



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

UTILIZACIÓN DE DOS HONGOS ANTAGONISTAS COMO ALTERNATIVA DE CONTROL PARA EL HONGO FITOPATÓGENO (*Rosellinia* spp.) EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VAR. SUPERCHOLA, COMUNIDAD SAN FRANCISCO, CANTÓN MONTÚFAR, PROVINCIA DEL CARCHI.

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

AUTOR:

Anderson Marcelo Chamorro Benavides

DIRECTORA:

PhD. Julia Karina Prado Beltrán

Ibarra, 2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

**“UTILIZACIÓN DE DOS HONGOS ANTAGONISTAS COMO ALTERNATIVA
DE CONTROL PARA EL HONGO FITOPATÓGENO (*Rosellinia* spp.) EN EL
CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VAR. SUPERCHOLA, COMUNIDAD
SAN FRANCISCO, CANTÓN MONTÚFAR, PROVINCIA DEL CARCHI”**

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:



Julia Prado, PhD.

DIRECTORA

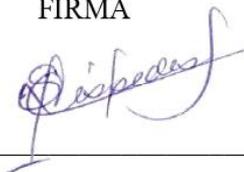
FIRMA



Cristina Echeverría, PhD.

MIEMBRO TRIBUNAL

FIRMA



Lcda. Ima Sánchez, M.Sc.

MIEMBRO TRIBUNAL

FIRMA



Ing. José Guzman, M.Sc.

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:	0401868070		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chamorro Benavides Anderson Marcelo		
DIRECCIÓN:	San Gabriel – Com. San Francisco		
EMAIL:	amchamorro@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0995591743

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“UTILIZACIÓN DE DOS HONGOS ANTAGONISTAS COMO ALTERNATIVA DE CONTROL PARA EL HONGO FITOPATÓGENO (<i>Rosellinia</i> spp.) EN EL CULTIVO DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) VAR. SUPERCHOLA, COMUNIDAD SAN FRANCISCO, CANTÓN MONTÚFAR, PROVINCIA DEL CARCHI.”
AUTOR:	Chamorro Benavides Anderson Marcelo
FECHA: DD/MM/AAAA	26 Febrero 2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario.
ASESOR /DIRECTOR:	Julia Prado, PhD

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) 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 (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de febrero del 2021

EL AUTOR:

Chamorro Benavides Anderson Marcelo

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Anderson Marcelo Chamorro Benavides**, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 26 días del mes de febrero de 2021



PhD. Julia Karina Prado Beltrán

DIRECTORA DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 26 días del mes de febrero del 2021

Anderson Marcelo Chamorro Benavides: UTILIZACIÓN DE DOS HONGOS ANTAGONISTAS COMO ALTERNATIVA DE CONTROL PARA EL HONGO FITOPATÓGENO (*Rosellinia* spp.) EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VAR. SUPERCHOLA, COMUNIDAD SAN FRANCISCO, CANTÓN MONTÚFAR, PROVINCIA DEL CARCHI. /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 26 días del mes de febrero del 2021 X... páginas.

DIRECTOR (A): PhD. Julia Karina Prado Beltrán

El objetivo principal de la presente investigación fue:

Evaluar el efecto de dos especies de hongos antagonistas: *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, sobre el hongo fitopatógeno (*Rosellinia* spp.), en el cultivo de papa, variedad Superchola en la comunidad San Francisco, cantón Montúfar, provincia del Carchi.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

Determinar el porcentaje de incidencia de la enfermedad bajo la aplicación de las especies de hongos antagonistas.

Evaluar la calidad sanitaria de los tubérculos de papa cosechados.

Determinar el rendimiento del cultivo de papa bajo los tratamientos en estudio.

.....
PhD. Julia Karina Prado Beltrán

Directora de Trabajo de Grado

.....
Chamorro Benavides Anderson Marcelo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por ser el eje principal de mi existencia y permitirme alcanzar un logro más en mi vida. A mis padres, hermanos y familiares cercanos que me han acompañado a lo largo de mi vida estudiantil, aportando los valores morales como: el respeto, puntualidad, perseverancia, la voluntad, la humildad y también de su apoyo continuo para no rendirme y culminar mis proyectos a pesar de los obstáculos que la vida nos puede presentar. A la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, a la carrera de Ingeniera Agropecuaria, la cual me ha permitido culminar mis estudios superiores. A mis profesores guías, mi directora Julia Prado, PhD, por su preocupación y apoyo continuo en la realización de la presente investigación, y por motivarme a seguir desarrollándome como profesional, mis asesores Cristina Echeverría, PhD, Lcda. Ima Sánchez, M.Sc e Ing. José Guzman, M.Sc. quienes aportaron con sus conocimientos técnicos para el desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a las personas que hacen parte de mi vida, mis padres: Audelo Chamorro y Sonia Benavides, quienes me han apoyado de manera continua, son mi ejemplo a seguir de perseverancia y constancia, mis padres son mis héroes, aquellos que me dieron la oportunidad de seguir estudiando. A mis queridos hermanos, Dylan, Carla, Pamela, Lizbeth quienes son mis mejores amigos, mis consejeros, mi motivación, los cuales siempre permanecen a mi lado en momentos buenos y malos sacándome una sonrisa. Este trabajo va dedicado para ustedes, por demostrarme que todo se puede lograr con constancia y amor en lo que se hace.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	i
ÍNDICE DE ANEXOS	
RESUMEN.....	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Hipótesis	5
CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO	
2.1. Importancia del cultivo de papa.....	6
2.2. Descripción taxonómica	6
2.3. Descripción botánica	7
2.3.1. Variedad Superchola.....	7
2.4. Requerimientos edafoclimáticos.....	8
2.5. Manejo agronómico	9
2.5.1. Preparación del suelo.....	9
2.5.2. Fertilización.....	9
2.5.3. Siembra.....	9
2.5.4. Labores culturales.....	9
2.5.5. Cosecha.....	10
2.6. Problemas fitosanitarios	10

2.6.1 Lanosa (<i>Rosellinia</i> sp.)	10
2.6.2. Síntomas de la enfermedad.....	11
2.6.3. Ciclo de la enfermedad.....	11
2.6.4. Métodos de control.....	12
2.7. Control biológico mediante <i>Trichoderma</i> spp.....	13
2.7.1. Mecanismos de acción.....	14
2.7.2 Beneficios del hongo antagonista.....	15
2.7.3. Especies de <i>Trichoderma</i>	15
2.8. Marco legal.....	16
CAPÍTULO III	
3. MARCO METODOLÓGICO	
3.1. Descripción del área de estudio.....	17
3.1.2. Características climáticas	17
3.2. Materiales y métodos.....	18
3.2.1. Factores en estudio	18
3.2.2. Tratamientos	19
3.2.3. Diseño experimental.....	19
3.2.5. Análisis estadístico	21
3.2.6 Variables a evaluarse.....	21
3.2.6.1. Incidencia de la enfermedad lanosa (<i>Rosellinia</i> sp.)	21
3.2.6.2. Altura de la planta.....	22
3.2.6.3. Porcentaje de tubérculos enfermos	22
3.2.6.4. Porcentaje de mortalidad	23
3.2.6.5. Rendimiento total	23
3.3. Manejo del experimento	23
3.3.1. Análisis microbiológico.....	23
3.3.2 Evaluación de toxicidad de los fungicidas sobre los hongos antagonistas.....	26
3.3.3 Selección del lote.....	26
3.3.4 Preparación del suelo.....	28
3.3.5 Surcado	28
3.3.6 Obtención de la semilla certificada	29

3.3.7 Siembra.....	29
3.3.8 Aplicación de hongos antagonistas.....	30
3.3.9 Fertilización.....	31
3.3.10 Labores culturales.....	31
3.3.11 Controles fitosanitarios.....	32
3.3.12 Cosecha.....	33
CAPÍTULO IV	
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 Porcentaje de incidencia del hongo fitopatógeno <i>Rosellinia</i> sp.	34
4.2. Altura de la planta.....	37
4.3 Porcentaje de tubérculos enfermos	40
4.4 Porcentaje de mortalidad	41
4.5 Rendimiento	43
CAPÍTULO V	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones.....	47
5.2 Recomendaciones	48
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS.....	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.	17
Figura 2. Distribución de los tratamientos en estudio.	20
Figura 3. Síntomas de la enfermedad lanosa	22
Figura 4. Medición de altura de la planta de papa.....	22
Figura 5. Pesaje de submuestras de suelo.....	23
Figura 6. Evaluación de toxicidad.. ..	27
Figura 7. Delimitación del lote seleccionado.	27
Figura 8. Arado y rastrado del lote seleccionado.	28
Figura 9. Elaboración de surcos antes de la siembra.....	28
Figura 10. Tubérculos-semilla de papa var. Superchola.	29
Figura 11. Siembra de papa variedad Superchola.	29
Figura 12. Aplicación de hongos antagonistas en semilla y planta.	30
Figura 13. Fertilización del cultivo de papa.	31
Figura 14. Realización del aporque en el cultivo de papa.	32
Figura 15. Manejo fitosanitario de plagas y enfermedades.	32
Figura 16. Cosecha de tubérculos por cada tratamiento.....	33
Figura 17. Porcentaje de incidencia de <i>Rosellinia</i> sp a los 35, 50, 65, 80, 95, 110, 125, 140, 155, 170, 185 días después de la siembra.....	35
Figura 18. Altura de la planta a los 30, 60 y 90 días después de la siembra.	38
Figura 19. Altura de la planta en función de la aplicación de dosis de <i>Trichoderma</i> spp... ..	39
Figura 20. Porcentaje de tubérculos enfermos en función de la dosis y frecuencia de <i>Trichoderma</i> spp.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características climáticas de la zona de estudio.....	18
Tabla 2. Materiales, equipos e insumos utilizados en la investigación	18
Tabla 3. Tratamientos del ensayo sobre el uso de dos hongos antagonistas para la enfermedad lanosa en el cultivo de papa	19
Tabla 4. Identificación del producto TrichoBio	19
Tabla 5. Descripción de las características del experimento	20
Tabla 6. Análisis de la varianza (ADEVA)	21

Tabla 7. Dosificación de los distintos fungicidas para la evaluación de toxicidad y resistencia de los fungicidas a los hongos antagonistas	26
Tabla 8. Cantidad de <i>Trichodermas</i> aplicada por tratamiento.....	30
Tabla 9. Protocolo para el manejo fitosanitario de plagas y enfermedades en el cultivo de papa.....	32
Tabla 10. ADEVA para la variable porcentaje de incidencia de <i>Rosellinia</i> sp.	34
Tabla 11. ADEVA para la variable altura de la planta.....	37
Tabla 12. ADEVA para la variable porcentaje de tubérculos enfermos	40
Tabla 13. ADEVA para la variable porcentaje de mortalidad.....	41
Tabla 14. Prueba Fisher para la variable porcentaje de mortalidad.....	42
Tabla 15. ADEVA para la variable rendimiento	43
Tabla 16. Prueba Fisher para la variable rendimiento	43
Tabla 17. Costos de producción por tratamiento	44
Tabla 18. Relación beneficio/costo	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis microbiológico antes de implementar el ensayo.....	57
Anexo 2. Análisis microbiológico después de implementar el ensayo	58
Anexo 3. Ficha técnica del producto TrichoBio.....	59
Anexo 4. Análisis de suelo	64
Anexo 5. Prueba Fisher para la variable porcentaje de incidencia.....	65
Anexo 6. Prueba Fisher para la variable altura de la planta	67
Anexo 7. Prueba Fisher para la variable porcentaje de tubérculos enfermos.....	67

UTILIZACIÓN DE DOS HONGOS ANTAGONISTAS COMO ALTERNATIVA DE CONTROL PARA EL HONGO FITOPATÓGENO (*Rosellinia* spp.) EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VAR. SUPERCHOLA, COMUNIDAD SAN FRANCISCO, CANTÓN MONTÚFAR, PROVINCIA DEL CARCHI.

Autor*: Anderson Marcelo Chamorro Benavides

*Universidad Técnica del Norte

Correo: amchamorro@utn.edu.ec

RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) constituye un cultivo de importancia social, cultural y económica en el país, principalmente en la zona del Carchi, la cual cuenta con una preponderante área de producción afectada principalmente por la presencia de la enfermedad denominada “lanosa” cuyo agente causal es el hongo fitopatógeno *Rosellinia* sp. Por ende, en la presente investigación se evaluó la capacidad antagonista de los hongos *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* sobre *Rosellinia* sp. en el cultivo de papa en la finca “El Porvenir”, ubicada en la parroquia Fernández Salvador perteneciente al cantón Montúfar, provincia del Carchi. Para lo cual, mediante un diseño experimental completamente al azar, con 3 bloques y 5 tratamientos, se consideró dos factores; dosificación y frecuencia de aplicación, con un total de 15 unidades experimentales y 24 plantas por unidad, mientras que las variables consideradas fueron incidencia de la enfermedad, altura de la planta, porcentaje de tubérculos enfermos, porcentaje de mortalidad y rendimiento total. Además, se realizó un análisis microbiológico del hongo fitopatógeno y antagonista para cuantificar la población de estos y una evaluación de la toxicidad de los fungicidas sobre *Trichoderma* sp. Los resultados obtenidos señalan que los tratamientos con *Trichoderma*, mostraron una considerable reducción de 80.61% de incidencia de *Rosellinia* sp. al transcurrir los días después de la siembra, además, las plantas inoculadas con el hongo antagonista incrementaron en un 17.92% de altura, y porcentaje de tubérculos enfermos con una reducción del 81.21%, en cuanto a rendimiento los tratamientos bajo formulaciones de *Trichodermas* mostraron un incremento de 4.80%.

Palabras clave: *Trichoderma*, incidencia, tubérculo, altura de la planta.

USE OF TWO ANTAGONIST FUNGI AS A CONTROL ALTERNATIVE FOR PHYTOPATHOGENIC FUNGUS (*Rosellinia* spp.) IN THE POTATO CROP (*Solanum tuberosum* L.) VAR. SUPERCHOLA, SAN FRANCISCO COMMUNITY, MONTÚFAR CANTON, CARCHI PROVINCE.

Author*: Anderson Marcelo Chamorro Benavides

*Universidad Técnica del Norte

Mail: amchamorro@utn.edu.ec

ABSTRACT

The potato (*Solanum tuberosum* L.) is a crop of social, cultural and economic importance in the country, mainly in the Carchi area, which has a predominant production area affected mainly by the presence of the disease called "lanosa" whose causal agent is the phytopathogenic fungus *Rosellinia* sp. Therefore, the present research evaluated the antagonistic ability of the fungi *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* over *Rosellinia* sp. in the cultivation of potato in the farm "El Porvenir", located in the parish Fernández Salvador belonging to the canton Montúfar, province of Carchi. For which, through a completely random experimental design, with 3 blocks and 5 treatments, two factors were considered; dosage and frequency of application, with a total of 15 experimental units and 24 plants per unit, while the variables considered were disease incidence, plant height, percentage of diseased tubers, mortality rate and total yield. In addition, a microbiological analysis of the phytopathogen and antagonist fungus was performed to quantify their population and an assessment of the toxicity of fungicides on *Trichoderma* sp. The results indicate that treatments with *Trichodermas* showed a considerable reduction of 80.61% incidence of *Rosellinia* sp. as the days after planting, in addition, plants inoculated with the antagonistic fungus increased by 17.92% in height, and percentage of sick tubers with a reduction of 81.21%, in terms of performance treatments under *Trichoderma* formulations showed an increase of 4.80%.

Key words: *Trichoderma*, incidence, tuber, plant height.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los principales cultivos del país, condición atribuida a su participación en la dieta alimenticia de la población ecuatoriana y a su importancia económica (Ger, 2014). La producción de esta especie está dirigida al consumo en fresco y a la comercialización industrial, ocupando un papel preponderante en la canasta básica (Suquilanda, 2011), se estima que alrededor de 375 000 personas están vinculadas en su producción directa e indirectamente, bajo el sistema tradicional o cultivo asociado, y un monocultivo semi tecnificado y altamente tecnificado (Reinoso, 2013; Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2017).

El país cuenta con 23 974.45 hectáreas de superficie papera, con una producción promedio de 269 200.70 toneladas métricas anuales y un rendimiento de 16.28 tn/ha, cuya productividad disminuyó en 29% como consecuencia de una reducción en el mismo; atribuido a diferentes problemas fitosanitarios (Mora, Pumisacho, Reinoso y Aucancela, 2011; Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA], 2018). De este modo, un área importante de producción de este cultivo lo constituye la provincia del Carchi con 6 535.90 hectáreas de papa y un rendimiento de 18.84 tn/ha, cuya superficie ha sido afectada por la presencia de lanosa (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2018).

El hongo *Rosellinia* spp. es un parásito facultativo de distribución cosmopolita, reportándose alrededor de todo el mundo con un amplio rango de hospederos y causante de cuantiosas pérdidas económicas en varios cultivos (Sanabria y Grabowski, 2016). En el país, este organismo es el agente causal de la enfermedad conocida como “lanosa”, la cual afecta principalmente la producción de papa, cuyos síntomas se ven reflejados en la flacidez del follaje, marchitamiento, pudrición de raíces y tubérculos, y, por último, la muerte de la planta, llegando a comprometer la producción hasta en un 90% (Pumisacho y Sherwood, 2002; Restrepo, 2011; Ger, 2014).

Para el manejo de enfermedades fungosas en diversos cultivos y específicamente de lanosa en papa, se ha propuesto la aplicación de varios fungicidas, sin embargo, presentan baja

eficiencia relacionada con la degradación acelerada de sus moléculas, llegándose a utilizar alrededor de 24 a 32 kg de ingredientes activos de diferentes productos por hectárea en un ciclo, además, se conocen efectos adversos sobre el ambiente y repercusiones en la salud de los agricultores (Crissman, Espinosa y Barrera, 2003; Ramírez-Muñoz, Fournier-Leiva, Ruepert e Hidalgo-Ardón, 2014). Por lo anterior, el control biológico es una alternativa prometedora y amigable con el ambiente, ya que puede combatir la enfermedad y mantener la producción del cultivo, dentro de esta propuesta se destacan los hongos del género *Trichoderma*, los cuales son ampliamente utilizados como un organismo biocontrolador contra patógenos (Acosta, 2015; Vargas, Wang, Obregón y Araya 2015).

De este modo, los hongos del género *Trichoderma* han sido utilizados con éxito para suprimir patógenos en varios cultivos, los cuales indican una reducción de marchitez y mortalidad por *Fusarium oxysporum* Schldl., (Fernández y Suárez, 2009; Eraso, Acosta, Salazar y Betancourth, 2014), *Rhizoctonia solani* J.G.Kühn., (Chao y Wen-yimg, 2019), *Phytophthora capsici* Leo., (Tituaña, 2013), *Moniliophthora roreri* (Cif.) H.C. Evans, Stalpers, Samson y Benny., (Holmes et al., 2005; Crozier et al., 2015; Villamil, Viteri y Villegas, 2015), control de enfermedades causadas por *Sclerotinia* spp., (Lib.) de Bary.; y *Botrytis cinerea* Whetzel., (Casanova et al., 2016), actuando como promotores de crecimiento y provocando resistencia sistémica adquirida (Sahebani y Hadavi, 2008). Además, combate nematodos por medio del parasitismo de huevos y larvas al aumentar la producción de quitinasa y proteasa (Suárez et al., 2004; Menjívar, 2005; Morales, 2014; Vargas et al., 2015).

