



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACION DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE TRICHODERMA
PARA EL CONTROL DE LANCHA (*Phytophthora infestans*) EN EL CULTIVO DE
PAPA (*Solanum tuberosum*) VARIEDAD YEMA DE HUEVO, PARROQUIA ALOAG,
CANTÓN MEJÍA, 2023.”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Agrónomo

Autor:

Chiguano Pérez Ángel Marcelo

Tutor:

Yauli Chicaiza Guido Euclides

LATACUNGA - ECUADOR

Febrero 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Chiguano Pérez Angel Marcelo, con cédula de ciudadanía No 1724045297, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“EVALUACIÓN DE TRICHODERMA EN DIFERENTES CONCENTRACIONES PARA EL CONTROL DE LANCHA (*Phytophthora infestans*) EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) VARIEDAD YEMA DE HUEVO, PARROQUIA ALÓAG, CANTÓN MEJÍA, 2023”**, siendo el Ingeniero Mg. Guido Euclides Yauli Chicaiza, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 22 de febrero del 2024



Angel Marcelo Chiguano Pérez
C.C. 1724045297
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CHIGUANO PEREZ ANGEL MARCELO**, identificado con cédula de ciudadanía **1724045297** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **EVALUACIÓN DE TRICHODERMA EN DIFERENTES CONCENTRACIONES PARA EL CONTROL DE LANCHA (*Phytophora infestans*) EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) VARIEDAD YEMA DE HUEVO, PARROQUIA ALÓAG, CANTÓN MEJÍA, 2023**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: octubre 2019 – marzo 2020

Finalización de la carrera: octubre 2023 – febrero 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 25 de mayo del 2023

Tutor: Ingeniero Mg. Guido Euclides Yauli Chicaiza

Tema: **EVALUACIÓN DE TRICHODERMA EN DIFERENTES CONCENTRACIONES PARA EL CONTROL DE LANCHA (*Phytophora infestans*) EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) VARIEDAD YEMA DE HUEVO, PARROQUIA ALÓAG, CANTÓN MEJÍA, 2023**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

1. La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
2. La publicación del trabajo de grado.

3. La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
4. La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
5. Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, 22 de febrero del 2024.


Angel Marcelo Chiguano Pérez
EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE TRICHODERMA PARA EL CONTROL DE LANCHA (*Phytophthora infestans*) EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) VARIEDAD YEMA DE HUEVO, EN ALOAG, CANTÓN MEJIA, 2023.”, de Chiguano Pérez Angel Marcelo de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 22 de febrero de 2024



Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza Mg.

CC:0501604409

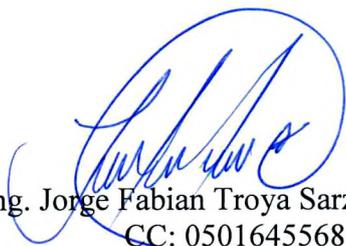
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Chiguano Pérez Angel Marcelo, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE TRICHODERMA PARA EL CONTROL DE LANCHA (*Phytophthora infestans*) EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) VARIEDAD YEMA DE HUEVO, EN ALOAG, CANTÓN MEJÍA, 2023.”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 22 de febrero del 2024



Ing. Jorge Fabian Troya Sarzosa, Ph.D.

CC: 0501645568

LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Guadalupe López Castillo, Mg.

CC: 1801902907

LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Emerson Javier Jácome Mogro, Ph.D.

CC:0501974703

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

A Dios, a la Virgen del Cisne y a mi ángel en el cielo mi padre por darme la bendición más grande que es la vida, sabiduría, paciencia, entendimiento y la fuerza necesaria para no rendirme en los obstáculos que se me ha presentado para poder terminar mi carrera de Ingeniero Agrónomo y llegar hacer un gran profesional.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por formar parte de esta bella y noble institución, así como a cada uno de los docentes que me han brindado de su conocimiento.

A mi querido tutor, docente y amigo el Ing. Mg Guido Yauli para poder concluir el trabajo de titulación por el tiempo brindado y cada uno de sus consejos.

A la bendición más grande en mi vida que es mi querida hija Emilia todo el esfuerzo, sacrificio para y por ella a mi querida madre Josefina a mis hermanos por todo el apoyo y sacrificio que ellos pasaron para poder llegar este momento a mi enamorada Melita gracias por su amor y acompañarme en este logro te has convertido en mi motor para no rendirme gracias por tu amor.

Y como no agradecer a mis compañeros por ofrecerme su amistad con ellos hemos compartido mucho bonitos recuerdos así también hemos sufrido, luchado, pero nunca rendirnos

Chiguano Pérez Angel Marcelo

DEDICATORIA

Este logro va dedicado allá en el cielo para mi ángel que desde allá está muy orgulloso de mi papa te extraño mucho, a mi princesa Emilia para así ser una inspiración para ella ser su guía en cada uno de sus días y dios me de la vida para un día poder ver que ella se una gran profesional.

A mi madre que en su momento no creía en mí, pero con el pasar del tiempo lo demostré va por ti mama que eres una hermosa mujer ejemplar tus consejos por el amor incondicional hacia mí.

A mis hermanos que han aportado de uno u otra forma en mi un granito de arena por el apoyo en cada una de mis etapas por todo el cariño que me brindan.

Y a las distintas personas que están en mi entorno agradezco el tiempo vivido, cariño, experiencias que me brindaron mil gracias.

Chiguano Pérez Angel Marcelo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE TRICHODERMA PARA EL CONTROL DE LANCHA (*Phytophthora infestans*) EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) VARIEDAD YEMA DE HUEVO, EN ALOAG, CANTÓN MEJÍA, 2023.

Autor:
Chiguano Pérez Ángel Marcelo

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar tres diferentes concentraciones de Trichoderma para el control de lancha (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la variedad yema de huevo en la parroquia Alóag, provincia de Pichincha. El método de investigación que se utilizó es el experimental, ya que se realizó un diseño completamente al azar (DCA), en el que se analizaron 4 tratamientos con 3 repeticiones, utilizando el programa Infostat con la prueba de confiabilidad Tukey al 0,05%. El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó en las cuatro semanas 15, 30, 45 y 60 días, el factor principal estuvo compuesto por tres concentraciones: 10^9 , 10^7 , 10^5 de Trichoderma, el resultado de la evaluación de la respuesta agronómica para cada concentración de Trichoderma reveló diferencias significativas en su capacidad para mitigar los efectos de la lancha, la investigación permitió determinar la concentración óptima de Trichoderma presentando la concentración 10^7 en el tratamiento 2 (T2) como la más óptima para control efectivo de la lancha debido a que presentó la menor incidencia de lancha con tan solo 7,23 % de plantas infectadas, mientras que la concentración óptima en cuanto al desarrollo del cultivo fue la concentración 10^9 en el tratamiento 1 (T1), presentando las mejores medias de germinación (25,50%), altura de planta (22 cm) y número de hojas (27), en el cultivo de papa de la variedad yema de huevo presentando mejores resultados de control y mejorando el crecimiento de la planta. Este análisis realizado en la investigación posee mucha importancia en el ámbito de control fitosanitario en el sector productor papero. Se recomienda seguir llevando a cabo investigaciones adicionales para refinar y ajustar las concentraciones de Trichoderma utilizadas. Esto permitirá determinar con mayor precisión la concentración más efectiva para el control de la lancha, considerando factores como la variabilidad ambiental y las condiciones específicas del cultivo.

Palabras claves: Trichoderma, concentraciones, Lancha, control fitosanitario.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

TÍTULO: EVALUATION OF TRICHODERMA AT DIFFERENT CONSISTENCES FOR THE CONTROL OF FLOOD (*Phytophthora infestans*) IN THE POTATO CROP (*Solanum tuberosum*) YEMA DE HUEVO VARIETY, IN ALOAG, CANTÓN MEJÍA, 2023

Author:

Chiguano Pérez Ángel Marcelo

ABSTRACT

The present investigation had as purpose to evaluate three different concentrations of Trichoderma for the control of lancha (*Phytophthora infestans*) in the potato crop (*Solanum tuberosum*) in the egg yolk variety in the Alóag parish, province of Pichincha. The research method used was experimental, using a completely randomized design (CRD), which analyzed 4 treatments with 3 replications, using the Infostat program with the Tukey reliability test at 0.05%. The statistical analysis of the obtained data was carried out in the four weeks 15, 30, 45 and 60 days, the main factor was composed by three concentrations: of Trichoderma, the result of the evaluation of the agronomic response for each concentration of Trichoderma revealed significant differences in its capacity to mitigate the effects of the lancha, the investigation allowed to determine the optimal concentration of Trichoderma presenting the concentration in the treatment 2 (T2) as the most optimal for effective control of the lancha because it presented the lowest incidence of lancha with only 7, 23 % of infected plants, while the optimal concentration as for the development of the crop was the concentration in the treatment 1 (T1), presenting the best averages of germination (25,50%), height of plant (22 cm) and number of leaves (27,15), in the potato crop of the egg yolk variety, presenting better control results and improving plant growth. This analysis carried out in the research has a lot of importance in the field of phytosanitary control in the potato production sector. It is recommended to continue to carry out additional research to refine and adjust the concentrations of Trichoderma used. This will allow to determine with greater precision the most effective concentration for the control of the spear, considering factors such as environmental variability and the specific conditions of the crop.

Keywords: Trichoderma, concentrations, Lancha, phytosanitary control

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
4.1. Beneficiarios directos.....	3
4.2. Beneficiarios indirectos.....	4
5. PROBLEMÁTICA.....	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. Objetivo general:.....	5
6.2. Objetivos específicos:.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
8. HIPÓTESIS.....	7
8.1. Hipótesis nula (H ₀).....	7
8.2. Hipótesis alternante (H _a).....	7
9. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
9.1. Generalidades del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	7

9.1.1.	Origen	7
9.1.2.	Descripción taxonómica	7
9.1.3.	Descripción botánica	8
9.1.4.	Planta	8
9.1.5.	Raíz.....	8
9.1.6.	Tubérculo.....	8
9.1.7.	Hojas.....	8
9.1.8.	Flores	9
9.1.9.	Fruto y semillas	9
9.2.	Requerimientos	9
9.2.1.	Requerimientos edafoclimáticos.....	9
9.2.2.	Clima	9
9.2.3.	Luz.....	9
9.2.4.	Suelo	10
9.2.5.	Humedad.....	10
9.2.6.	Temperatura.....	10
9.2.7.	Precipitación	10
9.2.8.	Requerimiento Hídrico	10
9.3.	Variedades de papa	11
9.3.1.	Características de la variedad en estudio.....	11
9.4.	Lancha.....	12
9.4.1.	Origen	12
9.4.2.	Agente Causal.....	12
9.4.3.	Taxonomía.....	12
9.4.4.	Ciclo biológico	12
9.5.	Sintomatología.....	13
9.5.1.	Hojas.....	13

