



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE BRÓCOLI EN DOS
VARIEDADES DE (WHALMAN 29 Y GREEN SPROUTING CALABRESE) CON LA
APLICACIÓN DE TRES TRICHODERMAS COMERCIALES EN LA PILONERA DEL
GAD MUNICIPAL DE MEJÍA.”**

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

Autor:

Guanopatin Amaguaña Joan Nicolás

Tutor:

Jiménez Jácome Cristian Santiago

Latacunga – Ecuador

Agosto 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Guanopatin Amaguaña Joan Nicolás, con cédula de ciudadanía No. 1726301094, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE BRÓCOLI EN DOS VARIEDADES DE (WHALMAN 29 Y GREEN SPROUTING CALABRESE) CON LA APLICACIÓN DE TRES TRICHODERMAS COMERCIALES EN LA PILONERA DEL GAD MUNICIPAL DE MEJÍA.”** siendo el Ingeniero, Mg Cristian Santiago Jiménez Jácome, tutor del presente trabajo; y, eximo 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 mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 13 de agosto del 2024



Joan Nicolás Guanopatin Amaguaña
C.C: 1726301094

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 **GUANOPATIN AMAGUAÑA JOAN NICOLÁS**, identificado con cédula de ciudadanía **1726301094** 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 Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE BRÓCOLI EN DOS VARIEDADES DE (WHALMAN 29 Y GREEN SPROUTING CALABRESE) CON LA APLICACIÓN DE TRES TRICHODERMAS COMERCIALES EN LA PILONERA DEL GAD MUNICIPAL DE MEJÍA.”**, 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 2020 - marzo 2021

Finalización de la carrera: abril 2024 – agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome, Mg.

Tema grado **“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE BRÓCOLI EN DOS VARIEDADES DE (WHALMAN 29 Y GREEN SPROUTING CALABRESE) CON LA APLICACIÓN DE TRES TRICHODERMAS COMERCIALES EN LA PILONERA DEL GAD MUNICIPAL DE MEJÍA.”**

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:

- a) 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.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) 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, a los 13 días del mes de agosto del 2024.



Joan Nicolás Guanopatin Amaguaña

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

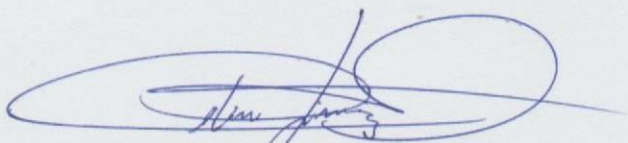
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

"EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE BRÓCOLI EN DOS VARIEDADES (TWHALMAN 29 Y GREEN SPROUTING CALABRESE) CON LA APLICACIÓN DE TRES TRICHODERMAS COMERCIALES EN LA PILONERA DEL GAD MUNICIPAL DE MEJÍA". de Guanopatin Amaguaña Joan Nicolás, 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 ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 13 de agosto del 2024



Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome, Mg.

C.C: 0501946263

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: Guanopatin Amaguaña Joan Nicolás, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE BRÓCOLI EN DOS VARIEDADES (TWHALMAN 29 Y GREEN SPROUTING CALABRESE) CON LA APLICACIÓN DE TRES TRICHODERMAS COMERCIALES EN LA PILONERA DEL GAD MUNICIPAL DE MEJÍA”**, 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 grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

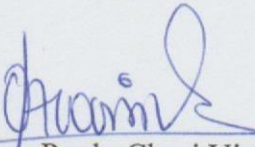
Latacunga, 13 de agosto del 2024


Ing. Mg. Toapanta Diana Elizabeth
C.C: 1002749800

LECTOR 1 (PRESIDENTE)


Ing. Mg. Chancusig Edwin Marcelo PhD.
C.C: 0501148837

LECTOR 2 (MIEMBRO)


Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.

CC: 0502409725

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su amor incondicional, por enseñarme el valor de la humildad, por cada esfuerzo y sacrificio que realizaron por mí, por estar siempre a mi lado. Su apoyo constante y sus palabras de aliento me han dado la fuerza para superar cada desafío en este camino, les estaré eternamente agradecido por todo.

A María José y a mi hermano, por estar siempre a mi lado, siendo una fuente constante de alegría y motivación. Su compañía me ha dado la energía necesaria para seguir adelante. Gracias por su apoyo incondicional y por compartir este camino conmigo.

A mi abuelita y a mis primos, por ser un ejemplo de superación en este largo camino que he recorrido. Su fortaleza y perseverancia me han inspirado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Gracias por su apoyo, su cariño, y por siempre creer en mí. Este logro es también el reflejo de los valores que me han inculcado.

A mis tíos, por su apoyo constante y por ser un ejemplo de esfuerzo y dedicación. Su amor y sus consejos me han guiado en este camino, y su confianza en mí me ha dado la fuerza para superar los desafíos. Gracias por estar siempre presentes, por el ánimo brindando y por ser una parte fundamental en mi vida.

A mis amigos, Francisco, Pablo, Cristian, Wendy, Juli, Karen, Stefania y a mi novia Odalis, por su amistad y apoyo durante este camino. Gracias por estar ahí en los momentos difíciles y por hacer este viaje más ameno y significativo. Este logro también es de todos nosotros.

Joan Nicolás Guanopatin Amaguaña

DEDICATORIA

A mi padre, un hombre cuya humildad, sencillez y alegría son un ejemplo para todos. Su esfuerzo inquebrantable, trabajando de domingo a domingo, nos ha dado todo lo que tenemos y mucho más. Papá, este logro es una forma de agradecerte por todo lo que haces por nosotros y por ser siempre nuestra mayor fuente de inspiración. Sin olvidarme de mi madre, que con una fortaleza y determinación me ha guiado a ser la persona que soy, te has levantado de madrugada a prepararme el desayuno con cariño cada día, asegurándote de que siempre estuviera listo para enfrentar el mundo. Mamá, este logro es un testimonio de tu esfuerzo y amor incondicional. Gracias por todo lo que has hecho por mí.

A mi hermano, quien es la fuente de mi felicidad y mi razón de ser. Tu presencia en mi vida me da una alegría inmensa y un propósito constante para superar cualquier desafío. Gracias por ser el apoyo incondicional y la inspiración que necesito para seguir adelante. También a mi abuelita, por estar siempre a mi lado y siempre extenderme su mano con tanto cariño. Tu presencia constante y tu generosidad han sido un pilar fundamental en mi vida. Gracias por tu afecto constante y por hacer cada día más especial con tu cuidado y dedicación.

Que dios nos brinde salud y vida para seguir cada día juntos.

Joan Nicolás Guanopatin Amaguaña

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE BRÓCOLI EN DOS VARIEDADES DE (WHALMAN 29 Y GREEN SPROUTING CALABRESE) CON LA APLICACIÓN DE TRES TRICHODERMAS COMERCIALES EN LA PILONERA DEL GAD MUNICIPAL DE MEJÍA.”