Con relación a *Rosellinia* sp., especies del género *Trichoderma* ha sido reportada como potencial agente biocontrolador de este hongo fitopatógeno, tanto en condiciones *in vitro* e *in vivo*, en diferentes áreas geográficas y en varios cultivos como: aguacate (*Persea americana* Mill.) (López-Herrera, Pérez-Jiménez, Llobel, Monte-Vázquez y Zea-Bonilla., 1999; Ruano-Rosa, del Moral-Navarrete y López-Herrera, 2003; Arjona, 2015), café (*Coffea arabica* L.) (Valencia y Castro, 2004; Guerrero y Arias, 2012; Castro y Rivillas 2014), cacao (*Theobroma cacao* L.) (Mendoza, Martijn, Krass, Sánchez y Krauss, 2003), macadamia (*Macadamia integrifolia* Maiden y Betche.) (Sanabria y Grabowski, 2016), y otros tales como; clavel (*Dianthus caryophyllus* L.), litchi (*Litchi chinensis* Sonn.), arroz (*Oryza sativa* L.), remolacha (*Beta vulgaris* L.) (Ruano-Rosa, del Moral-Navarrete y López-Herrera, 2010), además, ha mostrado buenos resultados como antagonista de

Rosellinia sp. en papa bajo condiciones de laboratorio y campo (Gómez y Gordillo, 1997; Duarte, 1999; Patiño, Herrera y Velandia, 2015).

En Ecuador, se han realizado estudios de evaluación en laboratorio relacionados a la capacidad antagónica de *Trichodermas* contra algunos patógenos como: *Rosellinia* spp. y *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary., en papa (Ger, 2014; Guzmán, 2010), así como, *Fusarium* spp. Link ex Grey., en flores de verano (Cholango, 2009); mostrando altos porcentajes de inhibición micelial, por otro lado, en condiciones bajo invernadero presentaron los mejores resultados en relación al testigo frente a *Phytophthora* sp. presente en el cultivo de papa (López, 2007; Bustamante, 2015), sin embargo, se han realizado pocos experimentos en condiciones de campo en plantas infectadas con *Rosellinia* spp. en este cultivo para evaluar su comportamiento.

1.2. Problema

Rosellinia spp., es el agente causal de la enfermedad conocida como lanosa, considerado como uno de los principales y más severos hongos fitopatógenos del suelo que afecta a los cultivos de papa causando pudriciones en raíces, estolones o tubérculos, disminuyendo la producción hasta en un 90%, generando grandes pérdidas económicas, las cuales afectan la calidad de vida de los productores, quienes cuentan con los ingresos del cultivo como un pilar fundamental de su economía y sustento familiar (Suquilanda, 2011).

En estudios realizados en la provincia del Carchi se identificó la aplicación de grandes cantidades de agroquímicos, de los cuales el 80% son altamente tóxicos con baja eficiencia para el control de organismos fitopatógenos, a esto se le suma inadecuadas prácticas de bioseguridad, lo que conlleva a un deterioro en la salud de los productores y un grave impacto ambiental (Bustamante, 2015). Es así que, el desconocimiento de técnicas de manejo adecuadas para el control de plagas y enfermedades constituye un problema frecuente que afecta la producción de papa, lo que se traduce en bajos rendimientos, lo que a su vez afecta la rentabilidad de las fincas.

1.3. Justificación

La papa (*Solanum tuberosum* L.), es un cultivo tradicional en la provincia del Carchi y forma parte de la canasta familiar, cuya demanda es muy elevada, siendo uno de los principales rubros económicos de los agricultores en la provincia (Ger, 2014). Por su parte,

el cantón Montúfar muestra la máxima producción papera de la provincia del Carchi, con alrededor de 45 toneladas por hectárea, donde el 85% de agricultores dependen de la producción del tubérculo (Rosales, 2018).

El control de enfermedades en papa se ha basado únicamente en controles químicos cuya eficiencia está limitada debido a sus efectos negativos en el ambiente y la salud de los productores y consumidores, sin embargo, ha crecido la demanda de productos sanos y nutritivos, por lo cual se investiga alternativas de biocontrol dentro de las cuales se encuentran los hongos antagonistas que resultan importantes para el control biológico de los hongos fitopatógenos (Andrade, 2012).

Las especies del género *Trichoderma* se destacan entre las alternativas más viables y utilizadas en el control de patógenos fúngicos del suelo, debido a sus distintos mecanismo de acción como la competencia por el sustrato, micoparasitismo, antibiosis, desactivación de enzimas del patógeno y resistencia inducida (Andrade, 2012), además posee un amplio rango de acción, propagándose en el suelo, aumentando su población y ejerciendo un control duradero en el tiempo sobre hongos fitopatógenos (Infante, Martínez, González y Reyes, 2009).

Además, con el uso de microorganismos en los cultivos, las plagas no generan resistencia a diferencia de los agroquímicos, sumándole que ayuda a descomponer la materia orgánica, estimula el crecimiento de los cultivos, preserva el ambiente al disminuir la aplicación de fungicidas y garantiza el acceso permanente a alimentos sanos y seguros para toda la población (Chiriboga, Gómez y Garcés, 2015).

Por lo antes mencionado, se utilizaron las siguientes especies de hongos antagonistas: *Trichoderma harzianum* Rifai., y *Trichoderma viride* Bayman y Radka., ya que mediante una combinación de especies de *Trichodermas* se genera una velocidad de crecimiento y aumenta la capacidad de esporulación para controlar *Rosellinia* spp. (Mendoza et al., 2003; Cholango, 2009), lo cual contribuye a la atenuación de los daños que causa la enfermedad en el cultivo de papa y por ende mejora la calidad de vida de los agricultores (Infante et al., 2009), cumpliendo con los objetivos que promueve el Plan Nacional de Desarrollo “Toda una vida”.

De este modo, la implementación de un control biológico a base de organismos antagonistas como *Trichoderma* para contrarrestar la enfermedad lanosa en el cultivo de papa en el cantón Montúfar, perteneciente a la provincia de Carchi, representa una técnica capaz de lograr la seguridad alimentaria al adquirir productos libres de compuestos tóxicos y mejorar la producción agrícola en esta zona.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de dos especies de hongos antagonistas: *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, sobre el hongo fitopatógeno (*Rosellinia* spp.), en el cultivo de papa, variedad Superchola en la comunidad San Francisco, cantón Montúfar, provincia del Carchi.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de incidencia de la enfermedad bajo la aplicación de las especies de hongos antagonistas.
- Evaluar la calidad sanitaria de los tubérculos de papa cosechados.
- Determinar el rendimiento del cultivo de papa bajo los tratamientos en estudio.

1.5. Hipótesis

- **Ho:** Los hongos antagonistas que actúan colonizando las raíces de las plantas y parasitando los hongos fitopatógenos no influyen en la incidencia de la lanosa (*Rosellinia* spp.) presente en el cultivo de papa.

Ha: Los hongos antagonistas que actúan colonizando las raíces de las plantas y parasitando los hongos fitopatógenos influyen en la incidencia de la lanosa (*Rosellinia* spp.) presente en el cultivo de papa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Importancia del cultivo de papa

La papa (*Solanum tuberosum* L.) ocupa un lugar importante en la agricultura, economía y seguridad alimentaria, situándose en el cuarto lugar de los cultivos o alimentos que sustentan la nutrición a nivel mundial, con un alto contenido de proteína, aminoácidos esenciales y vitamina C; sustancias nutritivas que varían acorde a la variedad y condiciones de campo (Román y Hurtado, 2002; Rodríguez, 2009). El centro de domesticación se encuentra en los alrededores del Lago Titicaca, frontera entre Perú y Bolivia, además existe evidencia arqueológica de culturas antiguas que cultivaron papa, encontrándose inicialmente este tubérculo en la parte alta del valle del Cuzco y posteriormente en Quito, Ecuador (MAG, 2014).

En el país, las provincias de Pichincha, Carchi, Bolívar y Tungurahua se ubican como las principales productoras, superando el promedio nacional en 4.9, 2.5, 1.6 y 1.5 toneladas por hectárea, respectivamente, además, el 52% de los agricultores dependen de la producción de este cultivo que es su principal fuente de ingresos (SIPA, 2018). Ecuador es considerado productor y consumidor directo del tubérculo, por lo que obliga a garantizar la soberanía alimentaria de la población, siendo uno de los principales productos cultivados en la provincia del Carchi (INEC, 2017).

2.2. Descripción taxonómica

La descripción taxonómica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) según Pumisacho y Sherwood (2002) es la siguiente:

- Reino: Plantae
- Phylum: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Solanales
- Familia: Solanaceae
- Género: *Solanum*
- Especie: *S. tuberosum*
- Nombre científico: *Solanum tuberosum* L.

2.3. Descripción botánica

a) Raíces: son de tipo fibrosas, las cuales nacen de tallos subterráneos, ramificados, finos y largos, cuyo poder de penetración es débil, las cuales pueden llegar a medir hasta 1.20 m de profundidad en suelos profundos y francos (Ger, 2014).

b) Tallo: La papa es una dicotiledónea herbácea con hábitos de crecimientos rastrero o erecto, posee tallos gruesos y leñosos, con entrenudos cortos, por lo general son huecos o medulosos, a excepción en los nudos que son sólidos, con forma angular y de coloración verde a rojo púrpura que varía de acuerdo con la especie (Bustamante, 2015).

c) Hojas: son compuestas y pinnadas, las hojas primarias de plántulas pueden ser de tipo simple, mientras que una planta madura presenta hojas compuestas en par y alternadas alcanzando entre 0.6 a 1.5 m, ordenadas en forma alterna a lo largo del tallo, dando un aspecto frondoso, en especial en variedades mejoradas (Garzón, 2014).

d) Flores: este vegetal posee racimos terminales, que pueden ser simples o compuestos, cada flor contiene órganos masculinos (androceo) y femenino (gineceo), son pentámeras, los sépalos pueden ser de varios colores, entre los más comunes se mencionan el tono blanco, amarillo, rojo y púrpura (Gualoto, 2019).

e) Fruto: constituye una baya pequeña y carnosa con semillas sexuales, de forma redonda u ovalado, por lo general de color verde amarillento o castaño rojizo dependiendo de la variedad, posee dos lóculos con un promedio de 200 a 300 semillas, el peridermo o la piel es delgada cuya coloración de esta y la pulpa puede ser de tipo blanquecino, amarillo, crema o morado y algunas veces bicolor (Delgado, 2012; Gualoto, 2019). La papa posee una serie de ploidías, triploide, tetraploide, pentaploide hasta hexaploide, mientras que, las variedades nativas en el país son de tipo diploide, y generalmente las variedades mejoradas son tetraploides (Delgado, 2012).

f) Semilla-tubérculo: los tubérculos son tallos carnosos que nacieron en el extremo del estolón con yemas, cuya formación se produce por la proliferación del tejido de reserva que permite un aumento de células hasta 64 veces (Pumisacho y Sherwood, 2002; Bustamante, 2015).

2.3.1. Variedad Superchola

La variedad Superchola fue generada por el señor Germán Bastidas, agricultor

Montufareño, proveniente de los cruzamientos realizados con las variedades (Curipamba negra x *Solanum demissum*) x (clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada), siendo liberada en el mercado en el año 1984, llegando a producir 90 000 toneladas por ciclo de cultivo (Pumisacho y Sherwood, 2002), cuya siembra se recomienda en las zonas norte y centro desde los 2 800 a 3 600 msnm, llega a su maduración a los 180 días a 3000 m de altitud y posee un rendimiento de 30 t/ha, donde el 62% de los agricultores a nivel nacional utilizó esta variedad, ya que presenta características productivas superiores a otras semillas, por lo que proporciona mejores rendimientos (SIPA, 2018).

Esta variedad es una planta de crecimiento erecto, con tallos verdes y ligera pigmentación de color púrpura, bien desarrollada y pubescente, además de un follaje frondoso de desarrollo rápido que cubre bien el terreno, sus hojas de color verde intenso, abiertas con tres pares de folíolos primarios, tres pares secundarios y cinco pares terciarios, sus flores son moradas y los tubérculos de color rojo o rosada con hijuelos amarilla pálida, susceptible a *Phytophthora infestans* y *Rhizoctonia solani* (Pumisacho y Sherwood, 2002; Garzón, 2014; Gualoto, 2019).

2.4. Requerimientos edafoclimáticos

El cultivo de papa se adapta a una gran variedad de suelos, en el país se presenta generalmente en terrenos irregulares, laderas que sobrepasan el 45% de pendiente, en un rango de altitud de 2400 a 3700 msnm en la región interandina y subandina, comúnmente se desarrolla en suelos negros andinos, de textura franco-arenosa y rico en materia orgánica (Suquilanda, 2013).

Este tubérculo prefiere suelos con textura que favorezca la aireación, drenaje y penetración profunda de las raíces que no debe ser menor de 25 cm, por lo que no se recomienda suelos arcillosos ya que presentan poca aireación y excesiva humedad que incide en el crecimiento tardío y pudrición de la semilla (Avilés y Piedra, 2017). El adecuado desarrollo del cultivo requiere una temperatura media anual entre los 6 y 14° C, en períodos de 8 a 12 horas luz, con una precipitación lluviosa de 700 a 1200 mm distribuida en todo su ciclo vegetativo (Garzón, 2014).

2.5. Manejo agronómico

Entre las actividades de manejo que se realizan dentro de este cultivo para su óptimo desarrollo se mencionan los siguientes:

2.5.1. Preparación del suelo

De acuerdo con Suquilanda (2013) la preparación depende del tipo de suelo, condiciones climatológicas, y la pendiente del lote, en general el cultivo de papa necesita una labor de arado a los 25 a 30 cm con tres meses de anticipación a la siembra mediante maquinaria agrícola o animal, para la rastra se recomienda una profundidad de 20 cm hasta quedar bien mullido, y finalmente, se surca para evitar la erosión del lote y a su vez obtener una adecuada distribución del agua de riego.

2.5.2. Fertilización

La extracción de nutrientes del suelo por el cultivo de papa depende de la variedad, fertilidad del suelo, condiciones climáticas, rendimiento y manejo del cultivo (Garzón, 2014). En el caso de no disponer de un análisis de suelo, en general las recomendaciones se basan en la implementación de 13 sacos de 50 kg de 18-46-0, por hectárea, 3.5 sacos de 50 kg de muriato de potasio al momento de la siembra, en el fondo del surco, a chorro continuo y recubrir con una capa de 10 cm, y finalmente, al medio aporque la aplicación de 1.5 sacos de 50 kg de urea (Delgado, 2012), también se puede complementar con la aplicación de abonos orgánicos disponibles como estiércol y compost (Punina, 2013).

2.5.3. Siembra

La papa en el país se cultiva como monocultivo o de manera asociada, cuyo tubérculo-semilla debe presentar varios brotes o germinados, para lo cual se somete al verdeo, mediante la acción de la luz indirecta, además dichos brotes deben ser cortos y vigorosos que facilitarán su emergencia rápida en el campo, la semilla debe ser similar al tamaño de un huevo de gallina con un peso de 60 gr, el cual se somete a desinfección de 2 a 3 semanas, la distancia recomendada entre surcos varía de 90 a 120 cm y 30 cm entre plantas (Suquilanda, 2011).

2.5.4. Labores culturales

Entre las principales prácticas culturales asociadas al manejo agronómico se encuentran:

a) **Retape:** en lo que respecta a la provincia del Carchi, se realiza entre los 15 y 21 días después de la siembra, la cual consiste en remover una parte de la tierra sobre las plantas que inician a emerger (Pumisacho y Sherwood, 2002; Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2018).

b) **Rascadillo o deshierba:** se lleva a cabo entre los 40 y 50 días, la cual tiene como función la aireación de la planta y control de malezas, para lo que se remueve la tierra que rodea la planta y se aplica fertilizante ya sea de origen orgánico o químico (Oyarzún, Taípe y Forbes, 2013).

c) **Aporque:** se puede realizar en tres fases del desarrollo del cultivo, al momento de la siembra, el pre aporque a los 10 a 15 cm, y cuando las plantas presentan de 25 a 30 cm de desarrollo, con la finalidad de aislar los tubérculos de plagas, evitar el verdeamiento, aportar sostén a la planta y mejorar la formación de tubérculos (Bustamante, 2015).

2.5.5. Cosecha

La cosecha depende del estado del cultivo acorde al ciclo vegetativo de la variedad empleada, que puede ser de tipo precoz, intermedia o tardía, o a su vez cuando el follaje se torna completamente amarillo con la caída natural de hojas, además los tubérculos deben permanecer expuestos a luz solar por un lapso de 2 horas con la finalidad de suberizar la piel del vegetal (Pumisacho y Sherwood, 2002; Suquilanda, 2013).

2.6. Problemas fitosanitarios

En el país existen variedad de suelos que abarcan este cultivo con zonas de tipo frío y muy húmedas, bajo el sistema minifundio y monocultivo, los cuales inciden en la aparición de enfermedades que afectan en el rendimiento (Morales et al., 2014).

2.6.1 Lanosa (*Rosellinia* sp.)

Rosellinia es un género de hongos perteneciente a la familia Xylariaceae esta enfermedad es denominada “lanosa” en el Ecuador y conocida como peste nieve, mortaja blanca, macana o lana en otros países, nombres relacionados al manto micelial blanco que recubre las partes infectadas de la planta de papa (Ger, 2014; Restrepo, 2011), el cual puede vivir de manera saprófita sobre restos de cosechas o rastrojos, lo que le permite sobrevivir por un largo tiempo en el suelo, abarcando una gran cantidad de hospederos como: melloco

(*Ullucus tuberosus* Caldas.), oca (*Oxalis tuberosa* Molina.), remolacha (*Beta vulgaris* L.), zanahoria (*Daucus carota* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.), arveja (*Pisum sativum* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.) y haba (*Vicia faba* L.), además afecta a plantas del género *Brassica* L., y *Polygonum* L.; entre otros frutales y forestales (Avilés y Piedra, 2017).

Es hongo predomina en suelos ricos en materia orgánica, muy ácidos, muy húmedos o mal drenados, favoreciendo la supervivencia del inóculo, la cual se disemina principalmente por tubérculos-semilla infectados, suelo contaminado, agua y herramientas, en los primeros años de contaminación, el daño oscila alrededor del 1% y 20%, mientras que, en el tercero y cuarto año, se puede perder por completo la producción del cultivo, sumándole si se practica monocultivo en suelos infestados (Restrepo, 2011).

2.6.2. Síntomas de la enfermedad

a) Raíces: esta parte vegetativa inicia con un oscurecimiento del tejido y muestra una capa gruesa de micelio blanco, peculiaridad que le ha otorgado el nombre de lanosa (Ger, 2014).

b) Hojas: las plantas afectadas por *Rosellinia* spp. quedan pequeñas, muestran clorosis en las hojas del tercio inferior, además de una marchitez que avanza de abajo hacia arriba hasta cubrir completamente.

c) Tallos y pecíolos: un signo muy notorio en las plantas enfermas es la presencia de una masa algodonosa en la base de los tallos, ya que la necrosis inicia en el cuello de la planta se observa una decoloración café oscura (Restrepo, 2011).

d) Tubérculos: en este caso los tubérculos afectados muestran micelio blanco que los recubre total o parcialmente y llega a causar pudrición y muerte de brotes, además, si se realiza un corte transversal se puede apreciar estrías necróticas de color negro formadas por rizoformas que avanzan desde la superficie hacia el interior (Avilés y Piedra, 2017).