9.5.2.	Tallos y peciolos.....	13
9.5.3.	Tubérculos.....	13
9.6.	Métodos de control.....	13
9.6.1.	Control Genético.....	14
9.6.2.	Control Químico.....	14
9.6.3.	Control Cultural.....	14
9.6.4.	Control Biológico.....	15
9.7.	Trichoderma.....	15
9.7.2.	Mecanismo de acción.....	16
9.7.3.	Competencia.....	17
9.7.4.	Antibiosis.....	17
9.7.5.	Inducción de resistencia en las plantas.....	17
10.	METODOLOGÍA.....	17
10.1.	Localización y ubicación geográfica.....	17
10.2.	Caracterización de la zona.....	18
10.3.	Materiales.....	18
10.3.1.	Materiales de campo.....	18
10.4.	Modalidad y tipo de investigación.....	19
10.5.	Métodos.....	19
10.5.1.	Método experimental.....	19
10.5.2.	Método de campo.....	19
10.5.3.	Método Bibliográfico.....	19
10.6.	OBTENCIÓN DE MATERIAL MICROBIOLÓGICO.....	20
10.6.1.	Propagación de Trichoderma.....	20
10.6.2.	Conteo de Muestras.....	20
10.6.3.	Propagación.....	20
10.7.	VARIABLES.....	20

10.7.1.	Variabilidad Agronómica.....	20
10.7.2.	Variabilidad de asimilación de los concentrados.....	20
10.8.	Fórmulas de variables a aplicar.....	21
10.8.1.	Porcentaje de emergencia	21
10.8.2.	Número de tallos	22
10.8.3.	Numero de hojas	22
10.8.4.	Altura de planta.....	22
10.8.5.	Número de plantas enfermas.....	23
10.9.	ESTADÍSTICA	23
10.9.1.	Diseño Experimental.....	23
10.9.2.	Análisis estadístico	23
10.9.3.	Características del ensayo.....	23
10.9.4.	Características de cada parcela	24
10.9.5.	Factor en Estudio	24
11.	MANEJO AGRONÓMICO DEL ENSAYO	25
11.1.	Labores pre – culturales	25
11.1.1.	Selección del terreno	25
11.1.2.	Preparación del suelo.....	25
11.1.3.	Siembra.....	25
11.1.4.	Fertilización	25
11.1.5.	Control de malezas	26
11.1.6.	Control fitosanitario.....	26
11.2.	Análisis funcional.....	26
12.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
12.1.	Elaboración de concentraciones de Trichoderma.....	27
12.1.1.	Conteo.....	27
12.2.	Prueba de normalidad para variables de comportamiento agronómico	27

12.2.1.	Porcentaje de germinación.....	28
12.2.2.	Número de tallos a los 15, 30, 45 y 60 días.....	29
12.2.3.	Número de hojas a los 15, 30,45 y 60 días.....	31
12.2.4.	Altura de planta a los 15, 30, 45 y 60 días.....	33
12.2.5.	Plantas enfermas a los 15,30,45 y 60 días.....	35
13.	CONCLUSIONES.....	37
14.	RECOMENDACIONES.....	37
15.	BIBLIOGRAFIA.....	38
16.	ANEXOS.....	42
	Anexo 1: Certificado origen Trichoderma.....	42
	Anexo 2: Propagación de Trichoderma.....	43
	Anexo 4: Propagación.....	45
	Anexo 5: Diseño Experimental.....	46
	Anexo 6: Selección del terreno.....	46
	Anexo 7: Preparación del suelo.....	46
	Anexo 8: Siembra.....	47
	Anexo 9: Fertilización.....	48
	Anexo 10: Control de malezas.....	49
	Anexo 11: Control fitosanitario.....	50
	Anexo 12: Aval de Traductor.....	54

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Conteo de cuadrantes.....	27
Ilustración 2. Promedio del porcentaje de germinación.	29
Ilustración 3. Promedio del número de tallos.....	30
Ilustración 4. Promedio del número de hojas	32
Ilustración 5. Altura de planta	34
Ilustración 6. Plantas enfermas	36

INDICE DE FORMULAS

Ecuación. 1 . Porcentaje de emergencia.	22
Ecuación. 2 Calculo total de número de hojas.....	22
Ecuación. 3 Cálculo para fertilización.....	26
Ecuación. 4.Control fitosanitario.....	26

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Capacidad genética al ataque de tizón tardío en variedades de papa.	14
Gráfico 2.. Ubicación geográfica.....	18

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título

“Evaluación de diferentes concentraciones de Trichoderma para el control de lancha (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad yema de huevo, parroquia Alóag, cantón Mejía, 2023”

Fecha de inicio:

Mayo del 2023

Fecha de finalización:

Agosto del 2023

Lugar de ejecución:

Parroquia Alóag-Cantón Mejía -Provincia Pichincha.

Unidad Académica que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Carrera de Agronomía

Proyecto de Investigación vinculado:

Al proyecto de investigación de cultivos andinos.

Tutor: Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza Mg.

Autor: Chiguano Pérez Ángel Marcelo

Lector 1: Ing. Jorge Fabián Troya, Ph.D.

Lector 2: Ing. López Castillo Guadalupe de las Mercedes Mg.

Lector 3: Ing. Jácome Mogro Emerson Javier Mg.

Teléfonos: 0986542082

Correo electrónico: angel.chiguano5297@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Agricultura- Agricultura, silvicultura y pesca- Agronomía

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

La biodiversidad forma parte intangible del patrimonio nacional: en la agricultura, en la medicina, en actividades pecuarias, incluso en ritos, costumbres y tradiciones culturales. Esta línea está enfocada en la generación de conocimiento para un mejor aprovechamiento de la biodiversidad local, basado en la caracterización agronómica, morfológica, genómica, física, bioquímica y usos ancestrales de los recursos naturales locales. Esta información será fundamental para establecer planes de manejo, de producción y de conservación del patrimonio natural.

Sub línea de investigación de la Carrera:

Conservación de suelos y cultivos Andinos.

Línea de vinculación:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y gestión para el desarrollo humano y social.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La investigación tuvo lugar en la parroquia Alóag, ubicada en el Cantón Mejía. El objetivo es evaluar *Trichoderma* a diferentes concentraciones para el control de Lancha (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad yema de huevo.

Para la implementación de este proyecto se realizó una multiplicación de cepas de *Trichoderma* en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en base a los resultados se realizó un adecuado manejo técnico y se determinó las concentraciones adecuadas, con el fin de mejorar las propiedades físicas del suelo.

Con la implementación de tres concentraciones de *Trichoderma* de 10^9 , 10^7 , 10^5 y tres repeticiones, nos permitió evaluar el comportamiento que causa cada uno de ellos en nuestro cultivo y si llega a controlar Lancha, de esa manera podremos determinar la dosis y frecuencia correcta de aplicación que mejor resultados nos brinde, según los datos que se tomaron se podrá determinar cuál es el mejor tratamiento.

Para el análisis estadístico se implementó un diseño de DCA, con tres repeticiones, el factor principal estuvo compuesto por tres concentraciones de *Trichoderma*, y una sin concentración

que fue considerado como testigo, esto para determinar su eficacia sobre la lancha y la respuesta agronómica que tuvo el cultivo de papa a las dosis de Trichoderma.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La principal amenaza biológica para los cultivos de papa es *Phytophthora infestans*, que causa enfermedades en los cultivos de papa. Se ha descubierto que este patógeno causa importantes pérdidas de producción en las tierras altas del Ecuador, causando daños importantes ya que puede destruir el cultivo en un plazo de 10 a 15 días (Bustamante, 2015).

Una estrategia importante para compensar estas pérdidas implica el uso de fungicidas sintetizados químicamente. Sin embargo, el uso de estos métodos de control tiene algunas desventajas, como dificultad en la obtención de productos, altos costos para los pequeños agricultores, riesgos para la salud, uso inadecuado de productos químicos y aparición de nuevas cepas resistentes. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que el uso de Trichoderma como alternativa al control biológico muestra resultados beneficiosos y significativos en la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos como *Fusarium*. y *Phytophthora spp* (Espinoza & Francisco Aragón, 2011).

Por ende, resulta crucial llevar a cabo una investigación que determine la dosificación adecuada de Trichoderma en relación con su concentración, con el objetivo de brindar una solución efectiva contra la "Lancha" (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). Dicha enfermedad afecta los tallos, las hojas y los tubérculos, limitando su desarrollo. La preservación de una planta de papa con un follaje intenso, vigoroso y saludable se vuelve esencial, ya que tiene un impacto directo en la productividad y calidad de los tubérculos.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios directos

La Universidad Técnica de Cotopaxi, y los 360 estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica a través del proyecto de Cultivos Andinos se verán beneficiados, con la práctica y realización de trabajos similares para ser aprovechados desde el punto de vista académico y/o investigativo.

4.2. Beneficiarios indirectos

Los productores de papa del cantón Mejía, los moradores del barrio Bellavista, las 6 fincas aledañas a la investigación.

5. PROBLEMÁTICA

En Ecuador, la papa juega un papel importante en la dieta diaria de la población y es el cultivo más importante del país. Según (TAPIA, 2019), la superficie de cultivo de distintas variedades de papa en 2019 fue de 20.626 hectáreas.

Además de su valor nutricional, la papa también juega un papel importante en la economía y sociedad del Ecuador, contribuyendo activamente a la generación de ingresos de las familias dedicadas a esta actividad agrícola (TAPIA, 2019).

La producción de papa en la provincia de Pichincha fue de 40.633 toneladas con un rendimiento de 25,37 toneladas/ha. Al estar ubicada en Mejía, sólo la producción de papa oscila entre 6.000 y 8.000 quintales mensuales.

En algunos casos, en condiciones favorables, puede provocar pérdidas de rendimiento de hasta el 100%. El cultivo de papa en el estado Mejía, debido a las condiciones ambientales que favorecen la aparición de la enfermedad, es muy grave y provoca síntomas muy graves en el cultivo, como ennegrecimiento de las hojas, manchas necróticas en los tallos y en algunos casos, enfermedades aparecerán.

La pérdida total de hojas y sus consecuencias están asociadas con una mala calidad de los tubérculos y un bajo rendimiento por planta (Chauca, 2012).

Encontrar alternativas de control sostenibles y efectivas es fundamental para mitigar los impactos negativos en la seguridad alimentaria y las economías locales.

En este caso se consideró como posible solución el uso de *Trichoderma*, como se mencionó anteriormente. (Andrade & Venegas, 2017) la efectividad de este hongo antagonista en el control de la Lancha demuestra la importancia del manejo de la enfermedad y además sugieren que aplicaciones de *Trichoderma* e hidróxido de cobre, favorecen la sanidad del cultivo y el rendimiento del cultivo. La falta de investigación específica en la región de Alóag deja una laguna de conocimiento sobre la concentración óptima de *Trichoderma* para suprimir eficazmente la *Phytophthora infestans* en el cultivo de papa.

Esta problemática resalta la necesidad de evaluar de manera rigurosa y específica las diferentes concentraciones de Trichoderma, considerando las condiciones locales y las características particulares de la variedad yema de huevo.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general:

Evaluar Trichoderma a diferentes concentraciones para el control de Lancha (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad yema de huevo, parroquia Alóag, cantón Mejía.

6.2. Objetivos específicos:

- Determinar el comportamiento agronómico del cultivo de papa con cada una de las concentraciones de Trichoderma sobre la lancha (*Phytophthora infestans*).
- Determinar la concentración óptima de Trichoderma para el control efectivo de la Lancha en el cultivo de papa variedad yema de huevo.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1.

Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos

Objetivo 1	Actividad(tareas)	Resultado de la actividad	Medios de Verificación
Determinar el comportamiento agronómico del cultivo de papa con cada una de las concentraciones de <i>Trichoderma</i> sobre la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>).	Realizar el monitoreo. Realizamos una escala descriptiva propia para su estimación. verificar la eficiencia de cada concentrado.	Se determinó la incidencia con la siguiente relación matemática Mediante la aplicación de la matriz de severidad. Mediante la ponderación de ataque.	Libro de campo Excel Fotografías
Objetivo 2	Actividad(tareas)	Resultado de la actividad	Medios de Verificación
Determinar la concentración óptima de <i>Trichoderma</i> para el control efectivo de la Lancha en el cultivo de papa variedad yema de huevo	Analizar estadísticamente y numéricamente las variables en estudio. Analizar la incidencia y severidad de la lancha en el cultivo.	Conocer que concentrado fue el más efectivo contra la lancha	Tablas de Infostart Gráficas y tablas estadísticas

Elaborado por: Chiguano. (2023)

8. HIPÓTESIS

8.1. Hipótesis nula (H₀)

La implementación de Trichoderma en diversas concentraciones contribuirá a disminuir y gestionar eficazmente el riesgo de infestación de la lancha (*Phytophthora infestans*) en los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*).

8.2. Hipótesis alternante (H_a)

La implementación de Trichoderma en diversas concentraciones no contribuirá a disminuir y gestionar eficazmente el riesgo de infestación de la lancha (*Phytophthora infestans*) en los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*).

9. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

9.1. Generalidades del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

9.1.1. Origen

Una gran diversidad genética de papa cultivada y silvestre (*Solanum tuberosum* L). Se encuentra en las tierras altas de los Andes de América del Sur. la primera crónica.

El único registro conocido de la patata fue escrito por Pedro Cieza de León en 1538. Los tubérculos, conocidos por los aborígenes como "patatas", fueron descubiertos por primera vez en la superficie. En el Valle del Cusco, Perú y posteriormente Quito, Ecuador (INIAP, 2011).

9.1.2. Descripción taxonómica

INIAP, (2006), la descripción de la variedad de papa “yema de huevo” es la siguiente:

Nombre Científico: *Solanum tuberosum*

Nombre Común: papa

Según (Fundagro, 2008) la clasificación taxonómica de la papa es la siguiente:

Reino: Vegetal
 División: *Magnoliophyta*
 Clase: *Magnoliopsida*
 Subclase: *Asteridae*
 Orden: *Solanales*
 Familia: *Solanaceae*

Género: *Solanum*

Especie: *tuberosum*

Nombre científico: *Solanumtuberosum*

9.1.3. Descripción botánica

9.1.4. Planta

Las plantas con vitalidad, su desarrollo rápido y a cobertura del suelo. Tamaño mediano ,tallos, violeta con verde, alas con dientes, entrenudos largos y distintos, ramificados en la base (INIAP, 2011).

9.1.5. Raíz

Las raíces son estructuras subterráneas encargadas de absorber agua.

Surge de ganglios subterráneos del tallo, que juntos forman un sistema fibroso.

Las raíces de la papa son poco profundas, frágiles y se encuentran en la superficie (Egùquiza, 2010).

9.1.6. Tubérculo

Forma oblonga, estructura rosa oscuro, sin color secundario y pulpa amarilla. Los ojos son superficiales y están uniformemente espaciados. El período de reposo de las semillas es de 120 días. La nodulación del tejido de reserva, que estimula la proliferación celular hasta 64 veces; Los tubérculos de papa son tallos subterráneo almacenan energía en forma de almidón (TAPIA, 2019).

9.1.7. Hojas

Con pecíolos impares, de color verde, peludas en el haz y en el envés, de tamaño mediano, con cuatro pares de folíolos primarios adheridos a los pecíolos, y un par de hojas alternas entre los pecíolos (INIAP, 2011).

Se menciona aquí que las hojas no tienen folíolos entre los pecíolos, los folíolos terminales son de tamaño mediano, asimétricos, ovados, con puntas afiladas y pseudoestípulas de tamaño mediano. Folíolos secundarios peciolados, pequeños, asimétricos y un par de folíolos terciarios peciolados pequeños.

9.1.8. Flores

Forma de ramo. Cáliz: Cinco sépalos violáceos con pigmentación verde, puntiagudos y pubescentes. Cinco pétalos, arremolinados, de color púrpura, de tamaño mediano. Estambres: Estambres largos y amarillos. Pistilo: verde, estigma más largo que el estambre. La fertilidad es alta tanto para hembras como para hombres (INIAP, 2011).

9.1.9. Fruto y semillas

Los frutos o bayas de la patata surgen del desarrollo del ovario. Las semillas, también conocidas como semillas sexuales, son óvulos fertilizados, desarrollados y maduros. El número de semillas por fruto puede variar desde cero hasta 400 (TAPIA, 2019).

9.2. Requerimientos

Muñoz., (2006), La papa muestra preferencia por suelos ligeros o semiligeros, con una composición silicio-arcillosa, ricos en materia orgánica y con un subsuelo profundo. Tolera pH ácidos en el rango de 5 a 6.2. La temperatura óptima para su cultivo se sitúa entre los 15°C y los 18°C. Requiere agua durante todas las etapas de su desarrollo, especialmente en la formación de los tubérculos, por lo que necesita precipitaciones regulares, bien distribuidas y sin períodos de sequía. La cantidad óptima de agua se sitúa alrededor de 500 a 600 mm. Se destaca que un exceso de agua al final de la fase de aumento del tamaño de los tubérculos propicia su rápida descomposición, mientras que la falta de agua provoca una maduración prematura.

El cultivo de la papa abarca altitudes que van desde los 2.400 hasta los 3.800 metros sobre el nivel del mar en los pisos interandinos y subandinos, sin importar la topografía del terreno, incluso con inclinaciones de hasta el 45%.

9.2.1. Requerimientos edafoclimáticos

9.2.2. Clima

Según VIGIL y KISSEL (2005), la papa es una planta adaptada a climas templados y fríos, siendo óptimas para su cultivo temperaturas que oscilan entre 13 y 18°C. Durante la siembra, se requiere que la temperatura del suelo sea superior a los 7°C, con noches relativamente frescas.

9.2.3. Luz

La luz impacta directamente en el fotoperíodo, siendo un factor clave en la inducción de la tuberización. Los fotoperíodos más cortos favorecen este proceso, mientras que los más largos estimulan el crecimiento, afectando así el rendimiento final de la cosecha. En regiones de clima

cálido, se utilizan variedades con fotoperíodos críticos, generalmente entre 13 y 16 horas. La intensidad luminosa no solo influye en la actividad fotosintética, sino que también promueve la floración y fructificación de la planta (Rivadeneira, 2013).

9.2.4. Suelo

Es una planta que no presenta elevados requerimientos en cuanto a las condiciones del suelo; solo se ve afectada por terrenos compactados y pedregosos, dado que los órganos subterráneos encuentran obstáculos mecánicos que limitan su desarrollo libre (Rivadeneira, 2013).

9.2.5. Humedad

Es un factor muy importante para el éxito de los cultivos. Demasiada humedad es dañina cuando los tubérculos germinan y maduran desde flores hasta tubérculos. El exceso de humedad favorece la infestación de moho, por lo que hay que tener en cuenta esta situación (TAPIA, 2019).

9.2.6. Temperatura

Una temperatura máxima o diurna de 20 a 25°C y una temperatura mínima o nocturna de 8 a 13°C son muy favorables para un buen crecimiento de los tubérculos. Y la media óptima para el crecimiento de los tubérculos es de 20 °C. Si la temperatura es superior a este valor, la respiración aumenta, queman los carbohidratos almacenados en los (Vasques, 2009).

9.2.7. Precipitación

Precipitación, o requerimiento óptimo de agua, son de 600 mm distribuidos en todo el ciclo de cultivo; la mayor demanda ocurre durante las etapas de germinación y crecimiento de los tubérculos (Hibon, 2010).

9.2.8. Requerimiento Hídrico

La cantidad de agua cambia entre los 600 a 1000 mm por ciclo de producción, depende también de la temperatura, capacidad de almacenamiento del suelo y la variabilidad. Las mayores necesidades se producen durante las etapas de germinación y crecimiento de tubérculos, requieren algo de riego secundario durante el período más crítico del cultivo, cuando no llueve (TAPIA, 2019).

9.3. Variedades de papa

Cada región del país produce diferentes variedades de papa, las cuales se pueden dividir en dos categorías: papa nativa y papa mejorada. La primera corresponde a variedades locales que han sido seleccionadas en base a la experiencia de los agricultores y al estrés de la naturaleza durante no sólo cientos, sino también miles de años. Las variedades mejoradas son el resultado de una selección sistemática realizada por investigadores utilizando materiales locales y exóticos. Entre las especies cultivadas en el Ecuador encontramos *S. phureja*. Pero otras especies silvestres, especialmente *S. demissum* y *S. vertifolium*, también sirvió como línea parental del cultivar actual (Pumisacho, & Sherwood, 2002).

9.3.1. Características de la variedad en estudio

Tabla 2

Características de la variedad

VARIEDAD	Yema de huevo
Origen	Desconocido
Subespecie	<i>Solanum phureja</i>
Características morfológicas	Tubérculos redondos de tamaño mediano, poco uniformes, con ojos medianos. Piel amarilla intensa. Pulpa amarilla intensa.
Periodo de reposo	Sin reposo
Características agronómicas	
Maduración	Precoz
Rendimiento	10 t/ha
Enfermedades	Susceptible a lancha
Materia seca	22 %
Gravedad específica	1.090
Usos	Papa cocinada, se cocina rápidamente, se la puede congelar

Elaborado por: Rivadeneira, (2013).

9.4. Lancha

9.4.1. Origen

La enfermedad conocida como "lancha" fue posiblemente registrada por primera vez en 1590 por el padre Acosta. En sus relatos, mencionó que en las áreas elevadas de las provincias del Collao (ubicadas en la zona del altiplano, que hoy comprende el sur de Perú y el noroeste de Bolivia), la papa cultivada por los indígenas se veía afectada por el añublo (rancha). Informes adicionales, publicados en Colombia en 1762 y en Perú en 1845, respaldan la presencia de la enfermedad en la región andina mucho antes de 1845. Fue en este último año cuando la enfermedad se manifestó con características epidémicas en los cultivos de papa plantados en diversos países de Europa (Abad y Abad, 1995).

9.4.2. Agente Causal

Según Chauca (2012) menciona a Lancha es provocado por el patógeno *Phytophthora infestans*. El término *Phytophthora* se origina de las palabras griegas Phyto = planta y phthora = destructor, de modo que *Phytophthora* se traduce como "destructores de plantas".

9.4.3. Taxonomía

Chauca (2012) mencionan que Erwin y Ribeiro (1996), describieron taxonómicamente a *Phytophthora infestans* de la siguiente forma.

- Reino: Chromista
- Phylum: Oomycota
- Clase: Oomycete
- Orden: Phythiales
- Familia: *Phythiaceae*
- Género: *Phytophthora*
- Especie: *infestans*

9.4.4. Ciclo biológico

La infección primaria tiene lugar en la base de los brotes recién formados, donde el micelio se desarrolla y genera esporangióforos que emergen en la superficie de tallos y hojas, dando origen a numerosos zoosporangios (Espinoza & Aragón, 2007). Estos zoosporangios producen de 3 a 8 zoosporas que, al perder sus flagelos, se enquistan y germinan formando un tubo que penetra la cutícula de la hoja. Posteriormente, desarrollan un micelio intercelular que emite haustorios

enrollados de considerable longitud para su alimentación, nutriéndose de las células huésped. Después de unos días de la infección, emergen nuevos esporangióforos a través de las estomas, dando lugar al crecimiento de nuevas plantas (Espinoza & Aragón, 2007).