AUTOR:
Guanopatin Amaguaña Joan Nicolás

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la producción de plántulas de brócoli de dos variedades (Whalman 29 y Green Sprouting Calabrese) mediante la aplicación de tres Trichodermas comerciales en la pilonera del GAD Municipal de Mejía. El problema planteado fue la incidencia de enfermedades causadas por hongos del suelo y el enraizamiento deficiente en la producción de brócoli, lo cual afecta su productividad y sostenibilidad. La metodología empleada fue mixta, combinando un diseño experimental de campo con observaciones cualitativas y entrevistas. Se utilizaron 32 unidades experimentales con un diseño de bloques completos al azar y arreglo factorial 4x2, incluyendo tres Trichodermas comerciales, un testigo y dos variedades de brócoli. Se evaluaron variables como porcentaje de germinación, altura, volumen y diámetro de la raíz, y número de hojas. Los principales resultados indicaron que la variedad Whalman 29 y el Trichoderma comercial Trichobe presentaron la mejor producción de plántulas, con mejoras en altura, número de hojas y desarrollo radicular. El estudio concluyó que el uso de Trichoderma, específicamente Trichobe, puede ser una estrategia efectiva para mejorar la producción de plántulas de brócoli, promoviendo un mayor crecimiento y resistencia a enfermedades, lo que podría traducirse en una mayor productividad y sostenibilidad del cultivo en la región.

Palabras clave: Brócoli, Trichoderma, plántulas, enraizamiento, enfermedades, biocontrol.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ADMINISTRATIVE AND ECONOMIC SCIENCES**

**THEME : "EVALUATION OF BROCCOLI SEEDLING PRODUCTION IN TWO
VARIETIES OF BROCCOLI (WHALMAN 29 AND GREEN SPROUTING
CALABRESE) WITH THE APPLICATION OF THREE COMMERCIAL
TRICHODERMAS IN THE PYLON OF THE MUNICIPAL GOVERNMENT OF
MEJÍA."**

AUTHOR:

Guanopatín Amaguaña Joan Nicolás

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the production of broccoli seedlings of two varieties (Whalman 29 and Green Sprouting Calabrese) through the application of three commercial Trichodermas in the pylon of the GAD Municipal de Mejía. The problem posed was the deficient rooting in broccoli production, which affects its productivity and sustainability. The methodology used was mixed, combining a field experimental design with qualitative observations. Thirty-two experimental units were used with a randomized complete block design and 4x2 factorial arrangement, including three commercial Trichodermas, a control and two broccoli varieties. Variables such as germination percentage, height, root volume and diameter, and number of leaves were evaluated. The main results indicated that the Whalman 29 variety and the commercial Trichoderma Trichobe showed the best seedling production, with improvements in height, number of leaves and root development. The study concluded that the use of Trichoderma, specifically Trichobe, can be an effective strategy to improve broccoli seedling production, promoting greater growth and disease resistance, which could translate into greater productivity and sustainability of the crop in the region.

Key words: broccoli, Trichoderma, seedlings, rooting, soil diseases, biocontrol.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN 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
<i>AGRADECIMIENTO</i>	vii
<i>DEDICATORIA</i>	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
1 INFORMACIÓN GENERAL	1
2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	4
5 OBJETIVOS:.....	8
5.1 General.....	8
6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	8
7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	9
7.1 Cultivo de brócoli	9
7.1.1 Requerimientos agronómicos	10
7.1.2 Etapas fenológicas	11
7.1.3 Producción de plántulas en bandejas de germinación	12
7.2 Producción de plántulas de brócoli	13

7.2.1	Tipos de bandejas	16
7.2.2	Tipos de invernaderos.....	19
7.3	Enfermedades del brócoli causadas por hongos del suelo	22
7.3.1	Fusarium oxysporum	23
7.3.2	Rhizoctonia solani	24
7.3.3	Pythium spp.	26
7.3.4	Manejo integrado de enfermedades.....	26
7.4	Trichoderma como biocontrolador	27
7.4.1	Uso en la agricultura.....	29
8	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	29
8.1	Hipótesis nula.....	29
8.2	Hipótesis alternativa.....	30
9	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	30
9.1	Ubicación de la investigación	30
9.2	Tipo de investigación.....	31
9.3	Modalidad de la investigación.	31
9.3.1	Campo.....	31
9.3.2	Registro de datos.	31
9.3.3	Análisis de datos.....	31
9.4	Diseño experimental	31
9.3.2.	Tratamientos	32
9.3.3.	Esquema del experimento.....	32
9.4.1	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	34
9.4.2	Procedimiento experimental	34
9.5	VARIABLES A EVALUAR.....	35
	• Porcentaje de germinación.....	35
	• Altura de la planta cotiledón	35

•	Altura completa de la planta	35
•	Numero de hojas	35
•	Longitud de la raíz	35
•	Volumen de la raíz	35
9.5.1	Equipos.	35
9.5.2	Materiales.	36
10	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	36
10.1	Indicadores agronómicos.....	36
10.1.1	Porcentaje de germinación.....	36
10.1.2	Altura del cotiledón.	37
10.1.3	Altura de la planta.....	40
10.1.4	Volumen de la raíz.....	42
10.1.5	Diámetro de la Raíz	44
10.1.6	Número de Hojas	46
10.2	Discusión de resultados.....	49
11	IMPACTOS	50
11.1	Impacto técnico	50
11.2	Impacto ambiental	50
12	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	50
13	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
13.1	Conclusiones	51
13.2	Recomendaciones.....	51
14	BIBLIOGRAFÍA	52
15.	ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación de la investigación: Pilonera GAD cantón Mejía</i>	30
Figura 2. <i>Esquema del ensayo</i>	33
Figura 3. <i>Croquis de campo</i>	33
Figura 2. <i>Porcentaje de germinación de las semillas de brócoli</i>	36
Figura 3. <i>Altura del cotiledón del brócoli</i>	37
Figura 4. <i>Altura de la planta de brócoli</i>	40
Figura 5. <i>Volumen de la raíz de brócoli</i>	42
Figura 6. <i>Diámetro de la raíz de brócoli</i>	44
Figura 7. <i>Número de Hojas del Brócoli</i>	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Esquema de ADEVA</i>	32
Tabla 2. <i>Tratamientos y códigos</i>	32
Tabla 2. <i>ANOVA para la variable de porcentaje de germinación del brócoli</i>	37
Tabla 3. <i>ANOVA para la variable de altura del cotiledón: 7,14,21,28,35 y 42 días</i>	38
Tabla 5. <i>Prueba de Tuckey para la de altura del cotiledón: 7, 14,21,28,35 y 42 días</i>	39
Tabla 4. <i>ANOVA para la variable de altura del cotiledón: 7,14,21,28, 35 y 42 días</i>	41
Tabla 5. <i>Prueba de Tuckey para la variedad de brócoli en la variable de altura:7,14,21,28,35 y 42 días</i>	42
Tabla 6. <i>Prueba de Tuckey para la concentración de Trichoderma en la variable de altura: 7,14,21,28,35 y 42 días</i>	42
Tabla 7. <i>ANOVA para la variable Volumen de Raíz</i>	43
Tabla 8. <i>Prueba de Tuckey para la variedad de brócoli en la variable volumen de raíz</i>	44
Tabla 9. <i>Prueba de Tuckey para la concentración de Trichoderma en la variable volumen de raíz</i>	44
Tabla 10. <i>ANOVA para la variable Volumen de Raíz</i>	45