2.6.3. Ciclo de la enfermedad

Rosellinia spp., es un patógeno que se caracteriza por sobrevivir en una amplia gama de suelos, presente en la superficie de los tubérculos en forma de esclerocios que corresponden a cuerpos fructíferos que se desarrollan en condiciones de excesiva humedad, o a su vez en forma de micelio en residuos de tejidos, raíces y tallos dañados, ya que las

hifas invaden la superficie del tubérculo-semilla, afectando desde brotes como a tallos (Morales, 2014). El micelio de este hongo fitopatógeno envuelve a las raíces, estolones y tubérculos de las nuevas plantas, mientras que, los esclerocios emergen debajo de la capa miceliana, favoreciendo que el ciclo inicie nuevamente (Ger, 2014).

2.6.4. Métodos de control

Las estrategias de control pueden incluir un manejo integrado, el cual se basa en: control genético, químico, cultural y biológico, cuya finalidad es disminuir la incidencia de la enfermedad o poblaciones de agentes patógenos, así como evitar pérdidas económicas, de tal manera que el productor logre mayor rentabilidad, mejore la calidad de vida y disminuya el impacto ambiental (Bustamante, 2015; Castellanos, Lorenzo, Lina, Hernández y Guillen, 2015).

2.6.4.1. Control genético

Los tubérculos de papa son excelentes transportadores para la distribución y diseminación de patógenos, ya que bajas cantidades de inóculo en la semilla puede tener un gran significado epidemiológico, por tal razón las semillas utilizadas para propagación deben ser certificadas lo que permite garantizar una semilla libre de plagas y enfermedades, los cuales deben proceder de un sólo lote, ni mezcladas con otras variedades de tubérculos, con un tamaño uniforme el cual influye en el periodo de dormancia (Montesdeoca, Narváez, Mora y Benítez, 2006).

2.6.4.2. Control cultural

Este tipo de control incluye todas las actividades que eviten la actividad del patógeno dentro del cultivo, por ende, Bustamante (2015) menciona las siguientes:

- Selección de lotes con un buen drenaje y adecuada ventilación para la acumulación de humedad tanto en el suelo como en el follaje.
- Eliminar fuentes de inóculo, arrancar y quemar las plantas enfermas así se impide que la enfermedad se disemine.
- Realizar aporques para disminuir el contacto de los tubérculos que contienen los esporangios.
- Evitar riesgos excesivos por inundación o aspersion, ya que favorecen el desarrollo del patógeno.

- Realizar cosechas oportunas y evitar labores culturales bajo condiciones de humedad ya que favorece la diseminación de la enfermedad.
- Rotar los cultivos, para lo cual se puede incluir gramíneas, leguminosas y especialmente pastos lo que ayuda a eliminar los hongos fitopatógenos que quedan alojados en el suelo.
- Controlar malezas hospederas como lengua de vaca (*Rumex crispus* L.) y bleo (*Amarantus retroflexus* L.) (Restrepo, 2011).

2.6.4.3. Control químico

En cuanto a *Rosellinia* spp, no existe tratamiento específico para su control debido a su adaptabilidad en distintos medios y tipos de suelo lo que dificulta su erradicación, sin embargo, se conoce que las especies del género son susceptibles a los benzimidazoles y tiofanatos, además se recomienda aplicar carboxin a los tubérculos-semilla (Restrepo, 2011; Ger, 2014).

2.7. Control biológico mediante *Trichoderma* spp.

Trichoderma spp., es un hongo anaeróbico facultativo, perteneciente a los Deuteromycetes, sin un estado sexual determinado (Morales, 2014), cuyas especies son muy comunes en la gran mayoría de suelos y presenta una fuerte acción de biocontrol frente a una amplia variedad de patógenos del suelo (Arjona, 2015; Andrade, 2012), además, son considerados invasores secundarios oportunistas con rápido crecimiento micelial de color blanco que posteriormente se torna verde, productores de esporas muy fuertes, generadores de enzimas encargadas de degradar la pared celular y productores de antibiosis (Vinale et al., 2008).

Trichoderma spp. tiene la capacidad de producir tres tipos de propágulos: hifas, clamidosporas y conidios; estructuras importantes y vitales para su sobrevivencia, además, se activan contra fitopatógenos en diferentes fases del ciclo de vida, desde la germinación de esporas hasta la esporulación (Morales, 2014).

La temperatura óptima para su crecimiento vegetativo oscila entre 15 y 30 °C, contenido de humedad de 70%, e incluso abarca un rango de 20% a 80%, para su esporulación entre el 93% y 95%, pH de 6.6, son de tipo fotosensibles con cierta respuesta a la luz, especialmente azul y violeta, la cual promueve la formación de esporas y el crecimiento de micelial (Cano, 2011; Castro y Rivillas, 2014; Acosta, 2015).

El desarrollo de estos microorganismos se ve favorecido por altas densidades de raíces, las cuales son colonizadas rápidamente, cuya capacidad de adaptación a diversas condiciones medioambientales y sustratos le permite al género *Trichoderma* ser una propuesta viable en diferentes suelos, cultivos, climas y procesos tecnológicos (Casanova et al., 2016).

2.7.1. Mecanismos de acción

Trichoderma es considerado un eficaz agente de biocontrol, atribuido a sus diferentes mecanismos de acción, que se detallan a continuación:

a) Micoparasitismo: atributo de todas las especies de *Trichoderma*, cuyo proceso inicia con el crecimiento del antagonista sobre el patógeno, para lo cual forma estructuras similares a ganchos en la superficie del hospedero, lo que permite penetrar a su interior y por medio de la acción de enzimas líticas permite degradar su pared celular y posibilitan el ingreso de las hifas del antagonista, el cual se produce en etapas sucesivas e inicia el crecimiento quimiotrófico hacia el hospedador con la secreción de aminoácidos y azúcares (Castro y Rivillas, 2014; Bustamante, 2015).

b) Competencia: puede ser por sitios de infección, la cual se produce cuando dos o más organismos requieren el mismo recurso como espacio y nutrientes, y por ende reduce su disponibilidad para el otro, cuyo proceso se ve favorecido por la plasticidad ecológica, velocidad de crecimiento y desarrollo del antagonista, y por otro lado factores externos como es el tipo de suelo, pH, temperatura, humedad, entre otros (Vinale et al. 2008). En cuanto a secuestros de hierro se inicia con la producción de sideróforos, procesos de oxidación, solubilización, quelatación y reducción (Cano, 2011).

c) Antibiosis: *Trichoderma* spp., posee una actividad antibiótica que secreta sustancias o metabolitos secundarios como la glicotoxina, gliovirin, ácido harzanico, alameticinas, tricholinas, peptaiboiles, antibióticos, entre otras, las cuales inhiben la actividad parasítica de los hongos fitopatógenos, la combinación de enzimas líticas y estas sustancias poseen un alto potencial antagónico frente a distintos organismos (Cano, 2011).

d) Inducción de resistencia: el antagonista produce tres tipos de compuestos: proteínas con función enzimática, homólogos de proteínas, oligosacáridos y otros de bajo peso molecular, los cuales son liberados desde el hongo o pared celular de la planta por acción de enzimas, responsables de inducir resistencia en las plantas (Bustamante, 2015).

2.7.2 Beneficios del hongo antagonista

Chiriboga et al. (2015) explica que la aplicación de *Trichoderma* spp., al suelo tiene varias ventajas como agente de control biológico, entre las cuales se mencionan las siguientes:

- Se propaga y mantiene en el suelo, aumentando su población y ejerciendo control duradero en el tiempo sobre hongos fitopatógenos.
- Ayuda a descomponer la materia orgánica, haciendo que los nutrientes se conviertan en formas disponibles para la planta, por lo tanto, tiene un efecto indirecto en la nutrición del cultivo.
- Estimula el crecimiento de los cultivos, porque posee metabolitos que promueven los procesos de desarrollo en las plantas.
- Favorece la proliferación de organismos benéficos en el suelo, como otros hongos antagonistas.
- Preserva el ambiente al disminuir el uso de funguicidas.
- Al reemplazar agroquímicos sintéticos por microorganismos benéficos, el productor ahorra en sus costos de producción.
- Ataca patógenos de la raíz (*Pythium* sp., *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp.) y del follaje (*Botritis* sp. y *Mildiu* sp.) antes que puedan ser detectados; y evita el ataque de *Phytophthora* sp.
- Promueve el crecimiento de pelos absorbentes y raíces alimenticias, mejorando la nutrición y la absorción de agua.
- No se ha registrado ningún efecto fitotóxico, a consecuencia de su aplicación.

2.7.3. Especies de *Trichoderma*

Las especies del género *Trichoderma* son hongos cosmopolitas utilizados para el control de diferentes enfermedades fitopatógenas, se han descrito cerca de 40 taxones de este género hasta la fecha (Romero-Arenas, Huerta, Damián, Domínguez y Arellano, 2009), entre las especies más utilizadas en la agricultura se mencionan las siguientes:

Trichoderma harzianum Rifai., es un hongo micro-parasítico, habitante natural del suelo, cuyas cepas se caracterizan por sus ramificaciones laterales cortas y conidios de forma elipsoidales y oblongas (Cholango, 2009), con una buena capacidad reproductiva y micelio ligeramente algodonoso con olor a coco, eficiente en la utilización de nutrientes,

promoción del crecimiento en plantas, alta agresividad contra hongos fitopatógenos ya que forma una barrera que impide el ingreso de otro organismo e inducción de mecanismos de defensa (Endara, 2009). Además, es compatible con inóculos de leguminosas y aplicable a semillas con tratamientos químicos, por lo que reduce la aplicación de agroquímicos (Andrade, 2012).

Trichoderma viride Bayman y Radka., es un organismo muy utilizado como ingrediente activo en la formulación de bioplaguicidas, al cual se adiciona un ingrediente inerte que facilita su manejo, ya que puede desarrollarse en una amplia gama de sustratos, lo cual favorece su producción masiva en la agricultura en condiciones ambientales extremas y hábitats afectados por altas poblaciones de fitopatógenos ya que produce abundante enzimas hidrolíticas, de igual forma puede sobrevivir en medios con manejo de pesticidas y otros químicos (Hernández-Melchor, Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2019).

2.8. Marco legal

La presente investigación toma en cuenta los diferentes artículos, leyes y normas vigentes que rigen el territorio nacional, ya que según el Art. 71 de la Constitución Nacional de la República del Ecuador se estableció el Plan Nacional de Desarrollo denominado “Toda una vida” vigente entre las estrategias 2016-2021, con los objetivos de “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover las sostenibilidad ambiental, territorial y global” e “Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria” cuya finalidad enmarca el respeto y cuidado de los recursos naturales del país, para lo cual se considera necesario potenciar su manejo eficiente capaz de reducir de manera considerable el impacto de las prácticas agrícolas y pecuarias que se realiza de forma convencional.

De la misma manera, la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria en el Art. 9 en el Título II, Capítulo III, relacionado a la investigación y extensión de la soberanía alimentaria refiere a mejorar la calidad y productividad, asimismo, en el Art. 14 en el Título III, Capítulo I, sobre el fomento a la producción agroecológica se enfoca en promover una producción amigable con el medio ambiente, de este modo la utilización de especies *Trichoderma* favorece al control del hongo fitopatógeno *Rosellinia* sp. que afecta

zonas paperas de la provincia de Tulcán, específicamente el cantón Montúfar, enfatizándose en implementar un manejo adecuado de plagas y enfermedades.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área de estudio

El presente estudio se ejecutó en la finca “El Porvenir” situada en la parroquia Fernández Salvador, cantón Montúfar, perteneciente a la provincia del Carchi (Figura 1).

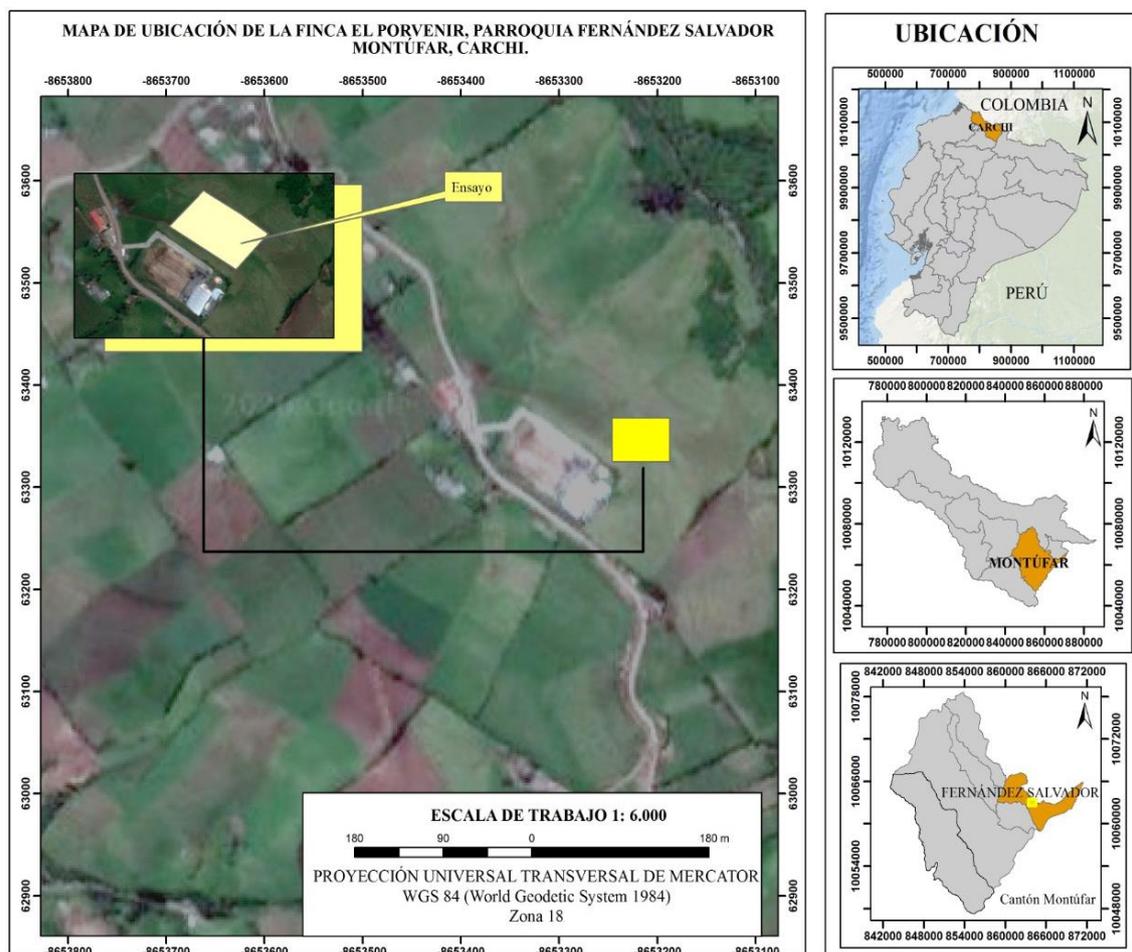


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

3.1.2. Características climáticas

En la tabla 1 se pueden observar las características climáticas de la zona de estudio de la presente investigación (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Fernández Salvador, 2020).

Tabla 1

Características climáticas de la zona de estudio

Características	Datos
Altitud:	2800 msnm
Temperatura media anual:	15 a 16°C
Precipitación medio anual:	1750 a 2500 mm
Humedad relativa:	80 a 95%

3.2. Materiales y métodos

Los materiales empleados en la presente investigación se puntualizan en la tabla 2 de manera más detallada, los cuales ayudaron en la medición de las variables.

Tabla 2

Materiales, equipos e insumos utilizados en la investigación

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Equipos	Insumos
Azadón	Agua destilada	Balanza	Fertilizantes
Bomba de mochila	Cajas petri	Computadora	Insecticidas
Cinta métrica	Medio de cultivo	Cámara fotográfica	Semilla-tubérculos
Estacas	PDA	Impresora	Producto biológico TrichoBio: <i>T. harzianum</i> y <i>T. viride</i>)
Letreros			
Libro de campo			
Piola			

3.2.1. Factores en estudio

Factor A: Dosificación

Para este factor se utilizaron dos dosis que se detallan a continuación (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2012; Cortez, 2019):

D1: 5 g o cc/1 lt de agua

D2: 2 g o cc/1 lt de agua

Factor B: Frecuencia de aplicación

F1: Cada 7 días iniciando por la siembra hasta el quinto mes del cultivo.

F2: Cada 15 días iniciando por la siembra hasta el quinto mes del cultivo.

3.2.2. Tratamientos

Se evaluaron cinco tratamientos (Tabla 3) resultantes de la combinación de dos factores: hongos antagonistas (dosificación) y frecuencia de aplicación.

Tabla 3

Tratamientos del ensayo sobre el uso de dos hongos antagonistas para la enfermedad lanosa en el cultivo de papa

Tratamientos	Descripción	Código
T1	<i>Trichodermas</i> 5 cc /1 lt de agua cada 7 días	D1F1
T2	<i>Trichodermas</i> 5 cc /1 lt de agua cada 15 días	D1F2
T3	<i>Trichodermas</i> 2 cc /1 lt de agua cada 7 días	D2F1
T4	<i>Trichodermas</i> 2 cc /1 lt de agua cada 15 días	D2F2
T5	Testigo (Control químico)	T

En la tabla 4 se puede observar información relevante del producto TrichoBio utilizado en la presente investigación.

Tabla 4

Identificación del producto TrichoBio

Identificación del producto	Descripción
Nombre comercial	TrichoBio
Formulador y titular	Bioquímicos de América S.A-Biomecsa
Tipo	100% orgánico-biológico
Microorganismos	<i>Trichoderma harzianum</i> y <i>Trichoderma viride</i>
Cepa	COT-007Tsp
Origen	Muestras de suelo recolectadas en la Hda. “El Paraíso” ubicada en km 4 vía Cotacachi-Imantag.
Concentración mínima	1×10^{10}
Aspecto	Líquida
Color	Verde claro
Olor	Característico
pH al 10%	6.5 – 7.0
Densidad	1.05 g/cc
Solubilidad	100% soluble
Fitotoxicidad y compatibilidad	No es compatible con fungicidas de origen químico. Es Compatible con abonos orgánicos o minerales e insecticidas químicos.

3.2.3. Diseño experimental

Para el ensayo se utilizó un diseño en bloques completamente al azar (DBCA), con tres bloques con cinco tratamientos (Figura 2).