Durante la estación de cultivo, se suceden varias generaciones asexuales, y una cantidad significativa de esporangios se deposita en el suelo. Estos esporangios son responsables de infectar los tubérculos y tienen la capacidad de propagarse incluso durante el almacenamiento, convirtiéndose en la fuente primaria de inóculo para el siguiente ciclo de cultivo (Espinoza & Aragón, 2007).

9.5. Sintomatología

9.5.1. Hojas

Surgen áreas con tonalidades marrón que varían desde claro hasta oscuro, sin restricciones por las nervaduras, con una apariencia húmeda y una forma irregular, a veces acompañadas de un halo amarillento. Estos síntomas se manifiestan inicialmente en los extremos y márgenes de las hojas (Torres & Taípe, 2011).

9.5.2. Tallos y peciolo

Las lesiones son necróticas, alargadas con dimensiones de 5 a 10 cm, con tonalidades que varían de marrón a negro. Suelen localizarse mayormente desde el tercio medio hacia la parte superior de la planta y muestran una textura vítrea. Cuando la enfermedad afecta todo el diámetro del tallo, este se rompe con facilidad (Torres & Taípe, 2011).

9.5.3. Tubérculos

Los tubérculos afectados muestran superficies irregulares con depresiones leves, y la piel adquiere una tonalidad marrón rojiza. Al realizar un corte transversal, se pueden notar extensiones delgadas que se extienden desde la superficie externa hacia la médula, adoptando una apariencia similar a clavijas (Torres & Taípe, 2011).

9.6. Métodos de control

Una estrategia de control puede incorporar métodos de control integrados, incluido el control genético, químico, cultural y biológico. El objetivo de este enfoque integral es reducir o eliminar las pérdidas causadas por la enfermedad (Bustamante, 2015).

9.6.1. Control Genético

Esta estrategia implica aprovechar la capacidad congénita de ciertas variedades o especies vegetales para frenar el desarrollo de una enfermedad. Según la respuesta de estas variedades ante *Phytophthora infestans*, pueden clasificarse como inmunes, resistentes o susceptibles.

Gráfico 1.

Capacidad genética al ataque de tizón tardío en variedades de papa.

Muy Resistentes	Resistentes	Susceptibles	Muy Susceptibles
	INIAP Fripapa*	Cecilia*	
	INIAP Margarita*	INIAP Esperanza*	
	INIAP	INIAP Gabriela*	
INIAP Estela*	Raymipamba*	INIAP Isabel*	
INIAP Natividad*	INIAP Rosita**	INIAP María*	
INIAP Papa pan*	INIAP Santa	Superchola	Diacol-Capiro
INIAP Santa Ana*	Catalina*	Bolona **	
INIAP Suprema	INIAP Soledad	Carrizo**	
	Cañari*	Chola **	
	Carolina*	Uvilla**	
	Libertad*	Yema de huevo	
	ICA- Única*		

Fuente: Torres, (2011).

9.6.2. Control Químico

Esto incluye el uso de productos químicos que pueden prevenir la infección o proporcionar cierto control después de la infección. Los productos utilizados para controlar el marchitamiento por *Fusarium* se clasifican en de contacto o sistémicos.

Los fungicidas de contacto afectan la estructura del patógeno en la superficie de la planta y actúan durante sus etapas de germinación y penetración.

El control adecuado del tizón de la cabeza por *Fusarium* con estos fungicidas requiere aplicaciones frecuentes y espaciadas. Hay otros en el medio ejemplos de biocidas de contacto son los productos de cobre y los ditiocarbamatos (Bustamante,2015).

9.6.3. Control Cultural

El control cultural abarca todas las prácticas llevadas a cabo en la intervención agronómica del cultivo que modifican las condiciones ambientales para el desarrollo del hospedante y la conducta del patógeno. Esto se realiza con el propósito de prevenir o disminuir la actividad del patógeno.

- Selección de campos de cultivo: Es esencial optar por terrenos con óptimo drenaje y una adecuada ventilación para prevenir la acumulación de humedad en el follaje y el suelo.
- Saneamiento: En parcelas de dimensiones reducidas, se puede llevar a cabo la eliminación cuidadosa y mecánica de las hojas infectadas.
- Aporques: Realizar aporques con el objetivo de evitar o reducir el contacto de los tubérculos con los esporangios.
- Riego: Es crucial evitar riegos excesivos mediante inundación o aspersión, ya que estas prácticas generan condiciones propicias para el desarrollo del patógeno.
- Nutrición de las plantas: Se ha observado que dosis elevadas de fósforo y potasio pueden reducir la severidad del tizón tardío, mientras que dosis altas de nitrógeno tienden a aumentarla.
- Cosecha oportuna: Realizar cosechas en el momento adecuado y evitar llevar a cabo labores culturales bajo condiciones de humedad, ya que esto favorecería la diseminación de la enfermedad.
- Eliminación de tubérculos descartados: Después de la cosecha, se recomienda recoger todos los tubérculos descartados y utilizarlos como fuente de alimento para cerdos, o en su defecto, proceder a su quema (Bustamante, 2015).

9.6.4. Control Biológico

Se refiere a la disminución de una enfermedad a través de la interacción de uno o más organismos vivos con el patógeno responsable. “Diversas investigaciones han destacado el efecto antagonista de varios microorganismos contra *Phytophthora infestans*, incluyendo a *Trichoderma spp.*, *Serratia spp.*, *Streptomyces spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Bacillus spp.*,” (Bustamante, 2015).

9.7. Trichoderma

9.7.1. Clasificación

Reino: *Fungi*

División: *Mycota*

Sub División: *Eumycota*

Clase: *Hyphomycetes*

Orden: *Moniliales*

Familia: *Moniliaceae*

Género: *Trichoderma*

Se trata de un hongo anaerobio que normalmente se encuentra en el suelo, mostrando un comportamiento tanto saprófito como parasitario. La efectividad de las cepas de Trichoderma como agentes de control biológico radica en su alta capacidad reproductiva, su habilidad para sobrevivir en condiciones ambientales desfavorables, su eficiencia en la absorción de nutrientes, su capacidad para modificar la rizósfera, su agresividad pronunciada contra hongos fitopatógenos y su eficacia en la promoción del crecimiento de las plantas, así como en la inducción de mecanismos de defensa. Cada especie presenta un crecimiento micelial rápido y una producción abundante de esporas, lo que facilita su colonización en diversos sustratos y en el suelo (INTAGRI,2016).

El Trichoderma presenta diversas ventajas como agente de control biológico gracias a su rápido crecimiento y desarrollo. Además, produce abundantes enzimas capaces de degradar otros organismos, cuya secreción se activa en presencia de hongos fitopatógenos (Bustamante, 2015).

9.7.2. Mecanismo de acción

Este se conoce como micoparasitismo que implica el crecimiento del antagonista en dirección al patógeno, envolviéndolo o generando estructuras similares a ganchos en la superficie del hospedero. Estas estructuras le facilitan la penetración en el interior del patógeno, donde, mediante la acción de enzimas líticas, se degrada la pared celular del mismo (Bustamante, 2015).

- Crecimiento: El Trichoderma detecta la presencia del patógeno y responde con el inicio del crecimiento de sus hifas en dirección a este, activado por un estímulo químico.
- Reconocimiento: Las investigaciones revelan que Trichoderma demuestra su eficacia específicamente contra ciertos hongos fitopatógenos, y esta selección se lleva a cabo mediante un reconocimiento molecular basado en interacciones lectina-carbohidrato. En este proceso, las lectinas desempeñan un papel central en las relaciones de micoparasitismo.
- Adhesión y enrollamiento: Las hifas de Trichoderma se adhieren a las del hospedante mediante la formación de estructuras semejantes a ganchos
- Actividad lítica: En esta etapa, se produce la liberación de enzimas líticas extracelulares, principalmente quitinasas, glucanasas y proteasas. Estas enzimas descomponen las paredes celulares del hospedante, facilitando la penetración de las hifas del antagonista.

9.7.3. Competencia

Este fenómeno tiene lugar cuando dos o más organismos compiten por el mismo recurso, y el consumo de dicho recurso por parte de uno de ellos disminuye la cantidad disponible para los demás. La eficacia de este tipo de antagonismo se ve influenciada por las características inherentes al agente de control biológico, tales como su plasticidad ecológica, velocidad de crecimiento y desarrollo. Además, factores externos como el tipo de suelo, el pH y la temperatura (Infante, et al., 2009).

9.7.4. Antibiosis

La capacidad antibiótica de *Trichoderma* se atribuye a la secreción de sustancias antibióticas o metabolitos que inhiben la actividad parasítica de los patógenos (Infante, et al., 2009).

9.7.5. Inducción de resistencia en las plantas

El *Trichoderma* produce tres categorías de compuestos, incluyendo proteínas con función enzimática, homólogos de proteínas, oligosacáridos y otros compuestos de bajo peso molecular. Estos elementos son liberados tanto desde el hongo como de la pared celular de la planta debido a la actividad enzimática de *Trichoderma*, y son los responsables de inducir resistencia en las plantas (Bustamante, 2015).

10. METODOLOGÍA

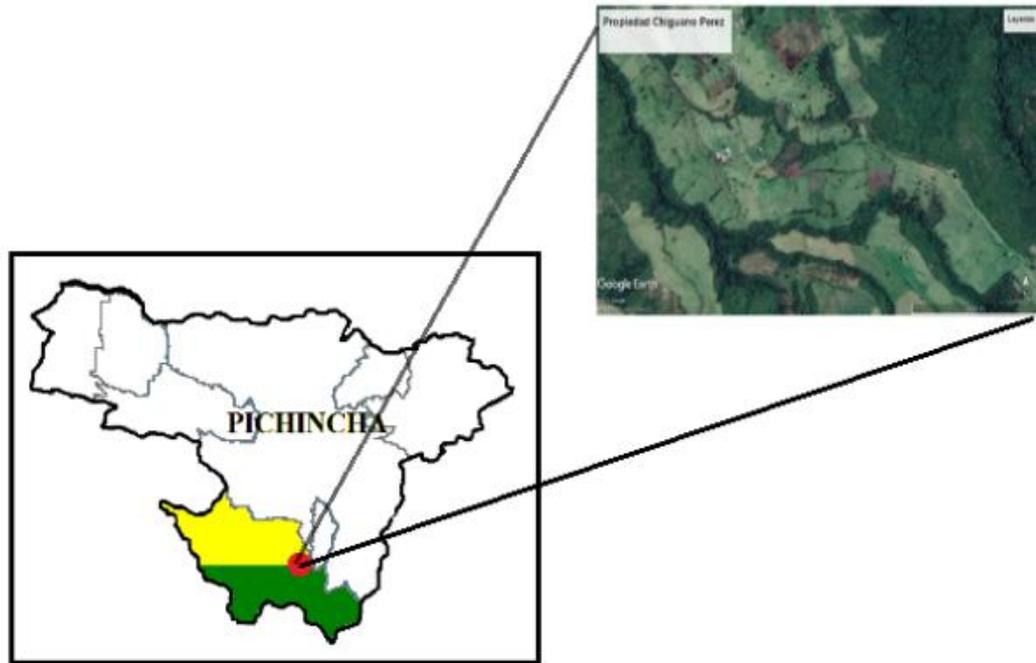
Esta investigación se llevó a cabo mediante un método hipotético-deductivo y experimental. Este método posibilitará la obtención de todos los objetivos propuestos, que abarcan desde la fase de propagación del *Trichoderma* hasta la aplicación en el cultivo de papa. Además, se llevará a cabo un registro de datos de manera quincenal, permitiendo así realizar un seguimiento detallado del proceso. Finalmente, se realizarán conclusiones basadas en los resultados obtenidos, y se proporcionarán recomendaciones basadas en la experiencia acumulada durante la ejecución del estudio.