Tabla 11. Prueba de Tuckey para la concentración de Trichoderma en la variable diámetro de raíz.....	46
Tabla 12. ANOVA para la variable Número de Hojas del Brócoli: 7,14,21,28,35 y 42 días .	47
Tabla 13. Prueba de Tuckey para la concentración de Trichoderma en la variable número de hojas: 7, 35 y 42 días.....	48
Tabla 25.	50

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Evaluación de la producción de plántulas de brócoli en dos variedades de (Whalman 29 y Green sprouting calabrese) con la aplicación de tres trichodermas comerciales en la pilonera del GAD Municipal de Mejía.

Fecha de inicio:

ABRIL 2024

Fecha de finalización:

AGOSTO 2024

Lugar de ejecución:

Cantón Mejía, provincia de Pichincha, GAD Municipal del cantón Mejía

Facultad que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi

Carrera que auspicia:

Agronomía

Proyecto de vinculación asociado:

Proyecto de vinculación de la carrera de agronomía "Semillas de la esperanza"

Responsable del proyecto:

Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome, Mg.

Equipo de Trabajo:

Ing. Toapanta Diana Elizabeth

Ing. Chancusig Edwin Marcelo PhD

Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, MG.

Guanopatín Amaguaña Joan Nicolás

Coordinador del Proyecto:

Nombre: Guanopatin Amaguaña Joan Nicolás

Teléfonos: 0967440993

Correo electrónico:

(Se adjunta hoja de vida resumida con su firma en anexos)

Área de Conocimiento:

Agricultura- agricultura, silvicultura, Horticultura y jardinería

Línea de investigación:

Procesos tecnológicos bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria

Sublíneas de investigación:

Tecnología para la agricultura

2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La producción de brócoli en el cantón Mejía enfrenta desafíos significativos en términos de sostenibilidad y productividad. El uso intensivo de agroquímicos, aunque efectivo en el corto plazo, ha generado preocupación por sus impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana. Además, las condiciones climáticas variables pueden afectar el enraizamiento y desarrollo de las plántulas de brócoli en bandejas de germinación, lo que a su vez repercute en la producción final.

A pesar de su potencial, la aplicación de Trichoderma en la producción de brócoli en bandejas de germinación no ha sido ampliamente estudiada en el cantón Mejía. Existen diversas presentaciones comerciales de este hongo, cada una con formulaciones y concentraciones específicas, y su eficacia puede variar dependiendo de la variedad de brócoli utilizada. Además, la dosis óptima de aplicación puede diferir según las condiciones locales y las características del cultivo.

Por lo tanto, este estudio se justifica por la necesidad de generar conocimiento específico sobre el uso de Trichoderma en la promoción del enraizamiento de las plántulas de brócoli en bandejas de germinación en Mejía. Evaluar la eficacia de tres presentaciones comerciales de este hongo en dos variedades de brócoli cultivadas en el cantón, y determinar la dosis óptima para cada presentación, proporcionará información valiosa para los productores locales. Esta información les permitirá tomar decisiones informadas sobre la incorporación de Trichoderma en sus prácticas agrícolas, optimizando el uso de este biocontrolador y maximizando sus beneficios.

Los resultados de este estudio tendrán un impacto directo en la producción de brócoli en Mejía. Al identificar la presentación y dosis de Trichoderma más efectiva

para cada variedad de brócoli, se podrán diseñar estrategias de manejo del enraizamiento más eficientes y sostenibles en bandejas de germinación. Esto se traducirá en una mejora del enraizamiento y vigor de las plántulas, un mayor rendimiento y, en última instancia, una mejora en la productividad y rentabilidad de los cultivos de brócoli.

Además, este estudio contribuirá a la promoción de la agricultura sostenible en el cantón Mejía. Al fomentar el uso de biocontroladores como *Trichoderma*, se reducirá la dependencia de agroquímicos, lo que tendrá un impacto positivo en la salud y la biodiversidad del entorno de producción. Asimismo, se fortalecerá la capacidad de los productores locales para adoptar prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente, lo que contribuirá a la conservación de los recursos naturales y a la construcción de un sistema alimentario más sostenible.

Los beneficiarios directos de este estudio serán los productores de brócoli de Mejía, quienes contarán con información científica para tomar decisiones informadas sobre el uso de *Trichoderma* en sus cultivos. Esto les permitirá mejorar el enraizamiento de sus plántulas, reducir los costos de producción y aumentar su competitividad en el mercado. A largo plazo, esto se traducirá en mejores ingresos para los productores y sus familias, contribuyendo al desarrollo económico y social del cantón.

El GAD Municipal de Mejía también se beneficiará de este estudio. Los resultados obtenidos servirán como base para el desarrollo de programas de capacitación y asistencia técnica dirigidos a los productores de brócoli. Estos programas podrán abordar temas como la selección de la presentación y dosis adecuada de *Trichoderma*, las técnicas de aplicación y las estrategias de manejo del enraizamiento. De esta manera, se fortalecerá la capacidad de los productores locales para adoptar prácticas agrícolas sostenibles y se promoverá la innovación en el sector agrícola del cantón.

Los consumidores de brócoli también se verán beneficiados por este estudio. Al mejorar la calidad y la seguridad de las plántulas de brócoli, se garantizará la producción de alimentos más saludables y libres de residuos de agroquímicos. Esto contribuirá a mejorar la salud y el bienestar de la población, especialmente en lo

que respecta a la prevención de enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación.

3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Beneficiarios directos:

- **La Universidad Técnica de Cotopaxi:** Serán los principales beneficiarios, ya que obtendrán información relevante y aplicable para mejorar sus prácticas de cultivo en bandejas de germinación, enfocándose en el enraizamiento de las plántulas. Esto les permitirá aumentar la calidad de sus plántulas, reducir las pérdidas por problemas de enraizamiento y, en última instancia, incrementar su productividad y rentabilidad.

Beneficiarios indirectos:

- **Consumidores de brócoli:** Se beneficiarán al tener acceso a productos de mayor calidad, más saludables y producidos de manera sostenible, con menor uso de agroquímicos.
- **GAD Municipal de Mejía:** El gobierno local se beneficiará al contar con datos científicos que respalden la toma de decisiones en políticas agrícolas y programas de desarrollo rural. Podrá diseñar estrategias de capacitación y asistencia técnica más efectivas para los productores, fomentando la adopción de prácticas sostenibles y mejorando la competitividad del sector agrícola local.