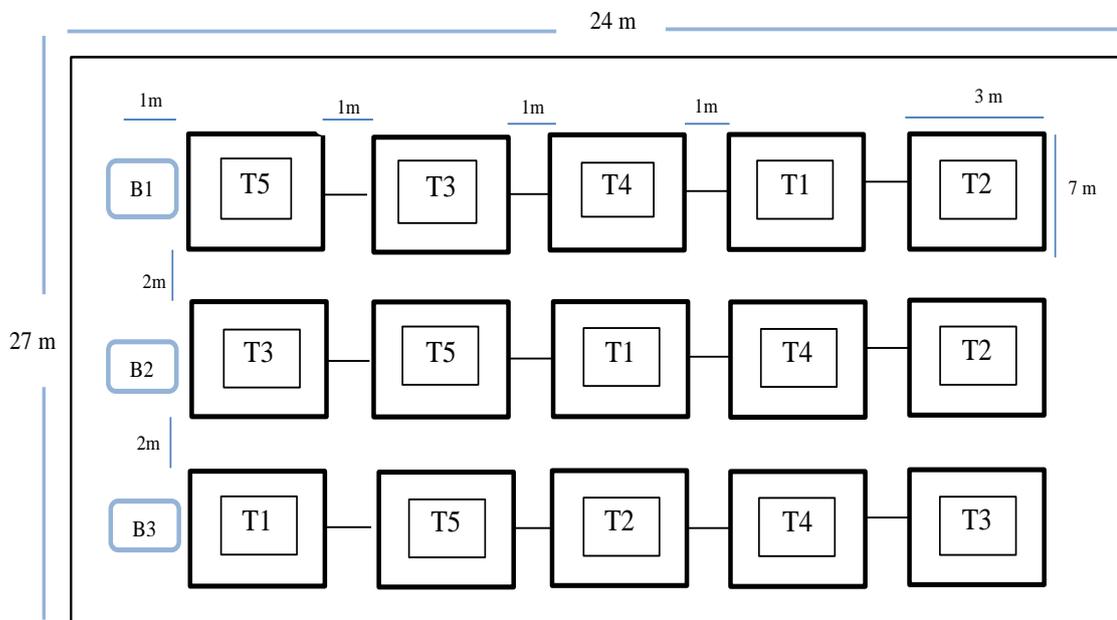


Figura 2. Distribución de los tratamientos en estudio.

3.2.4. Características del experimento

En la tabla 5 se presenta el número de plantas usadas en cada parcela o unidad experimental y la descripción de los tratamientos.

Tabla 5

Descripción de las características del experimento

Descripción	Unidad
Bloques	3
Número de tratamientos	5
Número unidades experimentales	15
Área total experimental	576 m ²
Área de la parcela neta	21 m ²
Número de surcos por unidad experimental	6
Número de plantas por unidad experimental	24
Número de plantas totales	48
Distancia de siembra	0.30 x 1 m

Cada unidad experimental está conformada por 48 plantas distribuidas en 6 surcos, una dimensión de 3 m de ancho por 7 m de largo, lo que proporciona un área de 21 m² (Figura 2).

3.2.5. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos encontrados, se utilizó el paquete estadístico “INFOSTAT” versión 2019, y la prueba de significancia de Fisher al 5% (Tabla 6).

Tabla 6

Análisis de la varianza (ADEVA)

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Bloques	r-1	2
Tratamientos	t-1	4
Error Experimental	(t-1) (r-1)	8
Total	(t x r) -1	14

3.2.6 Variables a evaluarse

Las variables evaluadas en la presente investigación se detallan a continuación:

3.2.6.1. Incidencia de la enfermedad lanosa (*Rosellinia* sp.)

Para estimar la incidencia de la enfermedad se evaluaron 24 plantas ubicadas dentro de cada parcela neta teniendo en cuenta sus síntomas externos (Figura 3), para ello se realizaron inspecciones cada quince días. La incidencia es la proporción de plantas enfermas en el total de plantas evaluadas, ver ecuación (I).

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{N^{\circ} \text{ de plantas enfermas}}{\text{Total de plantas}} \times 100 \text{ (I)}$$

A continuación, se presenta los síntomas que se presentaron en el ensayo en relación a la incidencia de la enfermedad lanosa:

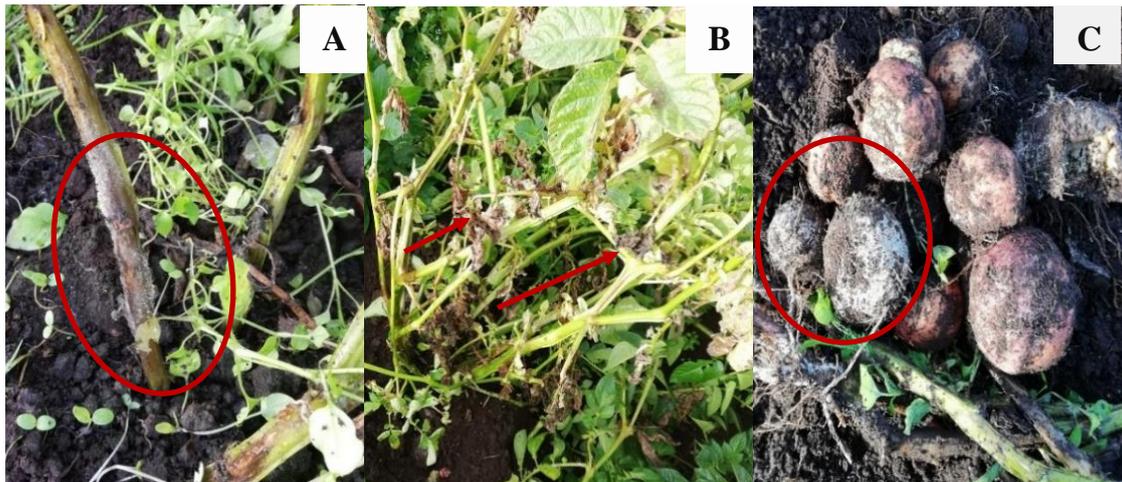


Figura 3. Síntomas de la enfermedad lanosa causada por el hongo fitopatógeno *Rosellinia* sp. A.- Micelio en la base del tallo resaltado en el círculo rojo, B.- Presencia de clorosis y marchitez en las hojas denotándose con flechas rojas, C.- Tubérculos infectados denotándose la presencia de micelio en el círculo rojo.

3.2.6.2. *Altura de la planta*

Para evaluar esta variable se tomaron 5 plantas al azar de cada tratamiento, en los puntos más referenciales de crecimiento, es decir, la medición se realizó a los 30, 90 y 150 días de la siembra, se midió la altura en cm con una cinta métrica desde el cuello hasta la parte apical de la planta (Figura 4) (Punina, 2013).



Figura 4. Medición de altura de la planta de papa.

3.2.6.3. *Porcentaje de tubérculos enfermos*

A la cosecha se registró la afección de los tubérculos por el hongo fitopatógeno de las 24 plantas de la parcela neta, los síntomas se determinaron mediante la apreciación visual en cuanto a presencia de micelio de color blanco (Figura 3C), para ello se cuantificó en kg y los resultados se expresaron como porcentaje de tubérculos afectados por parcela neta (Montesdeoca et al., 2006).

3.2.6.4. Porcentaje de mortalidad

El porcentaje de mortalidad se cuantificó el número total de plantas muertas por cada tratamiento con relación al número de plántulas vivas, para lo cual se utilizó ecuación porcentaje de mortalidad, ver ecuación (II).

$$\% \text{ de mortalidad} = \frac{\text{Plántulas muertas}}{\text{Plántulas vivas}} \times 100 \text{ (II)}$$

3.2.6.5. Rendimiento total

Para evaluar esta variable, se realizó la cosecha de las plantas pertenecientes a la parcela neta, posteriormente se pesaron los tubérculos mediante una balanza electrónica. Los resultados obtenidos se expresaron en kilogramos por parcela neta (kg/pn) y se realizó una proyección orientada a una hectárea.

3.3. Manejo del experimento

3.3.1. Análisis microbiológico

Para determinar la presencia de la enfermedad lanosa, se realizó un análisis microbiológico del hongo fitopatógeno *Rosellinia* spp., para ello se tomaron cinco núcleos o submuestras de suelo a una profundidad de 20 cm, con lo que se estructuró una muestra compuesta, la misma que se mezcló y se pesó 500 g que se colocaron en una bolsa de plástico estéril, y posteriormente las muestras de suelo se trasladaron al laboratorio MICROBIOLAB-Quito (Mckean, 1993) (Figura 5).



Figura 5. Pesaje de submuestras de suelo.

De igual manera se llevó a cabo un análisis del hongo benéfico *Trichoderma* spp antes y después del ensayo con la finalidad de cuantificar la población y permanencia del antagonista en el suelo, cuyos resultados se muestran en el Anexo 1. Para lo cual el laboratorio realizó un recuento de hongos y levaduras en sólidos, llevando a cabo el siguiente proceso:

- Determinar el factor de corrección de la muestra a analizar.
- Pesar 10 g de la muestra de suelo asépticamente en la balanza.
- Colocar la muestra en un frasco de tapa rosca que contenga 90 ml del agua de dilución.
- Homogenizar la muestra al menos 15 segundos en el vórtex.
- Dejar reposar al menos 10 minutos la muestra homogenizada.
- Tomar el sobrenadante y realizar diluciones seriadas hasta obtener una dilución adecuada para el tipo de muestra a analizar (se recomienda hasta la dilución -4).
- Tomar 1 ml de las diluciones más adecuadas para la muestra que se está analizando e inocular en una caja petri estéril por duplicado.
- Colocar el medio de cultivo (agar papa dextrosa o rosa de bengala o extracto de malta) en la caja petri con el inóculo de la muestra y homogenizar.
- Colocar en la incubadora entre 22- 30°C e incubar de 3 a 5 días.
- Cuando los micelios de los hongos amenacen con cubrir toda la caja antes de cumplir el tiempo de incubación realizar recuentos preliminares. Retirar las cajas petri de la incubadora y leer los resultados.

Para la lectura de resultados, el laboratorio procedió a realizar el protocolo que se puntualiza a continuación:

- Pasado el tiempo de incubación seleccionar las placas petri que contengan microorganismos con las siguientes características:
Hongos: micelios con aspecto algodonoso de diferentes colores.
Levaduras: colonias redondas, cóncavas y estrelladas, las colonias jóvenes son húmedas y algo mucosas, también puede ser harinosas, blanquecinas, y algunas cremosas y rosadas.
- Utilizar para los cálculos las placas petri que contengan entre 10 y 30 colonias para hongos y para levaduras entre 15 a 150 colonias.

- Contar todas las colonias que hayan crecido en el medio ya sea en conjunto hongos y levaduras o por separado.
- Anotar el número de colonias y la respectiva dilución en el formato LABFG0601 Registro de datos primarios.
- Placas petri que contengan colonias en el rango para cada microorganismo, conforme a la fórmula:

$$N = \left(\sum \text{de las colonias} \times FD \right) \times FC$$

Terminología:

N= número de microorganismos

Σ = suma

FD= factor de dilución

FC= factor de corrección

- Si las placas petri contienen cantidades mayores a 300 colonias establecer un RES (recuento estimado estándar). Este proceso se realiza multiplicando 300 por el factor de dilución.
- Redondear los resultados obtenidos a dos cifras significativas. Cuando la tercera cifra que comienza por la izquierda es menor que 5, mantener inalterada la segunda cifra. Si la tercera cifra es mayor o igual a cinco, incrementar en una unidad la segunda cifra.
- Todos los resultados se reportan con dos cifras significativas.
- Reportar N número de microorganismos de la siguiente manera:

$$N \text{ UFC (UFP)/ g peso seco}$$

De este modo, antes de iniciar con la presente investigación se determinó poblaciones no detectables del hongo antagonista, mientras que, al finalizar se registró 190 ufc/g de *Trichoderma* spp. (Anexo 2).

3.3.2 Análisis físico químico del suelo

Antes de implementar el ensayo se tomaron cinco submuestras del suelo a una profundidad de 30 cm, con lo que se estructuró una muestra homogénea o compacta, la misma que se mezcló y pesó 1 kg, el cual se colocó en una bolsa de plástico estéril, para posteriormente

enviarlo al laboratorio de suelos de LABONORT-Ibarra (Anexo 2), con la finalidad de determinar el contenido nutricional y fertilización del lote (Lizcano et al., 2017) (Figura 5).

3.3.3 Evaluación de toxicidad de los fungicidas sobre los hongos antagonistas

Para determinar la factibilidad de la combinación del hongo *Trichoderma* spp. con los fungicidas más empleados en el cultivo de papa, se prepararon 260 ml de medio de cultivo PDA (Papa - Dextrosa - Agar) disuelto en agua destilada y esterilizado en la autoclave, se agregaron 20 ml de PDA en una caja Petri, se inocularon 0.05 ml de *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma viride* (TrichoBio), y se procedió a colocar la dosificación de cada uno de los fungicidas detallados en la tabla 7.

Tabla 7

Dosificación de los distintos fungicidas para la evaluación de toxicidad y resistencia de los fungicidas a los hongos antagonistas

Fungicida	Dosis 200 lt/Agua	Dosis 20 ml/Agua(PDA)	Resistencia de <i>Trichoderma</i> spp
Cymoxanil+Mancozeb	500 g	0.05 g	NO
Propineb	500 g	0.05 g	NO
Dimetomorph	120 g	0.012 g	SI
Propamocarb	250 cc	0.025 cc	NO
Metalaxil	500 g	0.05 g	NO
Tebuconazole	100 cc	0.010 cc	NO
Tiofanato metil	100 g	0.010 g	NO
Carbendazim	250 cc	0.025 cc	NO
Hymexazol	100 cc	0.010 cc	NO
Mancozeb	500 g	0.05 g	NO
Kasungamicida	500 cc	0.05 cc	NO
Difeconazol	100 cc	0.010 cc	NO

A continuación, en la figura 6 se puede apreciar el proceso anteriormente mencionado:

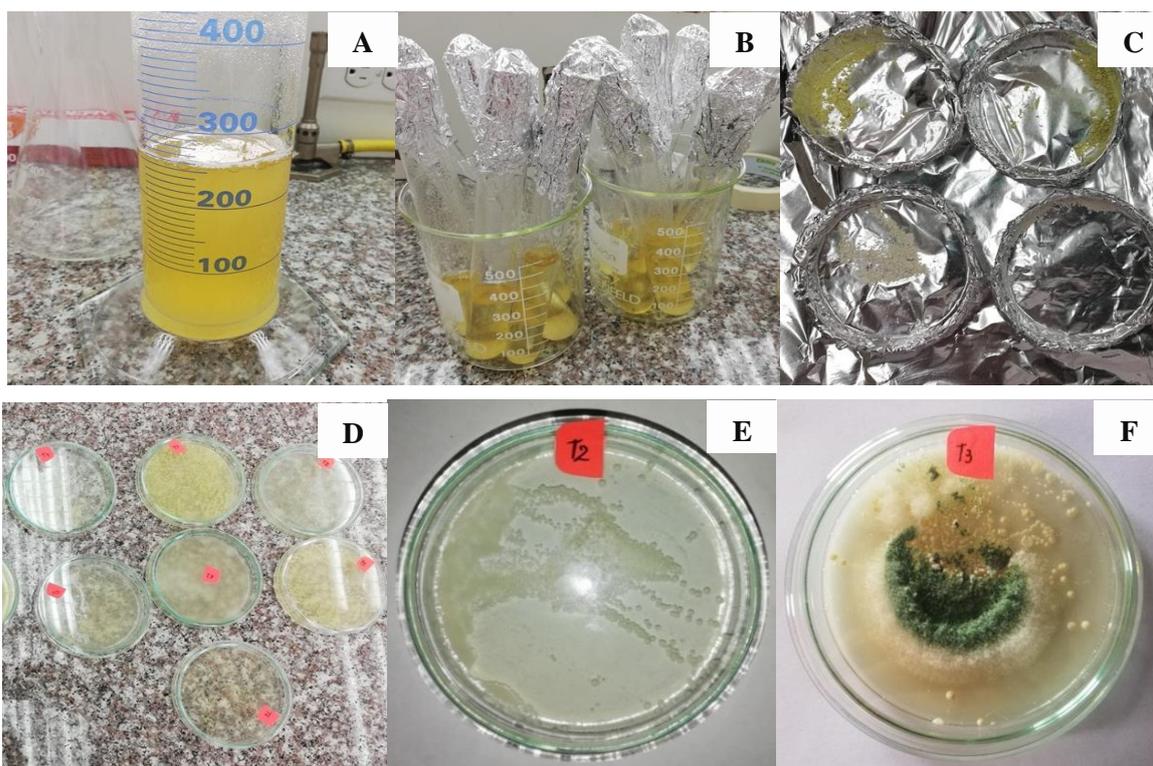


Figura 6. Evaluación de toxicidad. A.- Preparación del medio de cultivo PDA, B.- Esterilización en la autoclave, C.- Colocación del medio PDA en las cajas Petri, D.- Inoculación de *Trichoderma* spp (TrichoBio) y distribución de los fungicidas, E.- Ausencia de *Trichoderma* en el medio de cultivo, F.- Resistencia de *Trichoderma* sobre el fungicida Dimetomorph.

3.3.4 Selección del lote

Para la selección del lote se consideró su historial, es decir, la presencia de la enfermedad lanosa (*Rosellinia* sp.) la cual se determinó mediante el análisis microbiológico, además de presentar las características agroclimáticas adecuadas para el desarrollo del cultivo de papa (Figura 7).



Figura 7. Delimitación del lote seleccionado.

3.3.5 Preparación del suelo

Con 45 días de anticipación antes de la siembra se inició la preparación del suelo, con las siguientes labores: dos aradas, la primera para remoción del barbecho, la segunda arada a los 15 días después de haber logrado un cierto porcentaje de descomposición de la anterior. También se realizó una rastra a 20 cm de profundidad y finalmente se surcó a una distancia de 1 m entre surcos (Figura 8).



Figura 8. Arado y rastrado del lote seleccionado.

3.3.6 Surcado

Se realizó de acuerdo a la topografía del terreno, a una distancia entre surco de 1 m x 0.30 m entre plantas elaborados de manera manual (Lucero, 2011) (Figura 9).



Figura 9. Elaboración de surcos antes de la siembra.

3.3.7 Obtención de la semilla certificada

Para la instalación del ensayo se utilizaron los tubérculos-semilla de papa variedad Superchola proveniente del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), cuyos aspectos de selección se basaron en criterios de peso, sanidad y homogeneidad de los mismos (Figura 10).



Figura 10. Tubérculos-semilla de papa var. Superchola.

3.3.8 Siembra

La siembra se realizó manualmente, para lo cual se depositaron una o dos semillas de 70 g de peso por sitio (golpe), a una distancia de 30 cm entre planta y 1 m entre hileras (Figura 11), luego se aplicaron los diferentes hongos antagonistas y se cubrió a una profundidad adecuada, es decir, tres veces el tamaño de la semilla para que la germinación sea uniforme (Lucero, 2011).



Figura 11. Siembra de papa variedad Superchola.

3.3.9 Aplicación de hongos antagonistas

En el presente estudio se utilizó el producto biológico TrichoBio, formulado y registrado por la empresa BIOAMECSA con cepas de *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma viride* (COT-007Tsp) a una concentración de 1×10^{10} ; las mismas que se obtuvieron a partir de muestras de suelo en cultivos de durazno, aguacate y mandarina recolectadas en la Hacienda “El Paraíso” ubicada en Cotacachi-Imantag, provincia de Imbabura, cuya ficha técnica se puede observar en el Anexo 3.

Para esta variable se realizó la aplicación en forma de drench al suelo, semilla y planta cubiertos en su totalidad, en un lapso de 7 y 15 días respectivamente durante el ciclo del cultivo, mediante una bomba de mochila (Restrepo, 2011). Se utilizó un volumen total de 0.2 lt de la solución (agua + dosis de *Trichoderma* spp.) por cada metro de surco dando un total de 8.4 lt de solución por cada aplicación en base a los tratamientos y dosificación detallados en la tabla 8.