10.1. Localización y ubicación geográfica

La presente investigación se realizó en la parroquia Aloag, cantón Mejía en la propiedad de la familia Chiguano Pérez ubicada en el barrio Bellavista. Su ubicación geográfica está dada por las siguientes coordenadas: longitud (-0.462830) y latitud -(78.656345), se encuentra ubicada a 3040 msnm.

Gráfico 2.

Ubicación geográfica



Elaborado por: Chiguano (2023).

10.2. Caracterización de la zona

- Nubosidad promedio: 5.4 octanos.
- Humedad relativa: 77.6%
- Clima: Es considerado ecuatorial meso térmico semi húmedo.
- Temperatura promedio anual: 12.4 °C
- Heliofanía mensual: horas
- Velocidad del viento: 7.6 m/s
- Pluviosidad promedio anual: 500mm.
- Su geografía es irregular.

Fuente: (PDOT ALOAG, 2019)

10.3. Materiales

10.3.1. Materiales de campo

Los insumos necesarios que se utilizó en el levantamiento de datos, y posteriormente el análisis de los datos es el siguiente:

- Insumos Agrícolas

- Semilla de papa de la variedad yema de huevo.
- Concentrados de Trichoderma
- Cintas métrica
- Fertilizantes
- Cuaderno de campo
- Computadora

10.4. Modalidad y tipo de investigación

Esta investigación tiene como modalidad un estudio en campo. Por la movilidad intencionada de la variable independiente, al seleccionar diferentes concentraciones de Trichoderma, puede definirse de tipo experimental.

10.5. Métodos

10.5.1. Método experimental

Método utilizado para provocar o manipular variables o factores que se quieren estudiar, por lo tanto, en el cultivo de papa se aplicaron diferentes dosis de Trichoderma para el control de lancha en el cultivo.

10.5.2. Método de campo

Consiste en adquirir información directamente desde la fuente de estudio en su entorno natural. En esta modalidad de investigación, el investigador realiza observaciones y recopila datos sobre un fenómeno específico o un conjunto de individuos dentro de su contexto natural.

Se recopilan datos sobre la incidencia y severidad de la enfermedad, número de hojas y tallos, así como otras variables relevantes, bajo condiciones naturales de crecimiento y exposición a factores ambientales del campo.

10.5.3. Método Bibliográfico

Se centra principalmente en la revisión y análisis de fuentes bibliográficas existentes, como libros, artículos, informes y otras publicaciones académicas. Este enfoque implica la recopilación, selección y síntesis de la información disponible sobre el tema.

Este permite justificar y complementar la investigación implementada, es decir, cuál debe ser el manejo correcto del Trichoderma y su adecuada aplicación para el control de lancha en el cultivo de papa.

10.6. OBTENCIÓN DE MATERIAL MICROBIOLÓGICO

10.6.1. Propagación de Trichoderma

Consistió en la propagación de cepas de Trichoderma (Anexo 1)obtenido de los laboratorios de Universidad Técnica de Cotopaxi, la muestra se propagó en 30 cajas Petri.

Se realizó el lavado con agua destilada a cada una de las cajas Petri reservamos en un vaso de cristal y dejamos una reserva de dos cajas para que la sepa podamos seguir multiplicándose (Anexo 2).

10.6.2. Conteo de Muestras

Procedemos hacer el conteo para obtener las diferentes concentraciones con la ayuda de la cámara Neubauer se la pudo observar con tres diluciones esta se realiza en tubos 9 ml de agua destilada y 1 ml de concentrado, se realizó el conteo de cada uno de los cuadrantes (Anexo 3).

10.6.3. Propagación

Se realizó una prueba en campo con agua para conocer los litros de agua que vamos a utilizar para asperjar en nuestra área total de plantas lo cual se logró que es necesario 12 litros de agua. El mismo se hizo con una bomba de mochila (Anexo 4).

10.7. VARIABLES

10.7.1. Variabilidad Agronómica

Porcentaje de emergencia

Número de tallos (toma de datos cada 15 días)

Número de hojas (toma de datos cada 15 días a partir de la aplicación del Trichoderma)

Altura de la planta (toma de datos cada 15 días)

10.7.2. Variabilidad de asimilación de los concentrados.

Número plantas infectadas (incidencia) aplicando la relación matemática.

La eficiencia se determinará de forma porcentual de ataque y plantas sanas.

Tabla 3.*Operacionalización de variables*

VARIABLE	CONCEPTOS	CATEGORÍA	INDICADORES	ÍNDICES
Variable dependiente	<i>Phytophthora infestans</i> es el agente patógeno causante de la enfermedad “tizón tardío” en la papa. Afecta a tallos, hojas, flores y tubérculos.	Plantas enfermas	Severidad Incidencia	Porcentaje
Lancha				
Variable independiente	El trichoderma tiene gran potencial antagonista ante hongos patógenos, y se debe evaluar la concentración adecuada.	Germinación Tallos Hojas Longitud de la planta	Planta total	Porcentaje cm Cantidad
Concentración de Trichoderma				

Elaborado por: Chiguano (2023)

10.8. Fórmulas de variables a aplicar

10.8.1. Porcentaje de emergencia

Se determinó contabilizando el número de plántulas que emergieron en relación al total de semillas puestas en el experimento. Se evaluó a los 15 días después del trasplante contando el número de plantas vivas de la parcela útil y se relaciona con el número de plántulas trasplantadas y su valor se expresó en porcentaje.

Ecuación. 1 . Porcentaje de emergencia.

$$\text{Porcentaje de semilla plena} = \frac{\text{Cantidad de semillas plenas sanas y bien desarrolladas}}{\text{Cantidad total de semillas en la muestra}} \times 100$$

Elaborado por:(FAO, 2023)

PE=TP es el 100% entonces TPE?

$$\mathbf{PE=TPE*100/TP}$$

- PE= Porcentaje de emergencia
- TP= total de plantas
- TPE= total de plantas emergidas.

Elaborado por (Chiguano, 2023)

10.8.2. Número de tallos

Se contó el número de hojas en el primer día de trasplante y a los 15, 30, 45, días después de la siembra.

- Tallos con mayor número
- Tallos con menor número

10.8.3. Numero de hojas

Se realizaron un conteo de hojas de cada tallo para posteriormente tabular mediante la fórmula estadística.

Ecuación. 2 *Calculo total de número de hojas.*

$$\mathbf{NTH=(Nh*t)*Nt}$$

- NTH= Número total de hojas.
- Nh= Número de hojas
- T= tallos
- Nt= Número de tallos.

10.8.4. Altura de planta

Se midió la altura en centímetros desde la base del suelo hasta el ápice de la planta a los 15, 30, 45, días después de la siembra.

10.8.5. Número de plantas enfermas

Se realizó un conteo de las plantas enfermas en cada tratamiento, el conteo de las plantas se realizó durante pasado 15 días, se obtuvieron datos 3 bases de datos en transcurso de toda la investigación.

10.9. ESTADÍSTICA

10.9.1. Diseño Experimental

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y tres repeticiones. Se utilizó la prueba de Tukey al 5% para las variables que mostraron significancia. En total, se evaluaron 12 unidades investigativas durante el desarrollo de la mencionada tesis (ver Anexo).

10.9.2. Análisis estadístico

Se empleó el modelo matemático del análisis de varianza (ADEVA), presentado en el siguiente esquema:

Tabla 4

ADEVA

FUENTES DE VARIACIÓN		GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL,	12	11
TRATAMIENTOSX REPETICIONES		
TRATAMIENTOS	4	3
REPETICIONES	3	2
E. EXPERIMENTAL		6
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		CMEE X 100

Elaborado por: Chiguano, (2023).

10.9.3. Características del ensayo

- Número de unidades experimentales: 12 unidades
- Área Total: 280 m²
- Distancia entre parcelas: 0.5 m

10.9.4. Características de cada parcela

Tabla 5.

Características de parcela

CONCEPTO	DATO
Forma:	Rectangular
Número de Tratamientos:	4
Número de Repeticiones:	3
	1.10 m. entre surcos y 0,30 m.
Distancia de siembra:	entre plantas
Largo del surco:	1.8 m.
Sistema de siembra:	A golpe
Número de surcos por parcela:	4 surcos
Número de surcos por parcela neta:	2 surcos
Área neta total:	190 m ²
	7.92 m ² (4.40m. de largo x 1.80
Área total de parcela:	m. de ancho)
	1.98 m ² (1.80 m de largo x 1.10
Área neta de parcela:	m de ancho)
Número de plantas por surco:	7 plantas
Número de semillas por golpe:	3 semillas
Número de semillas por surco:	21 semillas
Número de plantas por parcela Total:	28 plantas

Elaborado por: Chiguano (2023)

10.9.5. Factor en Estudio

El factor en estudio son las tres concentraciones de Trichoderma, el cual ha sido estudiado a través de cuatro tratamientos.

- Factor A: VARIEDAD

V1=Yema de huevo

- Factor B: Dosis de concentración

D0 = Sin concentración

D1 = Concentración 1 (10^9)

D2 = Concentración 2 (10^7)

D3 = Concentración 3 (10^5)

Tabla 6

Factores de estudio

TRATAMIENTOS	CODIFICACIÓN	VARIEDAD	REPETICIONES
T0	VID0	YEMADEHUEVO.	3
T1	VID1	YEMADEHUEVO.	3
T2	VID2	YEMADEHUEVO.	3
T3	VID3	YEMADEHUEVO.	3

Elaborado por: Chiguano. (2023)

11. MANEJO AGRONÓMICO DEL ENSAYO

11.1. Labores pre – culturales

11.1.1. Selección del terreno

Para la selección del terreno que las características geográficas y edáficas sean las adecuadas seleccionamos un terreno que tenía un cultivo anterior de haba el mismo se lo dejo descansar 1 año, el cual se encontraba en perfectas condiciones (Anexo).

11.1.2. Preparación del suelo

La preparación del suelo fue la aplicación de un herbicida 20 días posteriores a la En la preparación del suelo se realizó dos pases de rastra 7 días antes de la siembra, dos pases de rastra siete días antes de la siembra y el surcado el día de la siembra. (Anexo).

11.1.3. Siembra

Se delimitó parcelas las cuales tienen medidas de 1.8 m y 4.4 m la distancia entre surco fue de 1.10, la semilla se la colocó a 0.30 cm entre planta, con una densidad de 28 plantas en cada parcela teniendo un total de tubérculos sembrados 672 en un área total de 190 m² (Anexo).

11.1.4. Fertilización

Se realizó la fertilización de abono orgánico (Ecoabonaza) para tener mayor materia orgánica se aplicó 40 kilos (88lb) en las 672 plantas cada planta recibió 0.13 lb y un bioestimulante foliar (ENZI-PLUS) con una composición de nitrógeno, carbono, materia orgánica y de más, la dosis recomendada es 200 centímetros cúbicos en 200 litros de agua. (Anexo).

