0	0
B	9	0	0	0	20	20	20	0	460
C	1	0	0	0	20	40	60	100	1510
C	2	0	0	20	40	60	80	100	2110
C	3	0	0	0	0	0	0	0	0
C	4	0	0	0	0	0	0	0	0
C	5	0	0	20	40	60	60	75	1792,5
C	6	0	0	0	0	0	0	0	0
C	7	0	0	0	20	20	40	0	640
C	8	0	0	0	0	0	0	0	0
C	9	0	0	0	20	40	60	75	1372,5
D	1	0	0	0	40	40	60	100	1650
D	2	0	0	40	60	80	80	100	2530
D	3	0	0	0	0	0	0	0	0
D	4	0	0	0	0	0	0	0	0
D	5	0	0	40	40	60	60	100	2070
D	6	0	0	0	0	0	0	0	0
D	7	0	0	20	40	40	60	75	1652,5
D	8	0	0	0	0	0	20	75	592,5
D	9	0	0	0	0	0	20	100	730

Anexo 15. Tabulación de datos en Excel del Área bajo la cura del progreso de la enfermedad (ABCPE)

Tratamiento	Repetición	Severidad %							ABCPE	ABCPEE
		22/7/2024	29/7/2024	5/8/2024	12/8/2024	19/8/2024	26/8/2024	6/9/2025		
A	1	0	0	40	80	80	80	100	2670	2728,3
A	2	0	0	0	20	40	60	100	1510	1568,3
A	3	0	0	20	40	40	60	100	1790	1848,3
A	4	0	0	20	20	40	40	100	1470	1528,3
A	5	0	0	0	0	20	40	100	1050	1108,3
A	6	0	0	0	20	20	40	100	1190	1248,3
A	7	0	0	0	0	40	60	100	1370	1428,3
A	8	0	0	20	20	40	60	100	1650	1708,3
A	9	0	0	0	0	40	40	100	1190	1248,3
B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
B	2	0	0	20	20	0	0	0	280	280,0
B	3	0	0	20	60	40	20	50	1295	1324,2
B	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
B	5	0	0	20	20	20	0	0	420	420,0
B	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
B	7	0	0	20	40	0	0	0	420	420,0
B	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
B	9	0	0	0	20	20	20	0	460	460,0
C	1	0	0	0	20	40	60	100	1510	1568,3
C	2	0	0	20	40	60	80	100	2110	2168,3
C	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
C	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
C	5	0	0	20	40	60	60	75	1792,5	1836,3
C	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
C	7	0	0	0	20	20	40	0	640	640,0
C	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
C	9	0	0	0	20	40	60	75	1372,5	1416,3
D	1	0	0	0	40	40	60	100	1650	1708,3
D	2	0	0	40	60	80	80	100	2530	2588,3
D	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
D	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
D	5	0	0	40	40	60	60	100	2070	2128,3
D	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
D	7	0	0	20	40	40	60	75	1652,5	1696,3
D	8	0	0	0	0	0	20	75	592,5	636,3

Anexo 16. Tabulación de datos en Excel del Área bajo la curva escalonada del progreso de la enfermedad (ABCPEE)

Lic. Shelsia Adelaida Cordero Correa

0985859470

shelsia.cordero@unl.edu.ec

Loja-Ecuador

Loja, 27 de noviembre de 2024,

La suscrita, Shelsia Adelaida Cordero Correa, **LICENCIADA EN PEDAGOGÍA DEL IDIOMA INGLÉS**

(registro de la SENESCYT número: 1008-2024-2915132), **ÁREA DE INGLÉS- UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal.

CERTIFICA:

Que la traducción del resumen del documento adjunto, solicitado por el joven: **Byron Rolando Guaman Armijos** con cédula de ciudadanía No. **1150914941**, cuyo tema de investigación se titula: *“Control biológico de Fusarium spp., en babaco (Vasconcellea heilbornii var. pentagona Badillo) con microorganismos antagonistas bajo condiciones de invernadero.”* ha sido realizado y aprobado por mi persona, Shelsia Adelaida Cordero Correa, licenciada en pedagogía del idioma inglés,

El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español,

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.



Shelsia Adelaida Cordero Correa.

Licenciada en Pedagogía del Idioma Inglés

Anexo 17. Certificado de traducción del resumen