Tabla 8

Cantidad de Trichodermas aplicada por tratamiento.

Tratamiento	Descripción	cc/TrichoBio	Aplicaciones
T1	<i>Trichoderma</i> spp. 5 cc/1 lt de agua cada 7 días	840	20
T2	<i>Trichoderma</i> spp. 5 cc/1 lt de agua cada 15 días	420	10
T3	<i>Trichoderma</i> spp. 2 cc/1 lt de agua cada 7 días	336	20
T4	<i>Trichoderma</i> spp. 2 cc/1 lt de agua cada 15 días	168	10

Total de cc de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* a utilizarse en todo el ensayo 1764.

En la figura 12 se aprecia la realización del proceso anteriormente mencionado:



Figura 12. Aplicación de hongos antagonistas en semilla y planta.

3.3.10 Fertilización

La fertilización se realizó en base al requerimiento sugerido en el análisis de suelo (Anexo 4), en forma fraccionada para evitar pérdidas por lixiviación o por volatilización de algunos elementos, y las dotaciones de fertilizante se llevaron a cabo en la deshierba a los 20 días y a porque a los 60 días, con el fin de suministrar nutrientes en todas las fases fenológicas del cultivo (Figura 13).



Figura 13. Fertilización del cultivo de papa.

3.3.11 Labores culturales

El rascadillo se realizó manualmente con azadones, cuando las plantas presentaron entre 10 a 15 cm de altura, cuya labor permite la aireación del suelo y lograr el control oportuno de malezas. La actividad de medio a porque se cumplió de forma manual mediante la utilización de azadones, cuando la planta presentó entre 20 a 30 cm, y otro entre los 40 y 50 cm de altura, dependiendo del desarrollo de los cultivares de papa (Figura 14).



Figura 14. Realización del aporque en el cultivo de papa.

3.3.12 Controles fitosanitarios

Los productos químicos utilizados para el control químico se detallan en la tabla 9, para lo cual se utilizó productos preventivos y curativos, evitando que coincida con la aplicación de los hongos antagonistas *Trichoderma* spp.

Tabla 9

Protocolo para el manejo fitosanitario de plagas y enfermedades en el cultivo de papa

Fungicida		
Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis/ 8.4 litro
Hymexazol	Tachigaren	25 cc
Thiofanato Metil	Novak	31.5 cc
Cymoxanil	Cimox	63 cc
Dimetomorf	Forum	15.12 cc
Tebuconazol	Tacora	12.5 cc
Insecticida		
Thiamethoxam y Lambda-Cyhalothrin	Engeo	157 cc
Profenofos	Curacron	157.5 cc
Abamectina	Avalon	63 cc
Methomyl	Tieso	63 cc
Carbosulfan	Eltra	157.5 cc
Imidacloprid	Imidatex	126 cc

En la figura 15, se observa cómo se llevó a cabo los controles fitosanitarios en el cultivo de papa.



Figura 15. Manejo fitosanitario de plagas y enfermedades.

3.3.13 Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, luego de un muestreo de las plantas que presentaron madurez fisiológica, la cual consistió en la aparición de senescencia del follaje y tubérculos de piel firme o cuando el cultivo alcanzó su ciclo biológico (Figura 16)



Figura 16. Cosecha de tubérculos por cada tratamiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la investigación referente a la utilización de dos hongos antagonistas como alternativa de control para el hongo fitopatógeno (*Rosellinia* spp.) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Superchola, una vez realizado el análisis de los datos obtenidos en la fase de campo desde la siembra hasta finalizar el ciclo vegetativo del cultivo. Para lo cual se evaluaron los siguientes tratamientos: T1= *Trichoderma* spp. 5 cc/ cada 7 días, T2 = *Trichoderma* spp. 5 cc/ cada 15 días, T3 = *Trichoderma* spp. 2 cc/ cada 7 días, T4 = *Trichoderma* spp. 2 cc/ cada 15 días y T5 = control químico.

4.1 Porcentaje de incidencia del hongo fitopatógeno *Rosellinia* sp.

Al analizar los datos para la variable porcentaje de incidencia se puede apreciar que existe interacción ($F=591$; $gl=40$; $p<0.0001$) entre días después de la siembra y los tratamientos en estudio (Tabla 10).

Tabla 10

ADEVA para la variable porcentaje de incidencia de Rosellinia sp.

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
DDS	10	108	3.21	0.0012
Tratamiento	4	108	114.09	<0.0001
DDS: Tratamiento	40	108	5.91	<0.0001

Nota: DDS: Días después de la siembra

Como se puede apreciar en la figura 17, con el transcurso del tiempo el porcentaje de incidencia del tratamiento control aumentó en un 57.68%, mientras que, la presencia de enfermedad disminuye en el resto de los tratamientos dosificados con *Trichoderma* spp.

Durante las tres primeras observaciones a los 35, 50 y 65 días no existe diferencia significativa entre los tratamientos T2, T3 y el Testigo los cuales presentan una media de 24.40%, sin embargo, el T4 (10.97%) en dosis de 2 cc aplicado cada 15 días es estadísticamente diferente al T1 (37.14%) con 5 cc administrado cada 7 días. En la observación del día 80 el Testigo (32.61%) incrementó la incidencia de la enfermedad diferenciándose estadísticamente del T4 (12.55%). Desde el día 95, en cada observación,

no se aprecian diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con *Trichoderma* spp., sin embargo, son estadísticamente diferentes con respecto a el Testigo con una media de 40.07%.

Desde los 110 hasta los 155 días el T1, T3 y T4 mantienen similares valores de 16.20%, 11.62% y 7.79%, y a partir de los 170 a 185 días los porcentajes descienden a 5.88%, 4.48% y 3.03%, respectivamente. Mientras que, para el T2 (5 cc/15 días) la tendencia se mantiene desde los 95 hasta los 125 días (16.81%), a partir de los 140 a 155 días presenta una reducción de 14.41%, y en los 170 a 185 días llegó a 5.26% de incidencia. Por el contrario, el tratamiento control presenta un crecimiento ascendente a los 125 días (43.01%), alcanzando a los 155 a 185 días un valor de 57.68%, que corresponde a un incremento del 94.9% (Anexo 5).

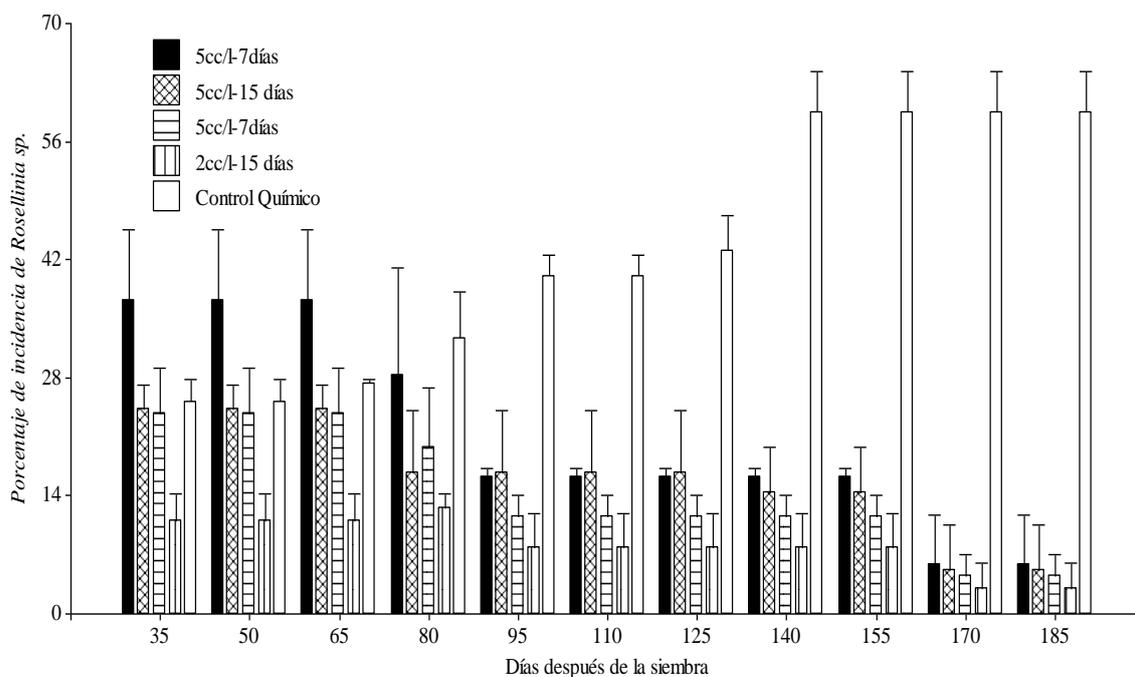


Figura 17. Porcentaje de incidencia de *Rosellinia* sp a los 35 a los 185 días después de la siembra.

Es así que, los tratamientos que resultaron en las más bajas incidencias fueron tratadas con aplicaciones de *Trichoderma* spp., ya que muestran una reducción considerable de 95.34% de la enfermedad al transcurrir los días después de la siembra, en relación con el testigo que inició con baja incidencia, sin embargo, incrementó hasta el 57.68%.

De igual manera, para este cultivo se han realizado estudios que muestran que *T. harzianum* Rifai., al aporque fue efectivo en el control de *Rosellinia* sp., con una eficiencia

del 73% (Duarte, 1999), estos resultados se encuentran dentro de los rangos registrados en la presente investigación con el 80.61% de control, sin embargo, el tratamiento con cepas del antagonista no estuvo precedidas por tratamientos químicos a la siembra y desyerba.

Por su parte, Castro y Rivillas (2005) al evaluar la interacción de *T. harzianum* Rifai (Tricho-D) inoculado en dosis de 10 cc a los 30 y 60 días en suelos con *Rosellinia bunodes* Berk. y Br. en la rizosfera de café registraron una reducción del 50% de la enfermedad, mientras que, en el presente estudio se aplicó 2 a 5 cc de la mezcla entre *T. harzianum* Rifai y *T. viride* Bayman y Radka. (TrichoBio) en un período de 7 a 15 días durante todo el experimento lo que permite deducir la posible disminución de la actividad patógena de *Rosellinia* sp. (80.61%). Estos resultados permiten concluir que sería conveniente la utilización de combinaciones de *Trichoderma* spp. para potenciar su efecto antagonista sobre el agente patógeno.

Los valores de incidencia del hongo fitopatógeno estudiado en este experimento fueron menores a los verificados en trabajos anteriores sobre el control de *Rosellinia* sp., con aislados nativos de *Trichoderma* spp., como los de Valencia y Castro (2004) quienes registraron un 20 a 28% de incidencia en raíces de plantines de café con *Trichoderma* spp. (T-10, T-Nim y T-Rb) en una concentración de 20 g del sustrato/kg suelo al cabo de 30 días de la inoculación de *R. bunodes* bajo condiciones de invernadero. Del mismo modo, Sanabria y Grabowski (2016) constataron una reducción en la incidencia de la enfermedad causada por *Rosellinia* sp., en plantas de macadamia tratadas con tres *Trichoderma* spp. seleccionados en pruebas *in vitro* (GS13, GS18, GS10) en proporciones de 50 g por planta, los cuales mostraron un 26% de incidencia en condiciones *in vivo*. En el presente estudio los tratamientos con dosis de 2 a 5 cc de *Trichoderma* spp., presentaron una incidencia promedio de 13.82% con respecto al testigo que obtuvo un 42.83%, por el contrario, en el actual experimento se trabajó con una cepa comercial (COT-007Tsp) procedente del laboratorio Bioamecsa.

En otros trabajos realizados con otros hongos fitopatógenos de partes aéreas y de raíz, los autores García, Arcia, Pérez y Riera (2012) evidenciaron una reducción de hasta el 83% de la enfermedad ocasionada por *Rhizoctonia* spp., en tubérculos de papa, bajo tres aislados nativos de *Trichoderma* spp., aplicados en diferentes fases de desarrollo fenológico. De igual manera, Ezziyyani, Pérez, Sid, Requena y Candela (2004) y Michel-Aceves, Sánchez, Martínez, Flores, Ayala y Rebolledo (2008) demostraron que las especies *T.*

harzianum Rifai., *T. longibrachiatum* Rifai., y *T. oningii* Oudem., reducen el 65% las enfermedades causadas por *Alternaria solani* y *Phytophthora* sp., en cultivos de tomate y pimiento. En general, los resultados obtenidos concuerdan con los autores mencionados quienes corroboran el efecto antagónico de *Trichoderma* spp. contra agentes patógenos.

Al respecto, los autores Infante et al. (2009) y Krauss et al. (2010) mencionan que estos microorganismos se caracterizan por ser efectivos al ejercer un control preventivo, ya que colonizan las raíces de las plantas, se proliferan y reducen notoriamente las poblaciones de patógenos y a su vez inducen resistencia sobre ellos, sin embargo, no permite eliminarlos por completo, este hecho es avalado por los resultados obtenidos en esta investigación en donde las plantas tratadas con *Trichoderma* spp. registraron un descenso en la enfermedad del 19.40%.

4.2. Altura de la planta

Luego de realizar el análisis de varianza para la variable altura de la planta se determinó que no existe interacción entre los factores días después de la siembra y tratamiento (F=1.84; gl=8; p=0.0708). En lo referente al factor tratamiento existen diferencias significativas (F=17.11; gl=4; p=<0.0001). De manera similar existen diferencias significativas para el factor días después de la siembra (F=923.14; gl=2; p=<0.0001), independientemente de los tratamientos (Tabla 11).

Tabla 11

ADEVA para la variable altura de la planta

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
DDS	2	208	923.14	<0.0001
Tratamiento	4	208	17.11	<0.0001
DDS: Tratamiento	8	208	1.84	0.0708

Nota: DDS: Días después de la siembra

Las pruebas de Fisher indican un crecimiento longitudinal de las plantas de papa en función de los días transcurridos en las tres observaciones, es así como la curva de crecimiento aumenta desde los 30 días después de la siembra con un valor medio de 30.48 cm, de igual manera a los 60 días incrementó a 66.52 cm, hasta la última observación que se realizó a los 90 días en la que alcanzó una media de 96.56 cm de altura (Figura 18).

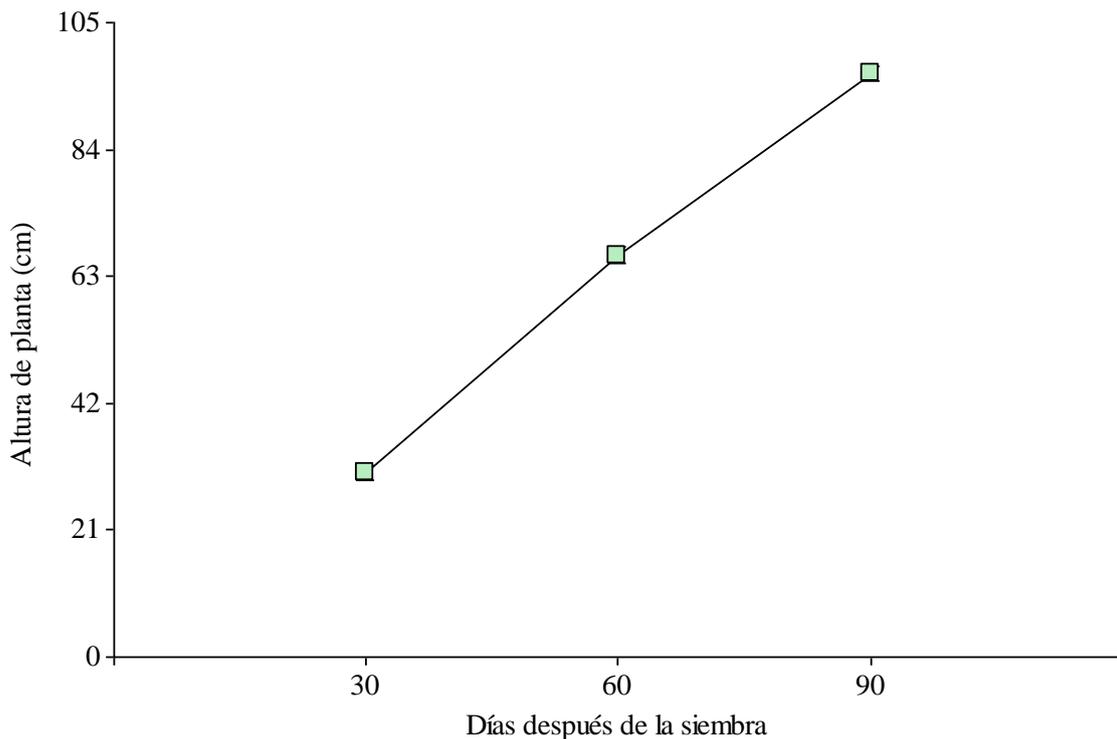


Figura 18. Altura de la planta a los 30, 60 y 90 días después de la siembra.

La figura 19 demuestra el progreso en cuanto a altura de la planta de papa durante el desarrollo, bajo los diferentes tratamientos estudiados. Las plantas tratadas con *Trichoderma* spp estuvieron por encima del control químico, con un 17.92% más alto con respecto al control químico que registró la menor altura con un promedio de 54.9 cm (Anexo 6). Estos valores comprueban que plantas inoculadas con endofíticos como *Trichoderma* spp. proveen un estímulo de crecimiento en comparación con el testigo.

Por su parte, García et al. (2012) reportaron mayores valores en la variable altura de la planta de papa con una media de 91.22 cm bajo diferentes tratamientos con tres cepas autóctonas de *T. asperellum* Samuels, Lieckfeldt y Nirenberg. seleccionados en laboratorio en proporciones de 1.2×10^9 y 1.2×10^8 ufc ml⁻¹, bajo tres tiempos de aplicación y dos adicionales antes y después del aporque, mientras que, en este estudio las plantas tratadas con *Trichoderma* spp. presentaron un valor promedio de 66.92 cm. Asimismo, Bustamante (2015) observó un mayor desarrollo de plantas de papa que recibieron los tratamientos dosificados con las cepas aisladas de *T. harzianum* Rifai y *T. atroviride* Bissett (50 ml/planta) con tres aplicaciones a partir de los 60 días de la emergencia de los tubérculos, con valores que oscilan entre 71.44 a 85.67 cm, mientras que en la presente investigación se obtuvieron alturas de 63.96 a 70.31 cm con la aplicación de cepas comerciales de *T.*

harzianum Rifai y *T.viride* Bayman y Radka., cada 7 a 15 días del desarrollo del cultivo de papa, sin embargo, las plantas alcanzaron una altura de 96.52 cm, independientemente de la aplicación de los tratamientos evaluados.