Ecuación. 3 *Cálculo para fertilización*

$$\text{Cantidad de cc} = \frac{200 \text{ cc}}{?} \times \frac{200 \text{ l}}{12 \text{ l}} = 12 \text{ cc}$$

11.1.5. Control de malezas

Para el control de malezas se utilizó las prácticas culturales realizando un rascadillo programado a las 9 semanas de la siembra, después de 9 semanas (45 días).

11.1.6. Control fitosanitario

Los controles se hicieron con un insecticida agrícola (BALA 55) con una composición de *Chlorpyrifos*, *Cypermethrin*, *Xilene* y Aditivos. Una presentación de 250 ml para 200 litros de agua.

Ecuación. 4. *Control fitosanitario*

$$\text{Cantidad de ml} = \frac{250 \text{ ml}}{?} \times \frac{200 \text{ l}}{12 \text{ l}} = 15 \text{ ml}$$

11.2. Análisis funcional

Se aplicará pruebas de significación TUKEY al 5% para las fuentes de variación aplicado en el programa estadístico Infostat.

12. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Culminada la investigación en evaluación de diferentes concentraciones de *Trichoderma* para el control de Lancha en el cultivo de papa variedad yema de huevo, establecido en la parroquia Alóag, los resultados y discusión que se obtuvieron durante la investigación fueron los siguientes

Se detalla la interpretación de los análisis estadísticos que se realizó para determinar el mejor tratamiento de la investigación, observando las influencias de las fuentes de variación sobre las distintas variables estudiadas, para determinar los análisis se utilizó el programa estadístico Infostat y Excel.

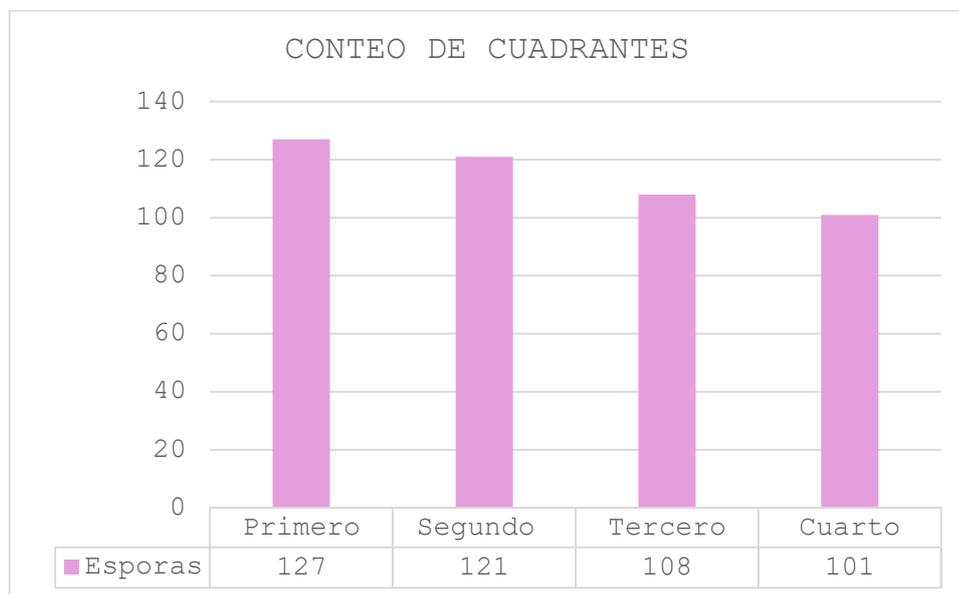
12.1. Elaboración de concentraciones de Trichoderma

12.1.1. Conteo

Los resultados del conteo de esporas de Trichoderma revelaron información valiosa sobre la abundancia y viabilidad de este hongo en el medio de cultivo evaluado. Se observó un significativo incremento en el número de esporas de Trichoderma en comparación con los controles, indicando una exitosa proliferación del hongo bajo las condiciones estudiadas.

Ilustración 1.

Conteo de cuadrantes.



Elaborado por: Chiguano, (2024).

La concentración madre se la pudo conseguir mediante la siguiente fórmula:

- Suma de los cuadrantes 457 / número de cuadrantes (4) = 114.25
- Concentrado = N esporas * constante * Disolución
- Concentrado = $114 * 10000 * 1000 = 1 \cdot 10^9$

El cual se debe tener los 200 ml de concentrado de Trichoderma para 4 litros de agua que vamos aplicar a cada uno de nuestros tratamientos. Entonces necesitamos 25 ml de Trichoderma y 175 ml de agua destilada.

12.2. Prueba de normalidad para variables de comportamiento agronómico

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (Tabla 7) para las variables: Plantas enfermas, Numero de hojas, número de tallos, porcentaje de germinación y altura de planta, indicaron un

p valor superior a 0,05, ajustándose a la distribución normal por lo que fueron analizados bajo una estadística paramétrica.

Tabla 7.

Prueba de normalidad de Shapiro- Wilk

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Plantas enfermas	96	7,58	4,91	0,89	0,0032
Numero de hojas	96	26,94	7,8	0,95	<0,0001
Numero de tallos	96	9,47	6,34	0,72	0,6845
% Germinación	48	25,08	3,12	0,75	0,4050
Altura de planta	96	16,11	6,62	0,92	<0,0001

Elaborado por: Chiguano, (2024)

12.2.1. Porcentaje de germinación

Tabla 8.

Cuadro de promedios de la variable porcentaje de emergencia a los 15 días.

Tratamientos	Media	Mín	Máx
T0	25	20	28
T1	25,5	19	28
T2	24,5	19	28
T3	24	17	27
Promedio	24,75	18,75	27,75

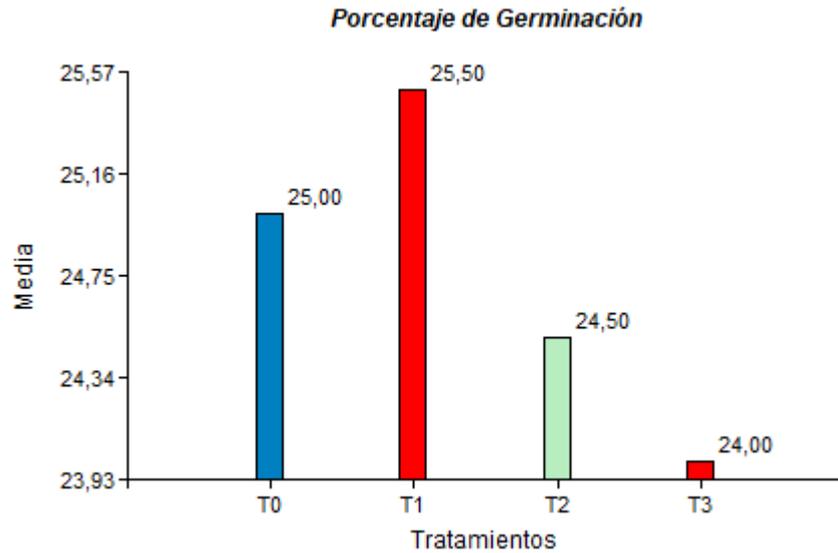
Elaborado por: Chiguano, (2024).

En la tabla 8 en función de la prueba de Shapiro – Wilk muestra que no existe una diferencia significativa, pero si numérica donde el tratamiento que presentó mejor porcentaje de germinación es T1 (concentración 10^9) con 25,5%, mientras que T3 (concentración 10^5) fue el que presentó menos germinación del 243%.

Esto lo menciona CENIAP (2013), que la aplicación de Trichoderma puede llegar a prevenir y controlar el ataque de nematodos y hongos en etapas tempranas del cultivo ayudando de esta manera al prendimiento y desarrollo el cultivo, con lo que podemos deducir que a mayor concentración ayudó al prendimiento del tratamiento 1.

Ilustración 2.

Promedio del porcentaje de germinación.



Elaborado por: Chiguano, (2024)

La habilidad de *Trichoderma* para promover la formación de micorrizas beneficia a las plantas al extender su sistema radicular, permitiéndoles acceder a una mayor cantidad de nutrientes (Sotomayor et al., 2019). Este fenómeno contribuye a una mayor supervivencia en los campos de cultivo. Esta protección proporciona a las plantas una respuesta más efectiva ante variaciones ocasionadas por factores externos en el suelo, tales como cambios de temperatura, salinidad y acidificación (Ghorbanpour et al., 2018), lo que incide positivamente en la productividad de las plantas (Martínez et al., 2019; Viera et al., 2019).

12.2.2. Número de tallos a los 15, 30, 45 y 60 días

Tabla 9.

Cuadro de medias de la variable número de tallos.

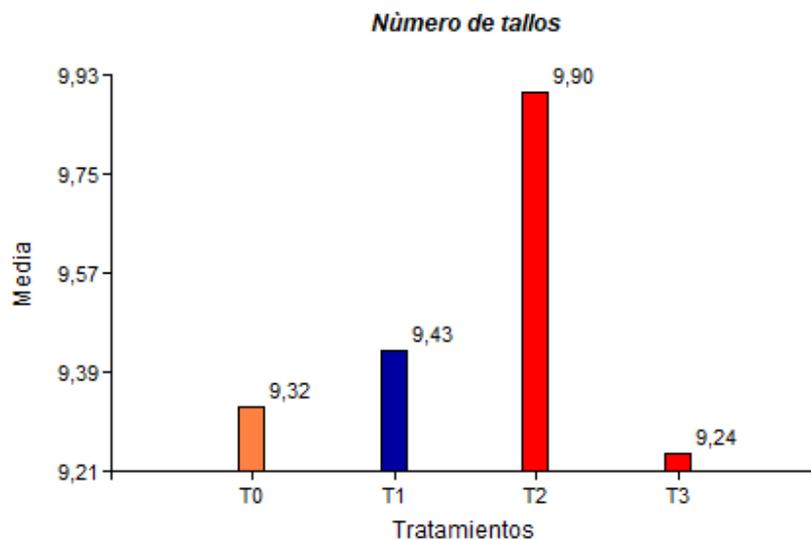
Tratamientos	Variable	Media	Mín	Máx
T0	Numero de tallos	9,32	5,5	20,75
T1	Numero de tallos	9,43	4,5	24,5
T2	Numero de tallos	9,9	4	22,75
T3	Numero de tallos	9,24	2,5	25,25

Elaborado por: Chiguano, (2023)

En la tabla 9 en función de la prueba de Shapiro – Wilk muestra que no existe una diferencia significativa, pero si numérica donde el tratamiento que presentó la mayor cantidad de tallos fue T2 (concentración 10^7) con 9,90, mientras que T3 (concentración 10^3) fue el que presentó menor cantidad de tallos del 9,24.

Ilustración 3.

Promedio del número de tallos.



Elaborado por: Chiguano, (2024)

El estudio no evidencia significancia estadística debido a que el número de tallos presenta una homogeneidad en los tratamientos 0 y 1 en el número de tallos durante el tiempo de la investigación, por otra parte del tratamiento 3 en la variedad yema de huevo presente una constante de un número de tallos menores a comparación de las demás concentraciones, con esto podemos deducir que se puede exhibir que no necesariamente el Trichoderma influye en la producción de tallos por planta, sin embargo el Trichoderma permite que la planta exhiba una respuesta más efectiva ante las variaciones originadas por factores externos en el suelo, como alteraciones de temperatura, salinidad y acidificación, lo cual tiene un impacto positivo en la productividad vegetal. La utilización de Trichoderma en los cultivos promueve la elongación del tallo, el aumento del área foliar y la expansión del sistema radicular (Vega & Hernández, 2018).