4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

La producción de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) en el cantón Mejía, provincia de Pichincha, Ecuador, se enfrenta a desafíos significativos que afectan su productividad y sostenibilidad. Uno de los principales problemas es la incidencia de enfermedades causadas por patógenos del suelo, como *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Pythium* spp., que pueden provocar pérdidas considerables en la etapa de germinación y plántula. Estudios previos en la región han reportado pérdidas de hasta el 30% en la producción de brócoli debido a estas enfermedades (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022).

En este contexto, la búsqueda de alternativas sostenibles y eficaces para el control de enfermedades en la producción de brócoli se vuelve crucial. El hongo *Trichoderma*, un biocontrolador ampliamente estudiado y utilizado en la agricultura, ha demostrado ser una herramienta prometedora para el manejo de patógenos del suelo y la promoción del crecimiento vegetal. Diversas investigaciones han reportado la capacidad de *Trichoderma* para inhibir el crecimiento de *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Pythium* spp., así como para mejorar la germinación, el vigor y la resistencia de las plántulas a enfermedades (Harman et al., 2004; Lorito et al., 2010).

Sin embargo, la aplicación de *Trichoderma* en la producción de brócoli en Mejía aún no ha sido ampliamente explorada. Existen diversas presentaciones comerciales de este hongo, cada una con formulaciones y concentraciones específicas, y su eficacia puede variar dependiendo de la variedad de brócoli utilizada y las condiciones ambientales locales. Además, la dosis óptima de aplicación puede diferir según la etapa de desarrollo del cultivo y la presión de la enfermedad (Calla, 2022).

La producción de brócoli en el cantón Mejía, al igual que en otras regiones, enfrenta desafíos cruciales en la etapa de germinación y desarrollo de las plántulas. Uno de los problemas más recurrentes es el enraizamiento deficiente, que puede manifestarse de diversas formas:

- **Raíces débiles y poco desarrolladas:** Esto limita la capacidad de la planta para absorber agua y nutrientes, lo que resulta en un crecimiento lento y una menor producción.
- **Mayor susceptibilidad a enfermedades:** Las plántulas con raíces débiles son más vulnerables a patógenos del suelo, como *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Pythium* spp., que pueden causar pérdidas significativas en la producción.
- **Problemas de adaptación al trasplante:** Un enraizamiento deficiente dificulta la adaptación de las plántulas al campo, aumentando el riesgo de estrés y mortalidad tras el trasplante.

Este problema de enraizamiento puede atribuirse a varios factores, incluyendo:

- **Mal uso de sustratos:** La calidad y composición del sustrato utilizado en las bandejas de germinación pueden afectar el desarrollo de las raíces. Sustratos inadecuados pueden tener una estructura deficiente, baja capacidad de retención de agua y nutrientes, o estar contaminados con patógenos.
- **Enfermedades por malnutrición:** La falta o el desequilibrio de nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, pueden debilitar las raíces y hacerlas más susceptibles a enfermedades.
- **Problemas con enraizantes biológicos:** Aunque los enraizantes biológicos a base de microorganismos benéficos, como *Trichoderma*, pueden promover el crecimiento de las raíces, su uso inadecuado (dosis incorrectas, aplicación en momentos inadecuados) puede resultar ineficaz o incluso perjudicial (Arratia et al., 2022).

Actualmente, los productores de brócoli en Mejía utilizan diversos productos para estimular el enraizamiento, como hormonas sintéticas (auxinas), extractos de algas y enraizantes biológicos a base de *Trichoderma*. Sin embargo, la eficacia de estos productos puede variar dependiendo de la variedad de brócoli, las condiciones ambientales y las prácticas de manejo. Además, algunos de estos productos pueden tener costos elevados o requerir conocimientos técnicos para su aplicación correcta.

El problema del enraizamiento deficiente en la producción de brócoli en Mejía tiene una gran relevancia, ya que puede comprometer la calidad de las plántulas y, en consecuencia, la productividad y rentabilidad de los cultivos. Si no se logra un buen desarrollo y fortalecimiento de las raíces en la etapa inicial, las plántulas serán más susceptibles a enfermedades, tendrán un menor crecimiento y producirán cabezas de menor calidad y tamaño (Blanco y Arragan, 2020).

Además, el enraizamiento deficiente puede aumentar los costos de producción debido a la necesidad de replantar plántulas muertas o enfermas, así como al mayor uso de fungicidas para controlar las enfermedades. A largo plazo, esto puede afectar la sostenibilidad de la producción de brócoli en la región.

Por lo tanto, es fundamental investigar alternativas eficaces y sostenibles para mejorar el enraizamiento de las plántulas de brócoli en Mejía. La evaluación de

diferentes presentaciones de *Trichoderma* y la determinación de la dosis óptima para cada variedad de brócoli podría proporcionar a los productores una herramienta valiosa para fortalecer las raíces de sus plántulas, reducir las pérdidas por enfermedades y mejorar la calidad y el rendimiento de sus cultivos.

En este sentido, se plantea el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es la eficacia de tres presentaciones comerciales de *Trichoderma* (T1, T2 y T3) para un buen enraizamiento y la promoción del crecimiento de dos variedades de brócoli (V1 y V2) en bandejas de germinación en el cantón Mejía?

Este problema de investigación se enmarca en un contexto micro, ya que se enfoca en la producción de brócoli en un cantón específico de Ecuador. Sin embargo, los resultados de esta investigación pueden tener implicaciones a nivel meso (provincial o regional) y macro (nacional), ya que pueden contribuir a la generación de conocimiento sobre el uso de *Trichoderma* en la agricultura y a la promoción de prácticas agrícolas más sostenibles en el país.

La presente investigación busca responder a las siguientes preguntas específicas:

- ¿Cuál de las tres presentaciones comerciales de *Trichoderma* (T1, T2 y T3) es más efectiva para un perfecto enraizamiento en piloneras?
- ¿Cuál es la dosis óptima de cada presentación comercial de *Trichoderma* (T1, T2 y T3) para lograr el mejor control en la promoción del crecimiento en las dos variedades de brócoli (V1 y V2)?
- ¿Cuál *trichoderma* es más viable para o eficiente para la investigación?

Al responder a estas preguntas, esta investigación contribuirá a generar conocimiento científico relevante para la producción de brócoli en Mejía y a promover el uso de prácticas agrícolas más sostenibles en el cantón.

5 OBJETIVOS:

5.1 General

Evaluar la producción de plántulas de brócoli de las variedades Whalman 29 y Green Sprouting Calabrese con la aplicación de tres Trichodermas comerciales en la pilonera del GAD municipal de Mejía.