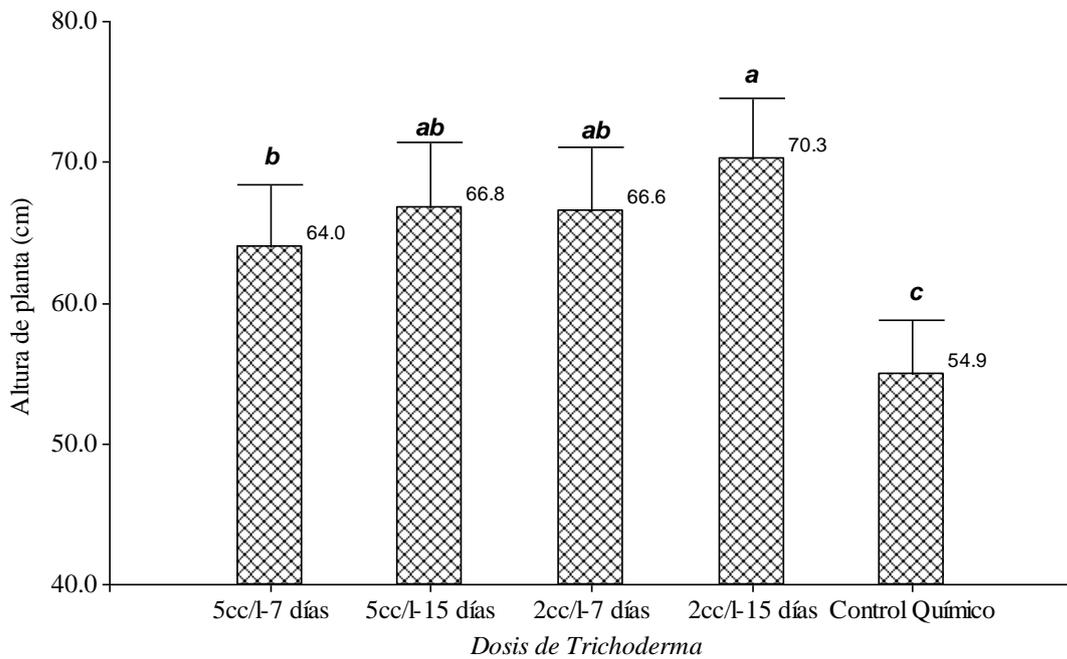


Figura 19. Altura de la planta en función de la aplicación de dosis de *Trichoderma* spp.

De igual manera, plantas *in vitro* de banano en etapa de vivero inoculadas con dos cepas de *T. atroviride* Bissett (MT-20 y S-2), obtuvieron un efecto positivo en la variable altura de la planta en cuatro fincas comerciales de Costa Rica contra nematodos del suelo con un incremento del 6.11% en comparación al control químico (Menjívar, 2005). Por su parte, Eraso et al. (2014) con relación a esta variable obtuvieron un aumento del 32.85% con respecto al testigo en plantas de arveja al evaluar cepas de *Trichoderma* spp. para el manejo del amarillamiento causado por *Fusarium oxysporum*. Otros estudios realizados bajo condiciones *in vivo* demuestran que el uso del *Trichoderma* spp., promueve el crecimiento vegetativo hasta el 20% (Tovar, 2008; Soil-fertility, 2008; Elkin, Barrera y Oviedo, 2009), lo cual concuerda con el presente estudio donde se presentó un incremento del 17.92% en la variable altura de la planta, relacionado a la aplicación de *Trichoderma* spp.

4.3 Porcentaje de tubérculos enfermos

Luego de realizar los análisis de la variable porcentaje de tubérculos enfermos, se puede apreciar en la tabla que existe diferencia significativa ($F=14.42$; $gl=4$; $p=0.0010$) entre los tratamientos en estudio (Tabla 12).

Tabla 12

ADEVA para la variable porcentaje de tubérculos enfermos

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Tratamiento	4	8	14.42	0.0010

En la figura 20, se aprecia que el número de tubérculos enfermos está relacionado a la dosis y frecuencia de *Trichoderma* spp., siendo el testigo el que presentó el mayor porcentaje con una media de 11.44%, reflejándose en el rango A, mientras que, el resto de los tratamientos se encontraron en el rango B con una media de 2.16%, es decir, que el tratamiento control presentó un 90.12% más de tubérculos enfermos (Anexo 7).

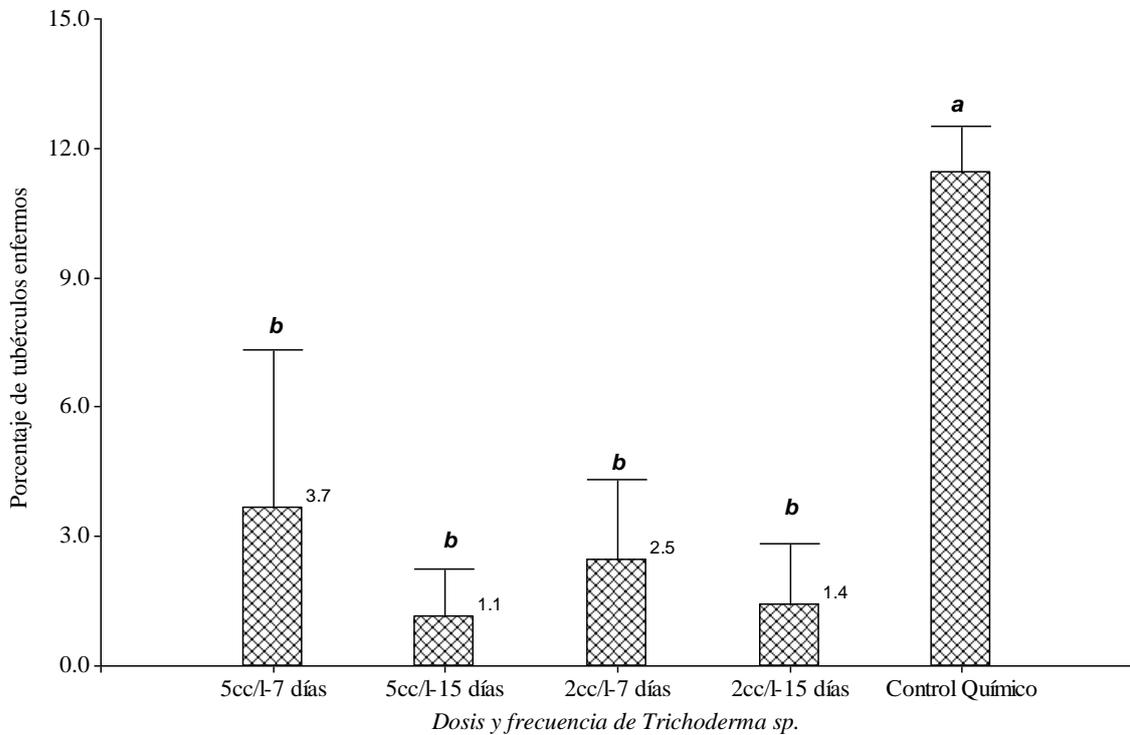


Figura 20. Porcentaje de tubérculos enfermos en función de la dosis y frecuencia de *Trichoderma* spp.

Los tubérculos de papa afectados por *Rosellinia* sp., se observaron parcial o totalmente recubiertos de micelio de coloración blanquecina, estos síntomas concuerdan con los

descritos por Duarte (1999) quien observó que el hongo desciende por el estolón hasta invadir al tubérculo, afectando a todos los tubérculos, a su vez registró que los tratamientos dosificados con *T. harzianum* Rifai., presentaron la menor proporción de tubérculo afectado desde 13.4% a 13.6%, mientras que, en el presente estudio se determinó menores rangos desde 1.13% a 3.66% de tubérculos enfermos, cuyo efecto benéfico está relacionado a la inducción de un sistema de defensa en la planta contra el ataque del patógeno.

De igual forma, Casanova et al. (2016) indican una reducción de hasta un 78% la mortalidad del plantel producida por *Rhizoctonia solani* J.G.Kühn. en plantas de pepino mediante la aplicación de aislados de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt y Nirenberg (cepa T34) aislado del medio natural a una concentración de 10^4 ufc/ml de sustrato en el momento de la siembra bajo condiciones de invernadero comercial, estos resultados son similares con el actual estudio en donde se registró una reducción del 81.12% en el número de tubérculos enfermos.

Por su parte, Montesdeoca, Mora, Benítez y Narváez (2012) indica que los niveles de tolerancia existentes para calificar las categorías con una tolerancia máxima admisible de 20% y certificada con un 30%, lo cual concuerda con el presente estudio donde se obtuvo un 2.16% de material afectado bajo aplicaciones de *Trichoderma* spp., en comparación al testigo que presentó un 11.44%. Por otro lado, el buen manejo agronómico, previene el desarrollo y diseminación del patógeno en el cultivo (Tituaña, 2013), lo que favoreció a reducir el porcentaje de tubérculos enfermos en plantas de papa en el ensayo (81.12%).

4.4 Porcentaje de mortalidad

Luego de realizar los análisis de la variable porcentaje de mortalidad se puede apreciar que no existe diferencias significativas ($F=1.49$, $gl=4$; $P= 0.2921$) para los factores en estudio (Tabla 13).

Tabla 13

ADEVA para la variable porcentaje de mortalidad

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Tratamiento	4	8	1.49	0.2921

Para esta variable, no existen diferencias estadísticas, sin embargo, se presentaron diferencias numéricas, en donde el T4 (2 cc/l -15 días) se destaca al no presentar mortalidad (Tabla 14), lo que aparentemente se reduce a un efecto positivo del hongo endófito sobre *Rosellinia* sp. De igual manera, en cuanto a la variable porcentaje de mortalidad Tituaña (2013) comprobó que no existen diferencias significativas al evaluar el efecto del hongo *Trichoderma* spp. sobre el omiceto *Phytophthora capsici* Leo. en plantas de pimiento bajo invernadero.

Tabla 14

Prueba Fisher para la variable porcentaje de mortalidad

Tratamiento	Media \pm E. E
T1	9.72 \pm 5.01
T2	6.94 \pm 3.67
T3	4.17 \pm 4.17
T4	0.00 \pm 0.00
T5	2.78 \pm 1.39

Por su parte, Castro y Rivillas (2014) al evaluar la interacción de *T. harzianum* Rifai con *Rosellinia bunodes* Berk. y Br., en la rizosfera de café sobre suelos con diferentes características fisicoquímicas, mostraron que los tratamientos donde se inoculó el hongo antagonista presentaron rangos promedios de 5 a 35% de mortalidad, mientras que en el estudio se obtuvo una mortalidad media de 5.21% en tratamientos con el hongo endófito.

Por otra parte, el autor Andrade (2012) determinó porcentajes inferiores de mortalidad a base de *Trichoderma harzianum* Rifai en la zona de Tungurahua, desde 0% en plantas nuevas de mora de castilla y hasta el 33.3% en plantas viejas de hasta dos años, además de observar un mejor vigor, lo que se corrobora en el presente estudio, ya que en el T4 (2 cc/l -15 días) se registró 0% de mortalidad en plantas de papa.

Al respecto, Castro y Rivillas (2014) menciona que la eficiencia de las *Trichoderma* spp., depende de los factores ambientales y de su nicho biológico. Asimismo, Hoyos-Carvajal, Cardona, Osorio y Orduz (2015) constató que *Trichoderma* spp. presenta una alta variabilidad metabólica y morfológica lo que responde al comportamiento en el suelo agrícola, especie de plantas y estado fisiológico.

4.5 Rendimiento

De acuerdo al análisis de la variable rendimiento se puede apreciar que no existe diferencias significativas ($F= 0.68$; $gl=4.8$; $P=0.6263$) para los tratamientos en estudio (Tabla 15).

Tabla 15
ADEVA para la variable rendimiento

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Tratamiento	4	8	0.68	0.6263

Las pruebas Fisher muestran que el T3 (2cc-15 días) presentó el mayor rendimiento con una media de 34.19 t/ha, mientras que el menor fue de 29.54t/ha correspondiente al T1 (Tabla 16). Estos resultados se encuentran dentro del rango establecido por Pumisacho y Velásquez (2009) quienes mencionan un rendimiento de 30 t/ha en el cultivo de papa para la variedad Superchola.

Tabla 16
Prueba Fisher para la variable rendimiento

Tratamiento	Media \pm E. E
T1	29.54 \pm 7.52
T2	29.92 \pm 0.15
T3	34.19 \pm 7.97
T4	33.76 \pm 5.26
T5	30.32 \pm 3.94

Para esta variable los tratamientos con *Trichoderma* spp. presentaron un incremento del 4.80% con un valor medio de 31.85 t/ha. Estos resultados contrarrestan con los observados por García et al. (2012) quienes al evaluar los tratamientos a base de *Trichoderma asperellum* alcanzaron los mayores rendimientos promedio, entre 77 a 83 t/ha. Por su parte, Crozier et al. (2015) registraron el mayor aumento del rendimiento en plantas de cacao con 97% bajo formulaciones de *Trichoderma* en comparación con el control a base de fungicidas.

Al respecto, López-Herrera et al. (1999) indica que la estimulación del crecimiento es un factor independiente del efecto del antagonista en el control de los hongos de suelo,

sumándole que las variables de rendimiento presentan baja heredabilidad y, por lo tanto, muestran alta interacción con el ambiente y manejo del cultivo (Muñoz, 2012).

4.6 Relación beneficio-costos

En la tabla 17 se puede apreciar el costo por cada tratamiento en estudio, es así que el T1 que corresponde a la aplicación de 5 cc cada 7 días, resultó ser el 69% más costoso que el testigo (\$ 12380.29), puesto a que el volumen de *Trichoderma* que este requiere es mayor y por ende más costoso, esto se debe principalmente a que el valor de los productos biológicos son más elevados en comparación de los agroquímicos, mientras que, el T4 (2 cc/ 15 días) fue el tratamiento que más optimizó los costos ya que reflejó un valor de \$ 5461.84 siendo el más económico en los tratamientos dosificados con *Trichoderma* spp. Por otra parte, el Testigo presenta el menor costo con un valor de \$ 3872.95.

Tabla 17
Costos de producción por tratamiento

CONCEPTO	T1	T2	T3	T4	T5
A. COSTOS DIRECTOS					
1. Preparación del suelo					
Arada y cruza	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Surcado	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
2. Mano de obra					
Trasplante	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
Fertilización	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
Aplicación fitosanitaria	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
Deshierbe	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
Cosecha	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
3. Insumos					
Semilla	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00
Trichobio (<i>Trichoderma</i>)	8000.00	4000.00	3200.00	1600.00	00.00
Dap18-46-0	199.50	199.50	199.50	199.50	199.50
Úrea	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
Muriato de potasio	138.00	138.00	138.00	138.00	138.00
Sulpomag	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Sulfato de amonio	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
10-30-10	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00
Granulex boro	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Cal agrícola	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
Insecticidas					
Engeo	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00
Curacron	840.00	840.00	840.00	840.00	840.00
Avalon	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00
Tieso	630.00	630.00	630.00	630.00	630.00

Eltra	1050.00	1050.00	1050.00	1050.00	1050.00
Imidatex	672.00	672.00	672.00	672.00	672.00
Funguicidas					
Forum	99.00	99.00	99.00	99.00	240.00
Tachigaren	00.00	00.00	00,00	00.00	960.00
Novak	00.00	00.00	00,00	00.00	640.00
Cimox	00.00	00.00	00,00	00.00	1080.00
Tacora	00.00	00.00	00.00	00.00	300.00
SUBTOTAL A	11584.5	7584.5	6595.5	4995.5	3485.5
B. COSTOS INDIRECTOS					
Análisis de suelo	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Análisis microbiológico	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
Depreciación	96.25	96.25	96.25	96.25	96.25
SUBTOTAL B	206.25	206.25	206.25	206.25	206.25
Imprevistos (5%)	589.54	389.54	340.09	260.09	181.20
C. TOTAL COSTOS A+B	12380.29	8180.29	7141.84	5461.84	3872.95

Para la relación beneficio-costo se calculó la venta por kilogramo de papa, cuyo precio fue de 0.27 USD., costo promedio de los últimos seis meses establecidos por el Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA, 2020).

Tabla 18
Relación beneficio/costo

CONCEPTO	T1	T2	T3	T4	T5
RENDIMIENTO EN KG	29538.09	29919.05	34185.71	33761.90	30319.05
PRECIO POR KG	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
INGRESO	7975.28	8078.14	9230.14	9115.71	8186.14
COSTO	12380.29	8180.29	7141.84	5461.84	3872.95
B/C	0.64	1.00	1.29	1.67	2.11

Los resultados presentes en la tabla 18 muestran que los tratamientos T3, T4 y T5 generaron valores positivos, debido a que la relación beneficio-costo fue superior a uno (1.0), lo que conlleva que, por cada dólar invertido, se recupera y a su vez genera ganancias (López, 2018), mientras que el T2 presentó un valor de 1.0, dándose a entender que no existe pérdida o ganancia, y el T1 registró un valor de 0.64, lo que se traduce a pérdida. En este estudio el Testigo con la aplicación de productos químicos mostró ser el más rentable con un valor de 2.11, aquí se presentó una ganancia de \$ 1.11, debido a que el costo de los insumos necesarios en este tratamiento fue menor.

Seguido al Testigo se encuentra al T4 que presentó una relación de 1.67, es decir, que hay una ganancia de 0.67 USD., por cada dólar invertido y su rendimiento fue 11.32% superior al testigo, de igual manera, el T3 presentó una ganancia de 0.29 USD., siendo estos los

tratamientos a base de *Trichoderma* que produjeron réditos económicos. Asimismo, a lo obtenido en esta investigación el autor Tituaña (2013) determinó que mediante la aplicación de *Trichoderma asperellum* en plántulas de pimiento obtuvo una relación beneficio de \$ 1.58 con una ganancia de 0.58 dólares.