12.2.3. Número de hojas a los 15, 30,45 y 60 días.

Tabla 10.

Análisis de varianza (ADEVA) para número de hojas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig
Total	140,16	11				
TRATAMIENTOS	55,42	3	18	3	0,1098	sn
REPETICIONES	49,15	2	25	4	0,0741	
Error	35,59	6	6			
CV	15,27%					

Elaborado por: Chiguano, (2024)

El análisis de varianza (ADEVA) de la tabla 10 no se evidenció diferencias significativas ($p < 0,05$) para el número de hojas, teniendo un coeficiente de variación del 15,27 %, y un p-valor de 0,10. Es decir, la aplicación de diferentes concentraciones no influyó en el número de hojas de la papa de la variedad bajo estudio.

Tabla 11.

Prueba tukey al 5% en la variable número de hojas

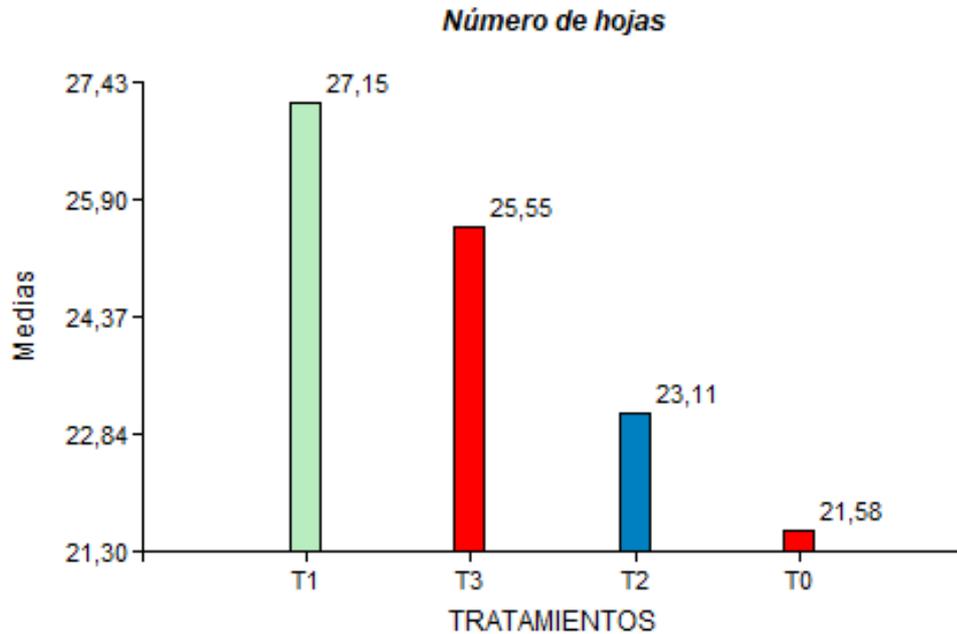
TRATAMIENTOS	Medias	RANGO
T1	27,15	A
T3	25,55	A
T2	23,11	A
T0	21,58	A

Elaborado por: Chiguano, (2024)

La prueba Turkey realizada al 0,05%, no presentó una diferencia en cuanto al rango sin embargo si presenta diferencia numérica, el tratamiento 0 (T0) posee una categoría “A” con una media de 21,58 siendo el que menor número tiene de número de hojas por planta, el tratamiento 1 (T1) se encuentra en el rango “A” con una media de 27,15 de número de hojas teniendo el valor más alto, el promedio de número de hojas del tratamiento 0 es bajo debido a que no se presentó ninguna concentración, en donde influyó en cuanto al desarrollo de la planta, en el (ilustración 4) podemos observar los diferentes rangos que poseen las repeticiones.

Ilustración 4.

Promedio del número de hojas



Elaborado por: Chiguano (2023)

El análisis no presentó significancia estadística en la cantidad de hojas, sin embargo, la concentración 10^9 Durante el periodo de investigación fue el tratamiento con mayor número de hojas a comparación de los demás, por otra parte, el tratamiento 0 presentó el menor número de hojas durante toda la investigación. Esto nos muestra que existió un aporte del Trichoderma para el aumento foliar en él, como lo menciona Jacott (2017), que la aplicación de cantidades controladas de Trichoderma favorece al crecimiento área foliar es porque se ha demostrado que el “Trichoderma actúa como estimulador del crecimiento de las plantas al producir sustancias que promueven el desarrollo. Estas sustancias funcionan como catalizadores o aceleradores en los tejidos meristemáticos primarios, que son aquellos con potencial para generar nuevas raíces, especialmente en las partes jóvenes de las plantas. Esto resulta en una aceleración de la reproducción celular, lo que permite que las plantas tratadas con este microorganismo alcancen un desarrollo más rápido en comparación con aquellas no tratadas” (Ramírez, 2015). Es por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se descarta la hipótesis nula.

12.2.4. Altura de planta a los 15, 30, 45 y 60 días

Tabla 12.

Análisis de varianza (ADEVA) para la altura de planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig
Total	219,43	11				
TRATAMIENTO	14,31	3	4,8	11,9	0,006	*
REPETICIÓN	202,71	2	101,4	252,8	0,001	
Error	2,41	6	0,4			
CV	3,15%					

Elaborado por: Chiguano, (2024).

El análisis de varianza (ADEVA) de la tabla 12 se evidenció una alta diferencia significativa ($p < 0,05$) para la altura de planta, teniendo un coeficiente de variación del 3,15 %, y un p-valor de 0,006.

Tabla 13.

Prueba tukey al 5% en la variable altura de planta

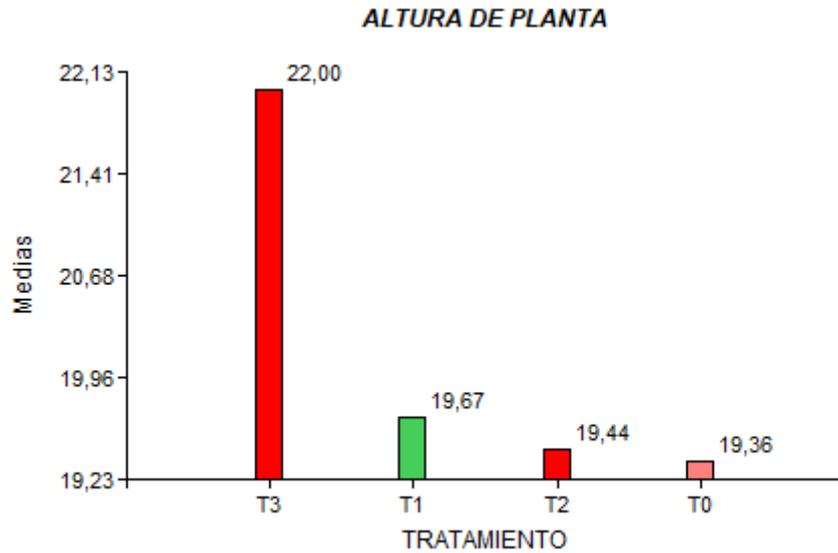
TRATAMIENTO	Medias	RANGO
T1	22	A
T3	19,67	B
T2	19,44	B
T0	19,36	B

Elaborado por: Chiguano, (2024)

La prueba Turkey realizada al 0,05%, presentó una diferencia en cuanto al rango, además si presenta diferencia numérica, el tratamiento 1 (T1) posee una categoría “A” con una media de 22 cm siendo el con mayor altura, el tratamiento 0 (T0) se encuentra en el rango “B” con una media de altura 19,36 cm el valor más bajo, el promedio de altura del tratamiento 0 es bajo debido a que no se presentó ninguna concentración, en donde influyó en el desarrollo, en el (ilustración 5) podemos observar los cómo fue progresando la incidencia de la lancha al pasar el tiempo.

Ilustración 5.

Altura de planta



Elaborado por: Chiguano, (2024).

El análisis presentó significancia estadística en la altura de planta, la concentración 10^9 durante el periodo de investigación fue el tratamiento con mayor altura a comparación de los demás, por otra parte, el tratamiento 0 presentó la menor altura durante toda la investigación. Esto nos muestra que existió un aporte del Trichoderma para el desarrollo de la plantas de papa, como lo menciona (Hernandez & Alarcon, 2019), que el género Trichoderma está asociada con la rizosfera de plantas o pueden relacionarse de manera endofítica, por lo que pueden promover el crecimiento y desarrollo de las plantas, mediante la producción de auxinas y giberelinas; también pueden producir ácidos orgánicos que pueden disminuir el pH del suelo y propiciar la solubilización de fosfatos, magnesio, hierro y manganeso, los cuales son vitales para el metabolismo vegetal. Es por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se descarta la hipótesis nula.

12.2.5. Plantas enfermas a los 15,30,45 y 60 días

Tabla 14.

Análisis de varianza (ADEVA) plantas enfermas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig
Total	36,03	11				
TRATAMIENTOS	1,1	3	0,24	0,06	0,977	sn
REPETICIONES	0,07	2	0,04	0,01	0,994	
Error	34,85	6	5,81			
CV	20,88%					

Elaborado por: Chiguano, (2024)

El análisis de varianza (ADEVA) de la tabla... no se evidenció diferencias significativas ($p < 0,05$) para el número de plantas infectadas, teniendo un coeficiente de variación del 20,88 %, y un p-valor de 0,97.

Tabla 15.

Prueba Tukey al 5% para altura de planta

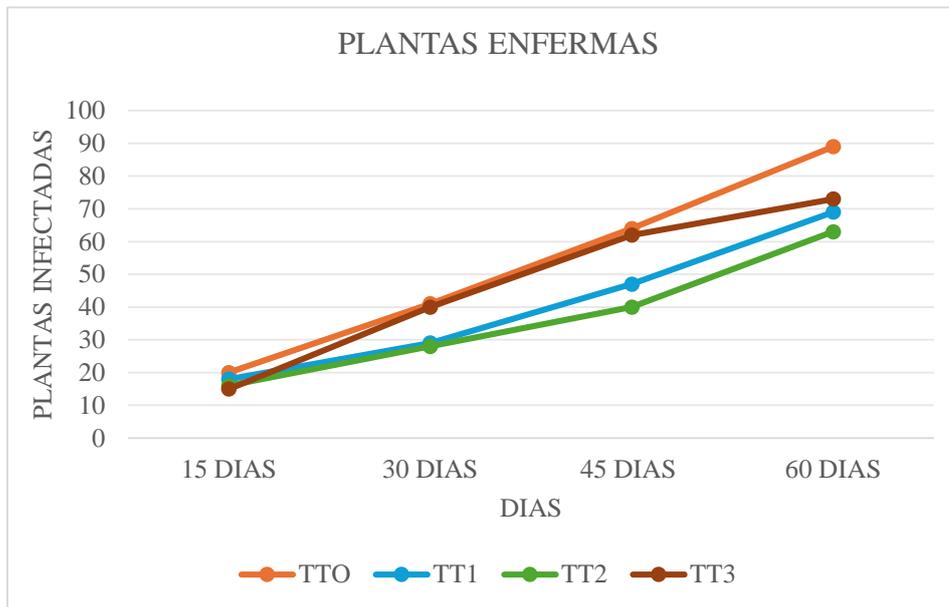
TRATAMIENTOS	Medias	Rango
T0	8,07	A
T3	7,97	A
T1	7,89	A
T2	7,29	A

Elaborado por: Chiguano, (2024)

La prueba Turkey realizada al 0,05%, no presentó una diferencia en cuanto al rango, sin embargo si presenta diferencia numérica, el tratamiento 2 (T2) posee una categoría “A” con una media de 7,29 siendo el que menor número tiene de incidencia de lancha en sus plantas, el tratamiento 0 (T0) se encuentra en el rango “A” con una media de 8,07% de plantas infectadas por la lancha teniendo el valor más alto, el promedio de plantas infectadas del tratamiento 0 es alto debido a que no se presentó ninguna concentración, en donde influyó en cuanto al control de lancha , en el (ilustración 6) podemos observar los cómo fue progresando la incidencia de la lancha al pasar el tiempo.