5.2. Específicos

- 1 Evaluar el comportamiento agronómico de las variedades de brócoli (Whalman 29 y Green Sprouting).
- 2 Determinar el volumen y el diámetro de las raíz de las plántulas de brócoli.

6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Evaluar el comportamiento agronómico de las variedades de brócoli (Whalman 29 y Green Sprouting).	Selección de las mejores variedades de brócoli.	Realizar una revisión bibliográfica de estudios previos y publicaciones científicas sobre las variedades de brócoli más utilizadas y su respuesta a la aplicación con Trichoderma.	Obtenemos las mejores variedades de brócoli para la investigación.
	Preparación y medición experimental de las dos variedades de brócoli.	Recolección de datos de altura, altura cotiledónea y número de hojas, mediante ayuda de una hoja de campo y una cinta métrica.	Datos comparativos de las variedades de brocoli.
	Monitoreo del desarrollo y crecimiento de 50 plántulas de brócoli.	Observación y registro de las variables.	Datos sobre el desarrollo de las plántulas y su correlación con las aplicaciones

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
			de las tres <i>trichodermas</i> .
Determinar el volumen y el diámetro de la raíz de las plántulas de brócoli.	Selecciónanos las 15 mejores plántulas de brócoli.	Se retiran de las bandejas las 15 mejores plantas.	Obtenemos las mejores plántulas para la toma de datos.
	Recolección de datos del diámetro de la raíz de las dos variedades de brócoli.	Con ayuda de una cinta métrica tomamos los datos, justamente desde la base de la raíz, hasta el final de la raíz principal.	Datos comparativos del diámetro de las raíces de las dos variedades, en función con las aplicaciones de <i>trichoderma</i> .
	Toma de datos del volumen de la raíz de las dos variedades de brocoli.	Con ayuda de una probeta llena de agua sumergimos la raíz y tomamos los datos marcados.	Datos para la comparación del volumen de la raíz en las dos variedades con la influencia de las tres <i>Trichodermas</i> .

7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Cultivo de brócoli

El brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*), perteneciente a la familia Brassicaceae, es una hortaliza de gran importancia a nivel mundial debido a su valor nutricional y económico. Originario del Mediterráneo oriental, este cultivo se ha expandido a diversas regiones del mundo gracias a su adaptabilidad a diferentes condiciones

climáticas y su demanda creciente por parte de los consumidores (Blanco y Arragan, 2020).

El brócoli es una hortaliza de alto valor comercial, tanto para el consumo fresco como para la industria de procesamiento. Su demanda ha experimentado un crecimiento sostenido en las últimas décadas debido a sus propiedades nutricionales y a la creciente conciencia de los consumidores sobre la importancia de una alimentación saludable (Calla, 2022).

Desde el punto de vista nutricional, el brócoli es una excelente fuente de vitaminas, minerales y fibra dietética. Destaca su contenido en vitamina C, vitamina K, ácido fólico y potasio, así como su aporte de compuestos bioactivos como glucosinolatos e isotiocianatos, que han demostrado tener propiedades anticancerígenas y antioxidantes (Curay y Lascano, 2024).

En Ecuador, el brócoli es un cultivo de importancia económica en varias provincias, incluyendo Pichincha, donde se encuentra el cantón Mejía. Según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2023), la producción de brócoli en Pichincha alcanzó las 15.000 toneladas en el año 2022, representando un 20% de la producción nacional. El cantón Mejía, con sus condiciones agroecológicas favorables, contribuye significativamente a esta producción, generando ingresos para los agricultores locales y abasteciendo los mercados nacionales e internacionales.

7.1.1 Requerimientos agronómicos

El brócoli es un cultivo de clima templado a frío, que se desarrolla mejor en temperaturas entre 15 y 20°C. Aunque puede tolerar temperaturas más bajas, su crecimiento se ralentiza y la calidad de la inflorescencia (cabeza) se ve afectada. Por otro lado, temperaturas superiores a 25°C pueden provocar un desarrollo prematuro de la inflorescencia y una disminución en su calidad. En cuanto al suelo, el brócoli prefiere suelos francos o franco-arenosos, bien drenados, con un pH entre 6 y 7. Es importante que el suelo tenga una buena fertilidad y un alto contenido de materia orgánica, ya que este cultivo es exigente en nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio (Sarmiento et al., 2023).

El manejo del cultivo de brócoli incluye prácticas como la preparación del suelo, la siembra, el riego, la fertilización, el control de malezas, plagas y enfermedades, y la cosecha. La preparación del suelo debe asegurar una buena estructura y aireación, así como la eliminación de residuos de cultivos anteriores. La siembra puede realizarse directamente en el campo o mediante la producción de plántulas en bandejas de germinación, que luego se trasplantan al campo (Cuesta y Fusari, 2022).

El riego debe ser regular y suficiente para mantener la humedad del suelo, especialmente en las etapas de crecimiento vegetativo y formación de la inflorescencia. La fertilización debe ser balanceada y ajustada a las necesidades del cultivo, considerando el análisis de suelo y las recomendaciones técnicas. El control de malezas, plagas y enfermedades es fundamental para asegurar una buena producción y calidad del brócoli.

7.1.2 Etapas fenológicas

El ciclo de cultivo del brócoli se divide en varias etapas fenológicas, cada una con requerimientos específicos:

1. **Germinación:** Las semillas de brócoli germinan en un período de 5 a 10 días, dependiendo de la temperatura y la humedad del suelo.
2. **Desarrollo vegetativo:** Durante esta etapa, la planta desarrolla hojas y raíces, acumulando reservas para la formación de la inflorescencia.
3. **Inducción floral:** La planta recibe señales ambientales (temperatura y fotoperíodo) que inducen la formación de la inflorescencia.
4. **Desarrollo de la inflorescencia:** La inflorescencia (cabeza) se forma a partir del meristemo apical, creciendo y madurando hasta alcanzar el tamaño y la calidad deseada para la cosecha.
5. **Cosecha:** La cosecha se realiza cuando la inflorescencia ha alcanzado su máximo tamaño y antes de que los botones florales comiencen a abrirse (Murillo y Giraldo, 2023).

7.1.3 Producción de plántulas en bandejas de germinación

La producción de plántulas en bandejas de germinación es una práctica común en el cultivo de brócoli, ya que permite un mayor control de las condiciones ambientales y una mejor calidad de las plántulas. Este sistema consiste en sembrar las semillas en bandejas con un sustrato adecuado, mantenerlas en un ambiente protegido (invernadero o túnel) y trasplantarlas al campo cuando alcanzan el tamaño adecuado.