Estos resultados dan a conocer que la utilización de *Trichoderma* es una alternativa viable para el biocontrol de *Rosellinia* spp, que puede sustituir la aplicación de agroquímicos, ya que permite obtener una ganancia de hasta 0.67 USD., sumándole los beneficios en la calidad de vida de la población y conservación de los recursos naturales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En este estudio, en lo referente a la incidencia del hongo fitopatógeno *Rosellinia* sp. los tratamientos con aplicación de *T. harzianum* Rifai y *T. viride* Bayman y Radka., mostraron una incidencia promedio de 4.66% en relación con el testigo que presentó un crecimiento ascendente de hasta el 57.68 %, es así que, las especies del género *Trichoderma* spp. estudiadas presentaron una eficiencia promedio de control del 95,34 % de lanosa en relación con el tiempo transcurrido después de la siembra, superando al control químico.
- En cuanto al porcentaje de tubérculos enfermos se determinó diferencias significativas con los tratamientos evaluados, las plantas sometidas a distintas dosis y frecuencia de aplicación de *Trichoderma* spp. presentaron sólo el 2.16% de material afectado que equivale a una reducción del 97.84 % con respecto al control químico, lo cual permite concluir el efecto de inducción de defensa por parte del antagonista contra el hongo fitopatógeno que permitieron mejorar la calidad sanitaria en las plantas de papa.
- Para la altura de planta se registró diferencias significativas en función de los tratamientos, los cuales indicaron un incremento del 17.92% en comparación al testigo, las plantas tratadas con las diferentes dosis de *Trichoderma* spp obtuvieron un estímulo de crecimiento.
- En el rendimiento del cultivo de papa no existió diferencias significativas, sin embargo, los tratamientos bajo formulaciones de *Trichoderma* spp. mostraron un incremento del 4.80% con relación al control químico, en donde el tratamiento T3 alcanzó el valor más alto con 34.19 t/ha, que supera en un 13.6% al control

químico. Por otra parte, el T4 presentó una mejor rentabilidad al mostrar el beneficio costo más alto (1.67), pese a ser el segundo tratamiento con el mejor rendimiento (30.32 t/ha) resultando ser el mejor tratamiento desde el punto de vista ecológico, mientras que el testigo fue el tratamiento más rentable (2.11) cuando se menciona la perspectiva económica.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda aplicar 2cc/1 lt cada 15 días de *Trichoderma* spp., como tratamiento preventivo para el biocontrol de lanosa, con el fin de reducir la exposición de las plantas, personas y ambiente a los diferentes productos químicos utilizados contra el ataque del patógeno.
- Estudiar el efecto de *Trichoderma* spp como biocontrolador con una mayor concentración para disminuir la frecuencia de aplicación y evaluar su efecto sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas.
- Mantener las aplicaciones de *Trichoderma* spp luego del cultivo de papa, para evaluar su efecto a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, P. (2015). *Comportamiento de Trichoderma sp. bajo diferentes condiciones de laboratorio* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Andrade, C. (2012). *Evaluación del efecto de la aplicación de Trichoderma harzianum y Trichoderma viride para el control de marchitez en mora de castilla (Rubus glaucus Benth) en el cantón Pillaro, provincia de Tungurahua* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Arjona, M. (2015). *Proceso de infección de Rosellinia necatrix en aguacate y determinación del antagonismo (antibiosis y micoparasitismo) de Trichoderma spp., en el control biológico de la podredumbre blanca radicular* (tesis doctoral). Universidad de Córdoba, Córdoba, España.
- Avilés, J., y Piedra, R. (2017). *Manual del cultivo de papa en Costa Rica*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria-INITA, 96p.
- Bustamante, A. (2015). *Control biológico del tizón tardío Phytophthora infestans en papa Solanum tuberosum a través de consorcios microbianos formados por hongos nativos del género Trichoderma sp.* (tesis doctoral). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Cano, M. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15-31.
- Casanova, E., Sánchez, P., Segarra, G., Borrero, C., Avilés, M., y Trillas, M. (2016). Beneficios del uso en la agricultura de agentes de control biológico *Trichoderma asperellum* cepa T34. *VII Congreso SEAE de Agricultura y Alimentación Ecológica*. Simposio llevado a cabo en la Sociedad Española de Agricultura Ecológica-SEAE, España.
- Castellanos, L., Lorenzo, M., Lina, B., Hernández, R., y Guillen, D. (2015). Efecto *in vitro* de plaguicidas comerciales sobre *Trichoderma harzianum* cepa A- 34. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 47, (2), 185-196.
- Castro, A., y Rivillas, C. (2005). Eficacia de *Trichoderma harzianum* para bio regular *Rosellinia budones* en la rizosfera de café. Centro Nacional de Investigaciones de Café.
- Castro, A., y Rivillas, C. (2014). (S. M. Marín, ed.). *Trichoderma* spp. *Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café*; Cenicafé.
- Chao, W., y Wen-Ying, Z. (2019). Evaluating effective *Trichoderma* isolates for biocontrol of *Rhizoctonia solani* causing root rot of *Vigna unguiculate*. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(9), 2072–2079.

- Chiriboga, H., Gómez, G., y Garcés, K. (2015). *Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo: Trichoderma spp. para el control biológico de enfermedades*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Cholango, L. (2009). *Selección de cepas de Trichoderma sp. in vitro, para el control de problemas radiculares en flores de verano* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Checa, Ecuador.
- Cortez, M. (2019). *Microorganismos para el uso agrícola*. Microbiolab.
- Crissman, C., Espinosa, P., y Barrera, V. (2003). El uso de plaguicidas en la producción de papa en Carchi. En D. Yanggen, C. Crissman, P. Espinosa (Eds.), *Los plaguicidas: impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador*. Quito, Ecuador: Abya-Yala
- Crozier, J., Arroyo, C., Morales, H., Melnick, L., Strem, M., Vinyard, B., Collins., R., Holmes., K., y Bailey, B. (2015). The influence of formulation on *Trichoderma* biological activity and frosty pod rot management in *Theobroma cacao*. *Plant Pathology*, 64, 1385-1395.
- Delgado, L. (2012). *Evaluación de la densidad poblacional de tubérculos en la producción de semilla de calidad de papa (Solanum tuberosum L.), cv. Frippa* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Duarte, J. (1999). *Aproximación a un manejo integrado de Rosellinia sp. en papa (Solanum tuberosum L.)* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Santa Fé de Bogotá, Colombia.
- Elkin, A., Barrera, J., y Oviedo, L. (2009). Evaluación del antagonismo y multiplicación de *Trichoderma* sp. en sustrato de plátano en medio líquido estático. *Acta Biológica Colombiana*, 14(3), 61-70.
- Endara, M. (2009). *Reproducción del hongo Trichoderma harzianum (biofungicida) aprovechando desechos agroindustriales (residuos de papa, tamo de frejol, bagazo de caña)* (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Eraso, C., Acosta, J., Salazar, C., y Betancourth, C. (2014). Evaluación de cepas de *Trichoderma* spp. para el manejo del amarillamiento de arveja causado por *Fusarium oxysporum*. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu*, 15(2), 237-249.
- Ezziyyani, M., Pérez, C., Sid, A., Requena, M., y Candela, M. (2004). *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Anales de Biología*, 26, 35-45.
- Fernández, R., y Suárez, C. (2009). Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *passiflorae* en maracuyá (*Passiflora*

edulis Sims var. *Flavicarpa*) del municipio zona bananera colombiana. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1), 4743-4748.

García, R., Arcia, M., Pérez, M., y Riera, R. (2012). Efecto de *Trichoderma* sobre el desarrollo de papa y el biocontrol de *Rhizoctonia* bajo tres tiempos de inicio de aplicación. *Agronomía Tropical*, 62,1- 4.

Garzón, C. (2014). *Efecto de cuatro categorías de semilla en el rendimiento de papa (Solanum tuberosum L.) variedad Superchola* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador.

Ger, R. (2014). *Evaluación en laboratorio de la capacidad antagonista de Trichoderma spp., frente al crecimiento de lanosa (Rosellinia spp.), en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.)* (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán, Ecuador.

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Fernández Salvador. (2020). *Datos Generales*. <http://fernandezsalvador.gob.ec/web/la-parroquia/datos-generales/>

Gómez, A., y Gordillo, S. (1997). *Evaluación de Trichoderma sp. como potencial biocontrolador de Rosellinia sp. agente causal de mortaja blanca de la papa (Solanum tuberosum)* (tesis de pregrado). Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Santa Fé, Colombia.

Gualoto, M. (2019). *Evaluación de resistencia de genotipos de papa (Solanum tuberosum L.) a rhizoctoniasis (Rhizoctonia sp.) y pie negro (Pectobacterium spp.)* (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Guerrero, R., y Arias, D. (2012). Evaluación del efecto de fungicidas sobre el desarrollo de dos especies de *Trichoderma* (Fungi: Ascomycota: Hypocreaceae) utilizadas en el biocontrol de hongos patógenos de cacao. *Universidad Estatal Amazónica*, 1, 11-17.

Guzmán, I. (2010). *Interacción de cuatro fosfonatos más Trichoderma harzianum para el control de lancha de papa (Phytophthora infestans) a nivel de laboratorio* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Hernández-Melchor, D., Ferrera-Cerrato, R., y Alarcón, A. (2019). *Trichoderma: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial*. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Science, ex Agro-Ciencia*, 35(1), 98-112.

Holmes, K., Arroyo, C., Bateman, R., Brown, N., Evans, H., García, J., Hidalgo, E., Krauss, U., Samuels, G., Schroers, H., y Thomas, S. (2005). *Trichoderma ovalisporum*, a novel biocontrol agent of frosty pod rot (*Moniliophthora rorei*) of cocoa (*Theobroma cacao*): from discovery to field.). En S. Seppo y T. Otto (Eds.),

Proceedings of the 1st International Conference on Plant Microbe Interactions: Endophytes and Biocontrol Agents. Turku, Finland: BioBien Innovations.

Hoyos-Carvajal, L., Cardona, A., Osorio, W., y Orduz, S. (2015). Efecto de diversos aislamientos de *Trichoderma* spp. en la absorción de nutrientes en fríjol (*Phaseolus vulgaris*) en dos tipos de suelo. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(2), 268-278.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP. (2012). *Fichas técnicas*. INIAP.

http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=694:fichas-tecnicas&catid=93

Instituto Nacional de Estadística y Censos-INEC (2017). *Reporte del índice de precios al productor de disponibilidad nacional (IPP-DN) e índices de precios al productor de consumo intermedio y final (IPP-CI, IPP-CF) Año base 2015=100*. INEC. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/IPP/2017/Mayo-2017/Informe_tecnico_IPPDN_IPPCI-IPPCF_2017_05.pdf

Infante, D., Martínez, B., González, N., y Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de Protección Vegetal*, 24(1),14-21.

Krauss, U., Hidalgo, E., Bateman, R., Adonijah, V., Arroyo, C., García, J., Crozier, J., Brown, N., Hoopen, G., y Holmes, K. (2010). Mejora la formulación y el momento de la aplicación de biocontrol endofítico y agentes químicos contra la podredumbre helada (*Moniliophthora roreri*) en el cacao (*Theobroma cacao*). *Control biológico*, 54(3), 230–240.

Lizcano, R., Olivera, D., Saavedra, D., Machado, L., Rolando, E., Moreno, M, y Flórez, M. (2017). *Muestreo de suelos, técnicas de laboratorio e interpretación de análisis de suelos*. Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), 88 p.

López-Herrera, C., Pérez-Jiménez, R., Llobel, A., Monte-Vázquez, E., y Zea-Bonilla, T. (1999). Estudios *in vivo* de *Trichoderma* como agente de biocontrol contra *Phytophthora cinnamomi* y *Rosellinia necatrix* en aguacate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 261-265.

López, A. (2007). *Pruebas de eficiencia in vitro y bajo invernadero de cepas de Trichoderma spp. para control de phytophthora infestans en el cultivo de papa Solanum tuberosum para establecer un banco de microorganismo* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.

- López, J. (2018). *El análisis económico de los resultados de investigación agropecuaria*. Fundesagro. Bogotá, Colombia.
- Lucero, H. (2011). Manual del cultivo de papa para la sierra sur. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP, Cuenca, Ecuador, 24 p.
- Mendoza, R., Martijn, G., Krass, D., Sánchez, V., y Krauss, U. (2003). Evaluation of mycoparasites as biocontrol agents of *Rosellinia root rot* in cocoa. *Biological Control* 27, 210-227.
- Menjívar, R. (2005). *Estudio del potencial antagonista de hongos endofíticos para el biocontrol del nematodo barrenador Radopholus similis en plantaciones de banano en Costa Rica* (tesis de posgrado). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Michel-Aceves, A., Sánchez, O., Martínez, R., Flores, A., Ayala A., y Rebolledo, A. (2008). Control biológico in vitro de enfermedades fungosas en tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria*, 12(3), 55-68.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería-MAG. (2014). *Zonificación agroecológica económica del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en el Ecuador Continental a escala 1:250 000*. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/papa/zonificacion-de-cultivo-papa-ecuador>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería-MAG. (2018). *Informe de rendimientos objetivos de papa en el Ecuador 2018*. SIPA. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/papa/rendimiento-de-la-papa-ecuador>
- Mckean, S. (1993). *Manual de Análisis de suelos y tejido vegetal: una guía teórica y práctica de metodologías*. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, 99 p.
- Mora, E., Pumisacho, M., Reinoso, I., y Aucancela, R. (2011). *Conozca y maneje las enfermedades del suelo en el cultivo de la papa*. Boletín divulgativo N° 142.
- Morales, D. (2014). *Bioprospección de hongos endófitos para el control biológico del nematodo barrenador Radopholus similis (Cobb) Thorn en el cultivo del banano* (tesis de maestría). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Montesdeoca, F., Narváez, P., Mora, C., y Benítez, B. (2006). Aplicación de un método de control interno de calidad (CIC) en tubérculos – semilla de papa. *II Congreso Ecuatoriano de la Papa*. Simposio llevado a cabo en la Universidad Técnica de Ambato, Centro Internacional de la papa-CIP y el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias-INIAP, Ambato, Ecuador.

- Montesdeoca, F., Mora, B., Benítez, J., y Narváez, G. (2012). *Manual de control interno de calidad (CIC) y principales plagas, desórdenes fisiológicos que deterioran el tubérculo semilla de papa*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)-Centro Internacional de la papa (CIP), 36 p.
- Muñoz, M. (2012). *Interacción genotipo ambiente de 20 líneas de arveja arbustiva *Pisum sativum* L. para cinco municipios de la zona sur del departamento de Nariño* (tesis de maestría). Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia.
- Oyarzún, P., Taípe, A., Forbes, G. (2013). *Phytophthora infestans* su Actividad y Particularidades en el Ecuador. Perfil de País. CIP. https://research.cip.cgiar.org/confluence/download/attachments/37192020/1.3_P.i._su_actividad_y_particularidades_en_el_Ecuador_perfil_de_paisOK.pdf?version=1&modificationDate=1273564325000&api=v2
- Patiño, M., Herrera, Y., y Velandia, J. (2015). Evaluación de *Trichoderma harzianum* en el biocontrol de *Rosellinia* sp. en papa. *Mexican Journal of Phytopathology*, 33, 143-255.
- Peldoza, M. (2005). *Evaluación de tres cepas nativas de Trichoderma spp. en el control de caída de plántulas en almacigo de pimiento (Capsicum annum) cv. Fyuco* (tesis de pregrado). Universidad de Talca, Chile.
- Pumisacho, M., y Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. Quito, Ecuador: INIAP-CIP
- Pumisacho, M., y Velásquez, J. (2009). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)-Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Quito, Ecuador, 98 p.
- Punina, E. (2013). *Evaluación agronómica del cultivo de papa (Solanum tuberosum) c.v. "Fripapa" a la aplicación de tres abonos completos* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Ramírez-Muñoz, F., Fournier-Leiva, M., Ruedert, C., e Hidalgo-Ardón, C. (2014). Uso de agroquímicos en el cultivo de papa en Pacayas, Cartago, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 337-345.
- Reinoso, I. (2013). *El cultivo de papa y su participación en la economía ecuatoriana*. Ecuador: INIAP. Recuperado de: <http://www.iniap.gob.ec>
- Restrepo, J. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la papa (Solanum tuberosum subsp. andigena y S. phureja)* Medidas para la temporada invernal. Bogotá, Colombia: Produmedios.

- Rodríguez, L. (2009). Teorías sobre la clasificación taxonómica de las papas cultivadas (*Solanum* L. sect. *Petota* Dumort.). Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 27(3), 305-312.
- Román, M., y Hurtado, G. (2002). *Guía Técnica: cultivo de papa*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), 34 p.
- Romero-Arenas, O., Huerta, M., Damián, M., Domínguez, F., y Arellano, D. (2009). Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 11(2), 143-151.
- Rosales, J. (2018). *En el aula trabajan para mejorar la producción de papa*. Revista Líderes. <https://www.revistalideres.ec/lideres/aula-mejorar-produccion-papa-carchi.html>
- Ruano-Rosa, D., del Moral-Navarrete, L., y López-Herrera, C. (2003). Estudio de temperaturas de crecimiento *in vitro* en aislados de *Trichoderma* sp. y de *Rosellinia necatrix*. evaluación del antagonismo mediante cultivos duales. Proceedings V World Avocado Congress 2003, Málaga, España.
- Ruano-Rosa, D., del Moral-Navarrete, L., y López-Herrera, C. (2010). Selection of *Trichoderma* spp. isolates antagonistic to *Rosellinia necatrix*. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(4), 1084-1097.
- Sahebani, N., y Hadavi, N. (2008). Control biológico del nematodo del nudo de la raíz *Meloidogyne javanica* por *Trichoderma harzianum*. *Biología y bioquímica del suelo*, 40(8), 2016–2020
- Sanabria, A., y Grabowski, C. (2016). Control biológico de *Rosellinia* sp. causante de la muerte súbita en macadamia (*Macadamia integrifolia*) con aislados de *Trichoderma* spp. *Investigación Agraria*, 18(2), 77-86.
- Sistema de Información Pública Agropecuaria. (2018). *Boletín situacional: papa 2018*. SIPA. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/papa/boletines-situacionales-papa-ecuador>
- Sistema de Información Pública Agropecuaria. (2020). Quito, Ecuador: Precio referencia de papa. Información Agricultor Precios
- Soil-fertility. (2008). *Trichoderma* Español. Index. www.Javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis98.
- Suquilanda, M. (2011). La producción orgánica de la papa. *Revista Tierra Adentro*, 26,1-44.
- Tituaña, F. (2013). *Uso del hongo Trichoderma asperellum en plántulas de pimiento (Capsicum annum) y su efecto sobre la supervivencia y productividad en campo* (tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.