Ilustración 6.

Plantas enfermas



Elaborado por: Chiguano, (2024).

Se pudo determinar que al transcurso de la investigación la presencia de la lancha fue progresivo en todos los tratamientos, sin embargo, si presentaron diferencias en la incidencia que presento la enfermedad dependiendo de la concentración que presentaba cada tratamiento como se muestra en la gráfica, donde el testigo (T0) presenta una constancia siendo el tratamiento con más plantas enfermas, mientras quien T2 con la dosis 10^7 presentó menor plantas enfermas presentando menor incidencia de la enfermedad.

Resulta debido a que el Tichoderma tiene la capacidad de antagonizar a otros hongos patógenos a través de una serie de mecanismos de control (Garcia, 2022). Para proteger a las plantas contra enfermedades fúngicas causadas por la lancha (Hernandez & Alarcon, 2019), se vale de la producción de enzimas líticas y la generación de metabolitos secundarios (González, et al, 2023). “Entre estos últimos se encuentran péptidos no ribosómicos como peptaiboles, sideróforos, micotoxinas, policétidos, terpenos, pironas, entre otros” (Garcia, 2022).

Los mecanismos de acción del Trichoderma en el biocontrol abarcan una amplia gama de estrategias diseñadas para combatir hongos fitopatógenos. Destacan entre ellos la competencia por espacio y nutrientes, la antibiosis y el micoparasitismo (Hernandez & Alarcon, 2019). La capacidad reproductiva para colonizar las plantas potencia su efectividad en el biocontrol.

Además, la producción de enzimas y compuestos inhibidores también juega un papel fundamental en estos mecanismos de control (Intagri, 2016).

Los resultados del análisis de las plantas enfermas de cada tratamiento revelaron información valiosa sobre el control y presencia del Lancha en la investigación. Se observó un significativo incremento en el número de plantas enfermas al transcurso de los días de la investigación.

13. CONCLUSIONES

- Se ha determinado que el uso de Trichoderma tiene un impacto significativo en el comportamiento agronómico del cultivo de papa, específicamente los tratamientos que presentaron las concentraciones más elevadas (10^9 y 10^7), ya que ayudaron a la mitigación del daño causado por *Phytophthora infestans*, comúnmente conocido como "Lancha". La aplicación de diferentes concentraciones de Trichoderma ha demostrado influir en la salud y el rendimiento de las plantas de papa, lo que indica su potencial como agente de control biológico.
- La investigación permitió determinar la concentración óptima de Trichoderma presentando la concentración 10^7 como la más óptima para control efectivo de la lancha debido a que presentó la menor incidencia de lancha con tan solo 7,23 % de plantas infectadas, mientras que las concentración óptima en cuanto al desarrollo del cultivo fueron 10^9 presentando las mejores medias de germinación (25,50%), altura de planta (22 cm) y número de hojas (27,15), en el cultivo de papa de la variedad yema de huevo presentando mejores resultados de control y mejorando el crecimiento de la planta.

14. RECOMENDACIONES

- Se sugiere llevar a cabo investigaciones adicionales para refinar y ajustar las concentraciones de Trichoderma utilizadas. Esto permitirá determinar con mayor precisión la concentración más efectiva para el control de la lancha, considerando factores como la variabilidad ambiental y las condiciones específicas del cultivo.
- Se recomienda realizar ensayos a mayor escala en condiciones de campo para validar los resultados obtenidos en este estudio. Las condiciones reales de campo pueden presentar desafíos adicionales y es crucial confirmar la eficacia de Trichoderma en un entorno más representativo.
- Se recomienda llevar a cabo evaluaciones económicas para determinar la viabilidad financiera de la aplicación de Trichoderma en comparación con otros métodos de

control de la lancha. Esto permitirá a los agricultores tomar decisiones informadas sobre la adopción de esta estrategia.

- Se recomienda proporcionar información sobre las concentraciones óptimas y las prácticas de manejo adecuadas contribuirá a una implementación exitosa en la comunidad agrícola.

15. BIBLIOGRAFIA

- Cuesta, X. (2010). *Papas nativas Ecuatorianas en proceso de extinción* . Agromag.
- Egùquiza. (2010). *Descripcòn botànica de la planta de papa en el Ecuador*.
- Gamboa., M. A. (27 de Julio de 2018). *www.cia.ucr.ac.cr*. Obtenido de https://www.mag.go.cr/rev_agr/v43n01_009.pdf
- Marcela Arguedas Gamboa, M. R. (23 de julio de 2018). *Agricultura Costarrisence*. Obtenido de https://www.mag.go.cr/rev_agr/v43n01_009.pdf
- Pumisacho. M., & S. (2008). *El cultivo de papa en el Ecuador*. abya Yala.
- Bustamante, E. (2015). CONTROL BIOLÓGICO DEL TIZÓN TARDÍO *Phytophthora infestans* en Papa *Solanum tuberosum* *Phytophthora infestans* EN tomate *Solanum tuberosum* A TRAVÉS DE CONSORCIOS MICROBIANOS FORMADOS POR HONGOS NATIVOS DE GÉNERO *Trichoderma* sp. *Tesis Previa a La Obtención Del Grado de Magister En Agroecología Tropical Andina.*, 76. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7692/1/UPS-CT004553.pdf>
- Espinoza, G., & Francisco Aragón, L. (2011). *MANEJO DE TIZÓN TARDÍO [Phytophthora infestans (Mont.) DeBary] EN EL CULTIVO DE PAPA cv CALWHITE EN EPOCA DE APANTE EN LA ZONA DETISEY, ESTELI, 2007*. 20–49.
- INIAP. (2011). *INIAP -Estación Experimental Santa Catalina*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- TAPIA, S. (2019). *estaly - papa tesis*.
- Andres Raviolo, A. F. (13 de enero de 2021). Scielo. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2020000300119#:~:text=La%20proporci3n%20entre%20la%20cantidad,de%20solvente%20C%20se%20denomina%20concentraci3n.
- Cuesta, X. (2010). *Papas nativas Ecuatorianas en proseso de extinc3n* . Agromag.
- Egùquiza. (2010). *Descripcòn botànica de la planta de papa en el Ecuador*.

- Gamboa., M. A. (27 de Julio de 2018). www.cia.ucr.ac.cr. Obtenido de https://www.mag.go.cr/rev_agr/v43n01_009.pdf
- García, H. G., & Marín, M. (Enero de 2008). Revista científica Redalyc. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180314729007.pdf>
- Hibon, A. V. (2010). Condiciones de producción , prácticas de los agricultores y necesidades de investigación y transferencia de tecnología en el cultivo de papa en la provincia de Cotopaxi. INIAP. (2011). Manual del cultivo de la papa en Ecuador. Quito: Santa Catalina.
- MAGAP. (2022). MAGAP. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-se-proyecta-a-ser-exportador-de-papa/>
- Marcela Arguedas Gamboa, M. R. (23 de julio de 2018). Agricultura Costarricense. Obtenido de https://www.mag.go.cr/rev_agr/v43n01_009.pdf
- Marcelo Racines, X. C. (2020). INIAP. Obtenido de <file:///C:/Users/Personal/Downloads/MANUAL%20DE%20PAPA%202020%203era%20edici%20n.pdf>
- Pourrut, L. (2010). Los climas en el Ecuador Fundamentos explicativos. 50-63.
- Pumisacho, M., & S. (2008). El cultivo de papa en el Ecuador. abya Yala.
- Vasques, P. y. (2009). El cultivo de papa en el Ecuador. 12-19.
- Villafuerte, O. (2010). Requerimientos edafoclimaticos de la papa. Recuperado el 5 de Junio de 2018, de http://www.agroancash.gobblie/articulos/aip2010/temas/reg_edafoclimaticos.htm
- Lugo-Soto, M., Jiménez, C., Molina, F., & González, J. (2013). Efecto de *Trichoderma harzianum* y humus líquido en el establecimiento vegetativo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. *Zootecnia Tropical*, 31(1), 24-34.
- Infante, D., Martínez, B., González, N., & Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de protección vegetal*, 24(1), 14-21.

ucía Torres¹, Arturo Taipei¹ y Jorge Andrade-Piedra. (2011). MANEJO DE LANCHA.

Recolectado de : <https://cipotato.org/papaenecuador/manejo-de-lancha/#1508212095911-68a35de1-a047>

Guigón-López, C., Guerrero-Prieto, V., Vargas-Albores, F., Carvajal-Millán, E., Ávila-Quezada, G. D., Bravo-Luna, L., ... & Lorito, M. (2010). Identificación molecular de cepas nativas de *Trichoderma* spp. su tasa de crecimiento in vitro y antagonismo contra hongos fitopatógenos. *Revista mexicana de fitopatología*, 28(2), 87-96.

Sánchez-García, B. M., Espinosa-Huerta, E., Villordo-Pineda, E., Rodríguez-Guerra, R., & Mora-Avilés, M. A. (2017). Identificación molecular y evaluación antagónica in vitro de cepas nativas de *Trichoderma* spp. sobre hongos fitopatógenos de raíz en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Montcalm. *Agrociencia*

Rodríguez, M. C. V., & Hernández-Chaverri, R. A. (2020). Crecimiento de *Trichoderma* en rastrojo de piña para obtener esporas para uso agrícola. *Agronomía Mesoamericana*, 597-608.

Pazmiño, J. (2008). COMPORTAMIENTO DE LA SECCIÓN LASÍOCARPA DEL GÉNERO *SOLANUM* A LA PATOGENICIDAD DE *Phytophthora infestans* EN ECUADOR.

Punina, E. (2013). EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) C.V. “FRIPAPA” A LA APLICACIÓN DE TRES ABONOS COMPLETOS. Tesis Universidad Técnica de Ambato.

Cauca, E. (2012). COMBATE DE TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans*) CON ACTIVADORES DE DEFENSAS NATURALES EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) c.v. SUPERCHOLA. Tesis Universidad Técnica de Ambato.

Manya, J. (2021). DETERMINACIÓN DE LA CADENA DE COMERCIALIZACIÓN DE TRES VARIEDADES DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM*) EN LA PARROQUIA DE MACHACHI, CANTÓN MEJÍA PROVINCIA DE PICHINCHA. Tesis Universidad Técnica de Cotopaxi.

- Infante, D., Martínez, B., González, N., Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de protección vegetal*, 24(1), 14-21.
- Bustamante Gavilanes, A. E. (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 (Master's thesis).
- Espinoza Galeano, R. J., & Aragón Lugo, J. F. (2007). Manejo de tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) en el cultivo de papa cv calwhite en época de apante en la zona de Tisey, Esteli. 2007 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador. Editorial Abya Yala.
- Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(1), 98-112.
- Companioni González, B., Domínguez Arizmendi, G., & García Velasco, R. (2019). *Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Biotecnología Vegetal*, 19(4), 237-248.