Las ventajas de este sistema incluyen:

- **Mayor uniformidad de las plántulas:** Al controlar las condiciones ambientales, se logra una germinación y un desarrollo más uniforme de las plántulas.
- **Menor tiempo de permanencia en el campo:** Al trasplantar plántulas ya desarrolladas, se reduce el tiempo de ocupación del suelo y se pueden realizar varias cosechas al año.
- **Mayor eficiencia en el uso de semillas:** Se requiere una menor cantidad de semillas en comparación con la siembra directa.
- **Mejor control de enfermedades:** Al utilizar sustratos desinfectados y ambientes protegidos, se reduce el riesgo de enfermedades en las plántulas (Pallo y Guangatal, 2022).

Sin embargo, la producción de plántulas en bandejas de germinación también presenta algunas desventajas:

- **Mayor costo inicial:** Requiere inversión en infraestructura (invernaderos o túneles) y materiales (bandejas, sustrato).
- **Mayor demanda de mano de obra:** El trasplante de las plántulas al campo requiere más mano de obra que la siembra directa.
- **Riesgo de estrés por trasplante:** Las plántulas pueden sufrir estrés durante el trasplante, lo que puede afectar su crecimiento y desarrollo (Blanco y Arragan, 2020).

A pesar de estas desventajas, la producción de plántulas en bandejas de germinación se ha convertido en una práctica ampliamente utilizada en el cultivo de brócoli, especialmente en sistemas de producción intensivos y tecnificados. La calidad de las plántulas producidas en este sistema es fundamental para asegurar un buen establecimiento del cultivo en el campo y una alta productividad (Curay y Lascano, 2024).

7.2 Producción de plántulas de brócoli

La producción de brócoli en el cantón Mejía, al igual que en muchas otras regiones agrícolas, ha adoptado el sistema de piloneras como una práctica común para la obtención de plántulas. Este método, que consiste en sembrar las semillas en áreas especialmente preparadas del suelo, ofrece ventajas significativas en términos de eficiencia, manejo y calidad de las plántulas (Chávez y Canchignia, 2022).

Ventajas del Uso de Piloneras

El sistema de piloneras presenta varios beneficios para los productores de brócoli en Mejía:

1. **Menor costo inicial:** A diferencia de las bandejas de germinación, que requieren inversión en infraestructura y materiales, las piloneras son más económicas de establecer, ya que se aprovechan recursos disponibles en la finca, como suelo y agua.
2. **Mayor adaptación al campo:** Las plántulas producidas en piloneras suelen mostrar una mayor resistencia al estrés del trasplante, ya que sus raíces se desarrollan en contacto directo con el suelo y están más adaptadas a las condiciones del campo.
3. **Mayor disponibilidad de nutrientes:** En piloneras, las plántulas tienen acceso a una mayor cantidad y diversidad de nutrientes presentes en el suelo, lo que favorece su crecimiento y desarrollo.
4. **Manejo más sencillo:** El manejo de las piloneras suele ser más sencillo que el de las bandejas de germinación, ya que requiere menos insumos y mano de obra especializada (Sarmiento et al., 2023).

Preparación y Manejo de Piloneras

La preparación y el manejo adecuado de las piloneras son fundamentales para asegurar la calidad de las plántulas de brócoli:

1. **Selección del sitio:** Se debe elegir un área con buen drenaje, exposición solar adecuada y suelo fértil. Es importante evitar zonas con historial de enfermedades del suelo.
2. **Preparación del suelo:** El suelo debe ser labrado y nivelado para facilitar la siembra y el manejo de las plántulas. Se recomienda incorporar materia orgánica para mejorar la estructura y fertilidad del suelo.
3. **Desinfección del suelo:** Para prevenir enfermedades, es recomendable desinfectar el suelo antes de la siembra mediante métodos como la solarización o la aplicación de productos biológicos.
4. **Siembra:** Las semillas se siembran a una profundidad de 0.5 a 1 cm, manteniendo una distancia adecuada entre ellas para evitar la competencia por recursos. La densidad de siembra puede variar según la variedad de brócoli.
5. **Riego:** El riego debe ser regular y suficiente para mantener la humedad del suelo, especialmente en las etapas de germinación y desarrollo inicial de las plántulas.
6. **Control de malezas:** Es importante mantener las piloneras libres de malezas, que pueden competir con las plántulas por agua, nutrientes y luz.
7. **Control de plagas y enfermedades:** Se debe implementar un programa de manejo integrado de plagas y enfermedades para proteger las plántulas de posibles daños (Rodríguez et al., 2023).

Desafíos en la Producción de Plántulas en Piloneras

A pesar de sus ventajas, la producción de plántulas en piloneras también presenta algunos desafíos:

- **Mayor riesgo de enfermedades:** Aunque la desinfección del suelo puede reducir el riesgo de enfermedades, las piloneras están más expuestas a

patógenos presentes en el suelo, como *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Pythium* spp.

- **Mayor susceptibilidad a condiciones climáticas adversas:** Las plántulas en piloneras están más expuestas a las variaciones climáticas, como lluvias intensas, heladas o sequías, que pueden afectar su desarrollo.
- **Mayor competencia por recursos:** En piloneras, las plántulas pueden competir entre sí por agua, nutrientes y luz, lo que puede afectar su crecimiento y uniformidad (Calla, 2022).

Estrategias para Optimizar la Producción en Piloneras

Para superar estos desafíos y optimizar la producción de plántulas de brócoli en piloneras, se pueden implementar las siguientes estrategias:

- **Selección de variedades resistentes:** Optar por variedades de brócoli que presenten resistencia o tolerancia a las enfermedades más comunes en la región.
- **Rotación de cultivos:** Evitar el monocultivo de brócoli y rotar con otros cultivos para reducir la acumulación de patógenos en el suelo.
- **Manejo integrado de plagas y enfermedades:** Implementar un programa de manejo integrado que incluya medidas preventivas y curativas, como el uso de biocontroladores y productos químicos autorizados.
- **Fertilización adecuada:** Realizar análisis de suelo y aplicar fertilizantes de acuerdo a las necesidades del cultivo para asegurar un buen desarrollo de las plántulas.
- **Monitoreo constante:** Realizar un seguimiento periódico de las piloneras para detectar tempranamente la presencia de plagas, enfermedades o deficiencias nutricionales, y tomar medidas correctivas a tiempo (Blanco y Arragan, 2020).

7.2.1 Tipos de bandejas

La elección de la bandeja adecuada para la producción de plántulas de brócoli es un factor crucial que puede influir significativamente en el éxito del cultivo. Existen diferentes tipos de bandejas, cada una con características específicas que se adaptan a diferentes necesidades y sistemas de producción.

Bandejas Rígidas

Las bandejas rígidas son las más comunes y utilizadas en la producción de plántulas. Están fabricadas con materiales como poliestireno expandido (EPS), polipropileno (PP) o polietileno de alta densidad (HDPE). Estas bandejas se caracterizan por su durabilidad, resistencia y facilidad de manejo (Zurita y Gutiérrez, 2023).