- Tovar, J. (2008). *Evaluación de la capacidad antagonista “in vivo” de aislamientos de Trichoderma spp frente al hongo fitopatógeno Rhizoctonia solani* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Valencia, J., y Castro, B. (2004). Aspectos biológicos de aislamientos de *Trichoderma* sp. antagonicos a *Rosellinia budones*. *Cenicafé*, 55(1),16-28.
- Vargas, R., Wang, A., Obregón, M., y Araya, M. (2015). Efecto de *Trichoderma* spp., *Paecilomyces lilacinus* y la inyección de nematocida en el pseudotallo en el combate de *Radopholus similis* y la producción de banano. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 61-76.
- Villamil, J., Viteri, S., y Villegas, W. (2015). Aplicación de antagonistas microbianos para el control biológico de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en *Theobroma cacao* L. bajo condiciones de campo. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 8(1), 7441-7450.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalbertic, E., Marra, R., Woo, S., y Lorito, M. (2008). *Trichoderma–plant–pathogen interactions*. *Soil Biology & Biochemistry*, 40, 1-10.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis microbiológico antes de implementar el ensayo



Laboratorios de
microbiología agrícola

MCP LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA AGRÍCOLA INFORME DE RESULTADOS

NOMBRE DEL CLIENTE	Anderson Chamorro Benavides	NÚMERO DE INFORME	210519
NOMBRE DE CONTACTO	Anderson Benavides Chamorro	FECHA DE PROCESAMIENTO DE MUESTRAS	24/5/2019
FECHA DE INGRESO DE MUESTRAS	23/5/2019	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	3/6/2019
TIPO DE MUESTRA	SUELO		
OBSERVACIONES	Provincia: Carchi / Sector: San Gabriel / Fecha de Toma de Muestras: 20/05/2019		

RESULTADO					
Número de Muestra	Tipo de Muestra	% Humedad	Análisis	Identificación	Recuento ufc/g suelo seco
210519.1	T1	14,87	Recuento de Hongos	Trichoderma spp	0
				Rosellinia spp.	200E+02
			Recuento de levaduras	Total	1,53E+04
210519.2	T2	9,88	Recuento de Hongos	Trichoderma spp	0
				Rosellinia spp.	100E+03
			Recuento de levaduras	Total	7,77E+04
210519.3	T3	9,49	Recuento de Hongos	Trichoderma spp	0
				Rosellinia spp.	200E+02
				Scopulariopsis spp.	1,00E+03
				Mucor spp.	1,00E+03
			Recuento de levaduras	Total	2,21E+04
210519.4	T4	13,16	Recuento de Hongos	Trichoderma spp	0
				Rosellinia spp.	100E+03
210519.5	T5	13,55	Recuento de Hongos	Trichoderma spp	0
				Rosellinia spp.	200E+03
				Pythium spp.	1,00E+03
				Penicillium spp.	1,00E+02
			Actinomicetos		3,00E+02
			Recuento de levaduras	Total	8,10E+04

Anexo 2. Análisis microbiológico después de implementar el ensayo

INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE				CÓDIGO: LABPG06
NOMBRE	ANDERSON CHAMORRO	TELÉFONO	0995591743	
DIRECCION	SAN GABRIEL			

INFORMACION DE LA MUESTRA			
NOMBRE	SUELOS	CODIGO DE MUESTRA	201910000015
MARCA COMERCIAL	N/A	FECHA DE INGRESO	17/12/2019
REFERENCIA	NO SE DESCRIBE	FECHA DE PROCESAMIENTO	20/12/2019
ENVASE	BOLSAS DE PLASTICO Y PAPEL	FECHA DE ENTREGA DE	13/1/2020
TIPO DE MUESTRA	SUELOS	LOTE	N/A
CONSERVACION DE LA	4 - 8°C	FECHA DE ELABORACION	N/A
CONTENIDO NETO DECLARADO	500 g	FECHA DE EXPIRACION	N/A
CONDICIONES AMBIENTALES	T° 17 %HR 85	VIDA UTIL	N/A
OBSERVACIONES			

RESULTADOS								
Número de Muestra	Descripción	Tipo de Muestra	Método	Análisis	Resultado	ufc/g	LOG10	Unidad
15.1	T1	Suelos	LABPEE-15	POBLACIONES MICOLÓGICAS	Trichoderma spp.	100,00	2,00	Benéfico
					Eupenicillium spp.	10,00	1,00	Saprófito
					Rosellinia spp.	40,00	1,60	Potencial fitopatógeno
					Mucor spp.	10,00	1,00	Saprófito
					Aspergillus spp.	30,00	1,48	Saprófito
					Penicillium spp.	10,00	1,00	Saprófito
15.2	T2	Suelos	LABPEE-15	POBLACIONES MICOLÓGICAS	Mucor spp.	10,00	1,00	Saprófito
					Penicillium spp.	40,00	1,60	Saprófito
					Rosellinia spp.	40,00	1,60	Potencial fitopatógeno
					Trichoderma spp.	20,00	1,30	Benéfico
15.3	T3	Suelos	LABPEE-15	POBLACIONES MICOLÓGICAS	Trichoderma spp.	50,00	1,70	Benéfico
					Penicillium spp.	20,00	1,30	Saprófito
					Mucor spp.	30,00	1,48	Saprófito
					Rosellinia spp. spp.	10,00	1,00	Potencial fitopatógeno
					Aspergillus spp.	10,00	1,00	Saprófito
					Scopulariopsis spp.	2000,00	3,30	Saprófito
15.4	T4	Suelos	LABPEE-15	POBLACIONES MICOLÓGICAS	Rosellinia spp. spp.	10,00	1,00	Potencial fitopatógeno
					Trichoderma spp.	20,00	1,30	Benéfico
					Penicillium spp.	40,00	1,60	Saprófito
					Scopulariopsis spp.	600,00	2,78	Saprófito
					Mucor spp.	60,00	1,78	Saprófito
15.5	T5	Suelos	LABPEE-15	POBLACIONES MICOLÓGICAS	Rosellinia spp. spp.	1000,00	3,00	Potencial fitopatógeno
					Penicillium spp.	300,00	2,48	Saprófito
					Scopulariopsis spp.	100,00	2,00	Saprófito
					Mucor spp.	10,00	1,00	Saprófito

TRICHO BIO

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

NOMBRE COMERCIAL:	TRICHO BIO
FORMULADOR Y TITULAR	BIOQUIMICOS DE AMERICA S.A – BIOAMECSA
REGISTRO Nro.	477-F-AGR-P
DIRECCION:	QUITO – ECUADOR
TELEFONOS:	(593) 99 8 586-817 / (593) 98 4 605-614
E-MAIL:	info@bioamecsa.com
WEB:	www.bioamecsa.com

2. DESCRIPCION

TRICHO-BIO, es un producto 100% orgánico - Biológico, formulado con la mejor tecnología y metodología para obtener la más alta concentración de esporas viables y metabolito secundario por mililitro de producto, con una alto porcentaje de infectividad, por lo que le hace muy eficiente en sus aplicaciones sin importar las características y condiciones de los suelos, principalmente trabajan con todo su potencial en suelos con un pH desde 4,5 a 9,5; su acción como un hongo saprofito, antagonista de patógenos alojados en rizósfera de todos los suelos, que causan enfermedades de importancia económica en los cultivos.

Las características antagonicas que presenta frente a hongos Fito patógenos y uno de sus mecanismos de control es la gran invasión y fuerte competencia por nutrientes y espacio, el mico parasitismo y la antibiosis, estos mecanismos de acción actúan sinérgicamente dando como resultado un excelente control y prevención contra el ataque de patógenos.

Los mecanismos antagonicos que utiliza TRICHO-BIO se describe como:

- a) **Antibiosis** (sin establecer contacto fisico alguno *Trichoderma spp* puede inhibir el crecimiento de otros hongos mediante la producción de varios metabolitos secundarios volátiles y no volátiles como gliotoxina, viridina y gliovirina).
- b) **Micro-parasitismo**, Existen cuatro estados de parasitismo en la relación antagonica de *Trichoderma spp.* con otros hongos.
 1. **Crecimiento quimiotrófico**: El estímulo químico proviene del hongo objeto de control.
 2. **Reconocimiento específico**: Probablemente mediado por lecitinas sobre la superficie celular, tanto del hongo antagonico como del patógeno.
 3. **Unión y crecimiento de las hifas alrededor del patógeno.**

Competencia (Si el crecimiento del antagonista provoca la reducción de la población del patógeno, la competencia entre estos puede resultar en control de la enfermedad.) sin ser estos mutuamente excluyentes y pudiendo, por lo tanto, actuar a la vez.

3. PROPIEDADES Y USOS:

- ✓ Mejora la micro-flora del suelo, eliminando por invasión de área a los patógenos causantes de enfermedades en los cultivos
- ✓ Activa el crecimiento radicular las plantas
- ✓ Coloniza y crece en las raíces a medida es estas se desarrollan y aumenta la resistencia del cultivo frente al ataque de patógenos.
- ✓ Promueve la regeneración de la micro-flora de la rizósfera
- ✓ Ayuda a la descomposición de la materia orgánica en procesos de elaboración de abonos orgánicos, compostaje y lombri-compost.
- ✓ Ideal para producciones de bio-fertilizantes como Bioles, dándole mayor protección a los cultivos, evitando el ataque de patógenos por su riqueza de aminoácidos naturales encontrados en dichas soluciones órgano-nutritivas.
- ✓ Es un productor natural de fitohormonas que estimulan en crecimiento de la plantas y a su vez con una protección natural.
- ✓ TRICHO-BIO, desarrolla mecanismos para atacar y parasitar a otros hongos y así, aprovechar una fuente nutricional adicional.
- ✓ Su mecanismo de ataque y parasitismo a otros hongos hace que aproveche una fuente nutricional adicional por lo que se demuestra varios mecanismos con los que actúa Trichoderma como bio-controlador y colonizador de raíces.
- ✓ Tolerancia al estrés por parte de la planta, al ayudar al desarrollo del sistema radicular.
- ✓ Solubilizador de nutrientes inorgánicos.
- ✓ Resistencia inducida
- ✓ Desactivación de las enzimas de los patógenos.
- ✓ Posee un amplio rango de acción. Se propaga en el suelo, ejerciendo un control duradero Tiene un marcado efecto preventivo de enfermedades de la raíz y el follaje.
- ✓ Protege las semillas agrícolas y botánicas de Fito patógenos.
- ✓ Controla patógenos de la raíz (Pythium, Fusarium, Rhizoctonia) y del follaje (Botrytis y Mildiu) antes que puedan ser los detectados y evita el ataque de (Phytophthora).
- ✓ Disminuye o elimina la dependencia de fumigantes químicos y actúa como bio-degradante de agro tóxicos
- ✓ Promueve el crecimiento de raíces y pelos absorbentes, moviliza nutrientes en el suelo para las plantas, mejorando la nutrición y la absorción de agua.
- ✓ Es compatible con todos los bio-fertilizantes y con bio agentes controladores de plagas y enfermedades.
- ✓ Acelera la descomposición de la materia orgánica, puede ser empleado en el proceso de compostaje donde también cumple funciones de bio-fungicida.
- ✓ Estimula el crecimiento de los cultivos al producir metabolitos que promueven los procesos de desarrollo en las plantas.
- ✓ Favorece la proliferación de organismos benéficos en el suelo, como otros hongos antagónicos.
- ✓ No necesita plazo de seguridad para recolección de la cosecha.

4. COMPOSICIÓN:

MICROORGANISMO	CONCENTRACION MINIMA
<i>Trichoderma spp</i>	1×10^{10}



FICHA TECNICA / MSDS "TRICHO BIO"

5. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICO

Aspecto:	Líquida	pH al 10%	6.5 – 7,0
Color:	Verde claro	Densidad:	1,05 g/cc
Olor:	Característico	Solubilidad:	100% soluble

6. DOSIS Y FORMAS DE APLICACIÓN:

CULTIVO	DOSIS / TANQUE	RECOMENDACION
Rosas, Flores Tropicales y Subtropicales	1 - 1,25 cc / l	Aplicar via foliar para el control y prevencion de oidio y mildiu, disminuye la aplicacion de moleculas quimicas y resistencia de la enfermedad a las mismas. Via Drench mejora la calidad Microbiana de suelos y por ende protege al sistema radicular e incentiva el desarrollo del mismo. Aplicar conjuntamente con Raizyener GNS 1,25 cc/l
Tomate, Pimiento, Pepinillo, Pepino, Berenjena, Zuquini, Haba, Maíz	0,5 - 1 L	Previene y controla el ataque de Damping Off en aplicaciones tempranas y programadas, así como varias enfermedades en follaje y fruta, realizando programas adecuados de aplicacion. Combinar con Agrobionem 1 L.
Cebolla, Papa, Ajo, Arveja, Zanahoria, Haba, Soya	1 - 1,5 L / ha	Importante para la prevencion y control de enfermedades fungosas de suelo, incentiva el desarrollo radicular y del vegetal. Proteje el sistema radicular de todo tipo de ataque de hongos. Combinar con Raizyner GNS 1 L + Humakel WP 500g.
Brócoli, Coliflor, Col, Lechuga, Acelga.	1 - 1,5 L / ha	Aplicar en el primer tratamiento al suelo con Raizyner GNS 1 L, controla Damping off de forma oportuna y protege la masa radicular de enfermedades fungosas. Realizar 3 aplicaciones en ciclo combinando con Humakel WP 500g.
Tomate de Árbol, Maracuyá, Naranjilla, Taxo, Granadilla, Cacao, Naranjilla.	1 - 1,5 L / ha	Proteje la raíz del ataque de Fusarium, Pythium, Rhizoctonia, Phythophthora, entre otras enfermedades causantes de la mortandad del sistema radicular y del vegetal. Así como también previene ataque de problemas fúngicos en fruta y

		hojas.
Fresa, Mora, Uva, Cereza, Frambuesa	0,5 - 1 L	Aplicar via drench con Raizyner 950 1 kg + Agrobionem 1 L. previniendo el ataque de nematodos y hongos causantes de la mortandad de raíces y plantas provocadas por Damping off. Via foliar previene ataque de mildiu, botrytis.
Papaya, Pitahaya, Durazno, Mango, Babaco, Cítricos, Manzana, Claudia, Aguacate	1 - 1,5 L / ha	Aplicar via drench con Agrobionem 1 L + Raizyner 950 1 kg, 4 ciclos al año, previene el ataque de patógenos de suelo, que destruyen el sistema radicular, causando la mortandad de plantas.
Arroz, Trigo , Cebada, Maíz	0,5 - 1 L	Aplicar via foliar a partir de los 30 días de trasplante o germinación conjuntamente con tratamientos contra insectos. Previene el ataque de enfermedades, aplicar en horas de la tarde principalmente.
Banano, Plátano	1 - 1,5 L / ha	Debido al ataque constante de Nematodos y la abundante aplicacion de agua, el ataque de patógenos (<i>Fusarium spp</i>) destruye drásticamente los pelos absorbentes y a su vez por la herida causada peor nematodos ingresan enfermedades que destruyen las raíces, por ello se recomienda aplicar conjuntamente con Agrobionem 1L + Raizyner GNS 1 L + Humakel WP 500 g / ha. realizar 4 aplicaciones por año.
Piña	2 - 2,5 L / ha	Realizar 3 a 4 aplicaciones por ciclo, conjuntamente con el tratamiento enraizador, preferiblemente sobre la tarde, disminuye el ataque de enfermedades causadas por hongos y bacterias (Erwinia).
Sandia, Calabaza, Melón.	0,5 - 1 L	Aplicar conjuntamente con Agrobionem 1 L + Raizyner gns 500 cc + Humakel wp 500 g cada 21 días obligatoriamente, l de forma foliar aplicar cada 30 días sin mezclar con fungicidas químicos, únicamente Fertilizantes e Insecticidas.

* Tanque = 200 L Agua

13. ESTABILIDAD Y REACTIVIDADEstabilidad de almacenamiento:

Estable bajo condiciones normales de almacenamiento

Productos peligrosos en la descomposición:

No determinados

14. INFORMACION TOXICOLOGICA

- **Contacto con los ojos:** Irrita los ojos
- **Inhalación:** Altas concentraciones pueden irritar las vías respiratorias.
- **Ingestión:** Pequeñas cantidades del producto aspiradas en el sistema respiratorio durante la ingestión o el vómito, pueden producir bronconeumonía o edema pulmonar

15. RECOMENDACIÓN ECOLÓGICA

- ✓ No contaminar el agua con el producto ni con su envase.
- ✓ No limpiar el equipo de aplicación de producto cerca de aguas superficiales, de uso humano y abrevadero de animales, evítase la contaminación a través de los sistemas de evacuación de aguas, canales de riego o de los caminos.

16. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN DE DESECHOS:Gestión de envase:

Este envase, una vez vacío y después de utilizar su contenido, es un residuo peligroso por lo que el usuario está obligado a entregarlo en los puntos de recepción o al punto de venta donde adquirió el producto.

17. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRASPORTE

Sin restricción para el transporte por vía terrestre, marítima y aérea.

18. INFORMACION ADICIONAL:

BIOAMECSA S.A., garantiza el contenido y la composición del producto. No acepta ninguna responsabilidad por daños derivados del manejo, almacenamiento, uso o eliminación, ya que están fuera de nuestro alcance, control y conocimiento.

Anexo 4. Análisis de suelo



LABONORT

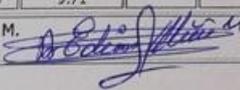
LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO Nombre: ANDERSON CHAMORRO Ciudad: San Gabriel Teléfono: 0995591743 Fax:	DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Carchi Cantón: Montúfar Parroquia: San Gabriel Sitio: Fernández Salvador
DATOS DEL LOTE Sitio: Fernández Salvador Superficie: Número de Campo: TO General Cultivo Actual: A Cultivar: Papa y maíz	DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 8935 Tipo de Análisis: Completo Muestra: Suelo TO General Fecha de Ingreso: 2019-05-22 Fecha de Reporte: 2019-05-29

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	56.40	ppm	
P	48.56	ppm	
S	23.01	ppm	
K	0.88	meq/100 ml	
Ca	7.66	meq/100 ml	
Mg	1.17	meq/100 ml	
Zn	7.77	ppm	
Cu	4.17	ppm	
Fe	1258.6	ppm	
Mn	50.37	ppm	
B	0.16	ppm	
pH	5.89		
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
Ce	0.450	mS/cm	
MO	11.15	%	

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)			
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
6.55	1.33	10.03	9.71						

Dr. Quim. Edison M. Miño M. 
 Responsable Laboratorio



Anexo 5. Prueba Fisher para la variable porcentaje de incidencia

dds	Tratamiento	Medias	E. E.	Rango	
140	T5	59.52	4.85	A	
185	T5	59.52	4.85	A	
155	T5	59.52	4.85	A	
170	T5	59.52	4.85	A	
125	T5	43.01	4.85	B	
95	T5	40.07	4.85	B	
110	T5	40.07	4.85	B	
35	T1	37.14	4.85	B	C
50	T1	37.14	4.85	B	C
65	T1	37.14	4.85	B	C
80	T5	32.61	4.85	B	C D
80	T1	28.27	4.85		C D E
65	T5	27.29	4.85		C D E F
50	T5	25.19	4.85		D E F G
35	T5	25.19	4.85		D E F G
65	T2	24.31	4.85		D E F G
50	T2	24.31	4.85		D E F G
35	T2	24.31	4.85		D E F G
65	T3	23.72	4.85		D E F G H
50	T3	23.72	4.85		D E F G H
35	T3	23.72	4.85		D E F G H
80	T3	19.70	4.85		E F G H I
110	T2	16.81	4.85		E F G H I J
125	T2	16.81	4.85		E F G H I J
80	T2	16.81	4.85		E F G H I J
95	T2	16.81	4.85		E F G H I J
95	T1	16.20	4.85		F G H I J K
155	T1	16.20	4.85		F G H I J K
110	T1	16.20	4.85		F G H I J K

140	T1	16.20	4.85	F G H I J K
125	T1	16.20	4.85	F G H I J K
155	T2	14.41	4.85	G H I J K L
140	T2	14.41	4.85	G H I J K L
80	T4	12.55	4.85	H I J K L
110	T3	11.62	4.85	I J K L
155	T3	11.62	4.85	I J K L
95	T3	11.62	4.85	I J K L
125	T3	11.62	4.85	I J K L
140	T3	11.62	4.85	I J K L
65	T4	10.97	4.85	I J K L
50	T4	10.97	4.85	I J K L
35	T4	10.97	4.85	I J K L
140	T4	7.79	4.85	J K L
110	T4	7.79	4.85	J K L
155	T4	7.79	4.85	J K L
125	T4	7.79	4.85	J K L
95	T4	7.79	4.85	J K L
170	T1	5.88	4.85	J K L
185	T1	5.88	4.85	J K L
170	T2	5.26	4.85	K L

Continuación...

185	T2	5.26	4.85	K L
185	T3	4.48	4.85	L
170	T3	4.48	4.85	L
170	T4	3.03	4.85	L

185	T4	3.03	4.85	L
-----	----	------	------	---

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

Anexo 6. Prueba Fisher para la variable altura de la planta

DDS	Tratamiento	Medias	E. E.	Rango
90	T2	101.80	3.18	A
90	T4	101.73	3.18	A
90	T3	98.67	3.18	A
90	T1	98.53	3.18	A
90	T5	82.07	3.18	B
60	T4	73.60	3.18	C
60	T3	69.47	3.18	C D
60	T2	68.80	3.18	C D
60	T1	64.53	3.18	D
60	T5	56.20	3.18	E
30	T4	35.60	3.18	F
30	T3	31.60	3.18	F G
30	T2	29.87	3.18	F G
30	T1	28.80	3.18	G
30	T5	26.53	3.18	G

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

Anexo 7. Prueba Fisher para la variable porcentaje de tubérculos enfermos

DDS	Medias	E. E.	Rango
T5	11.44	2.07	A
T1	3.66	2.07	B
T3	2.45	2.07	B
T4	1.41	2.07	B
T2	1.13	2.07	B

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