- **Ventajas:**
 - **Durabilidad:** Las bandejas rígidas tienen una larga vida útil y pueden ser reutilizadas varias veces, lo que reduce los costos de producción.
 - **Resistencia:** Son resistentes a golpes, caídas y cambios de temperatura, lo que facilita su manejo y transporte.
 - **Facilidad de limpieza y desinfección:** Pueden ser fácilmente lavadas y desinfectadas para prevenir la propagación de enfermedades.
 - **Disponibilidad de diferentes tamaños y configuraciones:** Existen bandejas rígidas con diferentes números de celdas y profundidades, lo que permite adaptarlas a las necesidades de cada cultivo y sistema de producción (Shimat y Sanna, 2020).
- **Desventajas:**
 - **Mayor costo inicial:** Las bandejas rígidas suelen ser más costosas que otros tipos de bandejas.

- **Mayor peso:** Su peso puede dificultar el manejo y transporte, especialmente en grandes cantidades.
- **Menor flexibilidad:** No se adaptan fácilmente a cambios en la densidad de siembra.

Bandejas Flexibles o Alvéolos

Las bandejas flexibles, también conocidas como alvéolos, están fabricadas con materiales más blandos y flexibles, como polietileno de baja densidad (LDPE) o poliestireno. Estas bandejas se caracterizan por su bajo costo y facilidad de almacenamiento (Sarmiento et al., 2023).

- **Ventajas:**

- **Bajo costo:** Son más económicas que las bandejas rígidas, lo que las hace atractivas para productores con recursos limitados.
- **Facilidad de almacenamiento:** Al ser flexibles, pueden ser dobladas y almacenadas en espacios reducidos.
- **Ligereza:** Su peso ligero facilita su manejo y transporte.
- **Adaptabilidad:** Pueden ser cortadas y ajustadas a diferentes tamaños y configuraciones.

- **Desventajas:**

- **Menor durabilidad:** Son menos resistentes que las bandejas rígidas y pueden deteriorarse con el uso.
- **Mayor riesgo de daños en las raíces:** Al ser más flexibles, las raíces de las plántulas pueden crecer a través de las paredes de las celdas, lo que puede dificultar el trasplante y dañar las raíces.
- **Menor estabilidad:** Pueden ser menos estables que las bandejas rígidas, lo que puede dificultar su manejo y transporte (Pérez, 2022).

Bandejas Biodegradables

Las bandejas biodegradables están fabricadas con materiales orgánicos, como turba, fibra de coco, papel o almidón. Estas bandejas se caracterizan por su sostenibilidad ambiental, ya que se descomponen naturalmente en el suelo después del trasplante.

- **Ventajas:**

- **Sostenibilidad ambiental:** Al ser biodegradables, no generan residuos plásticos y contribuyen a reducir el impacto ambiental de la producción de plántulas.
- **Mejora de la estructura del suelo:** Al descomponerse, aportan materia orgánica al suelo, mejorando su estructura y fertilidad.
- **Facilidad de trasplante:** Las plántulas pueden ser trasplantadas directamente con la bandeja, lo que reduce el estrés del trasplante y evita daños en las raíces (Calla, 2022).

- **Desventajas:**

- **Mayor costo:** Suelen ser más costosas que las bandejas rígidas y flexibles.
- **Menor durabilidad:** Son menos resistentes que las bandejas rígidas y pueden deteriorarse rápidamente en condiciones de alta humedad.
- **Limitada disponibilidad:** No siempre están disponibles en todos los mercados.

Elección de la Bandeja Adecuada

La elección de la bandeja adecuada para la producción de plántulas de brócoli dependerá de varios factores, como:

- **Sistema de producción:** En sistemas de producción a gran escala, las bandejas rígidas suelen ser la mejor opción debido a su durabilidad y facilidad de manejo. En sistemas de producción más pequeños o con recursos limitados, las bandejas flexibles o biodegradables pueden ser una alternativa más económica y sostenible.

- **Variedad de brócoli:** Algunas variedades de brócoli pueden tener requerimientos específicos en cuanto al tamaño y profundidad de las celdas de la bandeja.
- **Condiciones ambientales:** En climas cálidos y húmedos, las bandejas biodegradables pueden deteriorarse rápidamente, por lo que las bandejas rígidas o flexibles pueden ser más adecuadas.
- **Presupuesto:** El costo de las bandejas es un factor importante a considerar, especialmente para productores con recursos limitados (Viera et al., 2020).

7.2.2 *Tipos de invernaderos*

Los invernaderos son estructuras esenciales en la producción de plántulas de brócoli, ya que permiten controlar las condiciones ambientales y proteger los cultivos de factores externos adversos. Existen diversos tipos de invernaderos, cada uno con características y ventajas específicas que se adaptan a diferentes necesidades y presupuestos (Castillo, 2022).

1. Invernaderos de Túnel

Los invernaderos de túnel son estructuras simples y económicas, generalmente construidas con arcos de metal o PVC cubiertos con plástico transparente. Son ideales para pequeños productores o para quienes buscan una opción de bajo costo.

- **Ventajas:**
 - **Bajo costo:** Son los más económicos de construir y mantener.
 - **Fácil instalación:** Se pueden montar y desmontar fácilmente, lo que permite su traslado a diferentes lugares.
 - **Buena ventilación:** Permiten una buena circulación de aire, lo que reduce el riesgo de enfermedades.
- **Desventajas:**
 - **Menor durabilidad:** El plástico puede deteriorarse con la exposición al sol y al viento, requiriendo reemplazo periódico.

- **Menor control de temperatura:** La temperatura interna puede fluctuar más que en otros tipos de invernaderos, especialmente en climas extremos.
- **Limitada altura:** La altura limitada puede restringir el crecimiento de algunas plantas y dificultar el trabajo dentro del invernadero (García y Sandoval, 2021).

2. Invernaderos de Capilla

Los invernaderos de capilla tienen una estructura similar a la de una casa, con paredes verticales y techo a dos aguas. Suelen construirse con madera, metal o PVC, y se cubren con plástico o vidrio.

- **Ventajas:**
 - **Mayor durabilidad:** Son más resistentes que los invernaderos de túnel y pueden durar muchos años.
 - **Mejor control de temperatura:** El diseño de doble techo permite una mejor regulación de la temperatura interna.
 - **Mayor espacio:** Ofrecen más espacio para el crecimiento de las plantas y para trabajar dentro del invernadero.
- **Desventajas:**
 - **Mayor costo:** Son más costosos de construir que los invernaderos de túnel.
 - **Menor ventilación:** La ventilación puede ser menos eficiente que en los invernaderos de túnel, lo que puede requerir sistemas de ventilación adicionales (Bertola, 2020).

3. Invernaderos de Vidrio

Los invernaderos de vidrio son estructuras más sofisticadas y costosas, pero ofrecen el mejor control de las condiciones ambientales. El vidrio permite una mayor transmisión de luz y una mejor retención del calor, lo que favorece el crecimiento de las plantas.

- **Ventajas:**

- **Máximo control de temperatura y luz:** El vidrio permite una óptima transmisión de luz y una excelente retención del calor, creando un ambiente ideal para el crecimiento de las plantas.
- **Mayor durabilidad:** El vidrio es un material muy resistente y duradero.
- **Estética:** Los invernaderos de vidrio tienen un aspecto atractivo y pueden integrarse fácilmente en el paisaje.

- **Desventajas:**

- **Alto costo:** Son los más costosos de construir y mantener.
- **Requieren mantenimiento:** El vidrio puede romperse y requiere limpieza periódica.
- **Menor ventilación:** La ventilación puede ser un desafío en los invernaderos de vidrio, requiriendo sistemas de ventilación sofisticados (Chávez y Canchignia, 2022).

4. Invernaderos de Policarbonato

Los invernaderos de policarbonato son una alternativa más económica a los invernaderos de vidrio, pero ofrecen muchas de sus ventajas. El policarbonato es un material resistente, ligero y con una buena transmisión de luz.

- **Ventajas:**

- **Buen control de temperatura y luz:** El policarbonato ofrece una buena transmisión de luz y retención del calor, aunque no tanto como el vidrio.
- **Durabilidad:** El policarbonato es resistente a golpes y a la intemperie.

- **Ligereza:** Es más ligero que el vidrio, lo que facilita su instalación y manejo.
- **Desventajas:**
 - **Costo:** Aunque más económico que el vidrio, sigue siendo más costoso que el plástico.
 - **Menor transmisión de luz:** La transmisión de luz es menor que en los invernaderos de vidrio.
 - **Puede amarillear con el tiempo:** El policarbonato puede amarillear con la exposición prolongada al sol, lo que reduce la transmisión de luz (Viera et al., 2020).

Elección del Invernadero Adecuado

La elección del invernadero adecuado para la producción de plántulas de brócoli dependerá de varios factores:

- **Presupuesto:** El costo es un factor determinante. Los invernaderos de túnel son los más económicos, seguidos por los de capilla, policarbonato y vidrio.
- **Clima:** En climas fríos, se recomienda un invernadero con buen aislamiento térmico, como los de vidrio o policarbonato. En climas cálidos, la ventilación es crucial, por lo que los invernaderos de túnel o capilla pueden ser más adecuados.
- **Tamaño de la producción:** Para pequeñas producciones, los invernaderos de túnel o capilla pueden ser suficientes. Para grandes producciones, se pueden requerir invernaderos de mayor tamaño y tecnología, como los de vidrio o policarbonato.
- **Tipo de cultivo:** El brócoli requiere un buen control de la temperatura y la humedad, por lo que los invernaderos de capilla, vidrio o policarbonato son ideales.

7.3 Enfermedades del brócoli causadas por hongos del suelo

El brócoli, como muchos otros cultivos, es susceptible a diversas enfermedades causadas por hongos del suelo. Estos patógenos pueden afectar significativamente

la producción, causando pérdidas económicas considerables para los agricultores (Pérez, 2022). En el cantón Mejía, donde el brócoli es un cultivo de importancia económica, el manejo de estas enfermedades representa un desafío constante.

Entre los hongos del suelo que afectan al brócoli, destacan tres géneros principales: *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Pythium*. Estos patógenos pueden causar enfermedades en diferentes etapas del ciclo de cultivo, desde la germinación de las semillas hasta la cosecha de las cabezas.

7.3.1 *Fusarium oxysporum*

Fusarium oxysporum es un hongo fitopatógeno cosmopolita y ubicuo en el suelo, conocido por causar marchitez vascular en una amplia gama de cultivos, incluyendo el brócoli. Este patógeno se caracteriza por su alta variabilidad genética y patogénica, existiendo numerosas formas especiales (f. sp.) que se adaptan a diferentes huéspedes. En el caso del brócoli, la forma especial más relevante es *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*, que causa la enfermedad conocida como marchitez por *Fusarium* del brócoli (Arratia et al., 2022).

Fusarium oxysporum es un hongo ascomiceto que produce tres tipos de esporas: microconidios, macroconidios y clamidosporas. Los microconidios son las esporas asexuales más comunes y se producen en abundancia en el micelio aéreo. Los macroconidios, también asexuales, son menos frecuentes y se forman en esporodoquios. Las clamidosporas, por su parte, son estructuras de resistencia de pared gruesa que se forman en el micelio y le permiten al hongo sobrevivir en condiciones adversas, como la sequía y la falta de nutrientes (Chávez y Canchignia, 2022).

El ciclo de vida de *F. oxysporum* comienza con la germinación de las clamidosporas o conidios en el suelo, en presencia de exudados radiculares de la planta huésped. Las hifas del hongo penetran en las raíces a través de heridas o aberturas naturales, y luego colonizan el sistema vascular de la planta. Una vez dentro del xilema, el hongo produce microconidios que son transportados por el flujo de agua hacia las partes aéreas de la planta.

La colonización del sistema vascular causa la obstrucción de los vasos xilemáticos, lo que impide el transporte de agua y nutrientes hacia las hojas y otras partes de la planta. Esto provoca síntomas como amarillamiento, marchitez y necrosis de las hojas, que pueden progresar hasta la muerte de la planta (Calla, 2022).

Los síntomas de la marchitez por *Fusarium* en el brócoli pueden variar dependiendo de la edad de la planta, la virulencia del patógeno y las condiciones ambientales. En general, los primeros síntomas se observan en las hojas inferiores, que se tornan amarillas y se marchitan. A medida que la enfermedad progresa, el amarillamiento y la marchitez se extienden hacia las hojas superiores, y la planta puede mostrar un crecimiento raquíutico y un menor desarrollo de la cabeza.

En casos severos, la planta puede colapsar y morir prematuramente. Al cortar el tallo transversalmente, se puede observar una decoloración marrón rojiza del tejido vascular, que es un signo característico de la infección por *F. oxysporum*. La marchitez por *Fusarium* puede causar pérdidas significativas en la producción de brócoli, especialmente en condiciones de alta temperatura y humedad del suelo. El patógeno puede afectar tanto a las plántulas como a las plantas adultas, y su presencia en el suelo puede persistir durante varios años, lo que dificulta su manejo (Cuesta y Fusari, 2022).

7.3.2 *Rhizoctonia solani*

Rhizoctonia solani es otro hongo del suelo que causa diversas enfermedades en el brócoli, como el damping-off (marchitez y muerte de plántulas), la pudrición de la raíz y el tallo, y la mancha foliar. El damping-off es especialmente problemático en la etapa de germinación y plántula, ya que puede causar pérdidas significativas de plantas.

Rhizoctonia solani es un hongo basidiomiceto que pertenece al grupo de los hongos imperfectos, ya que no se conoce su fase sexual. Este patógeno produce hifas vegetativas multinucleadas y pigmentadas, que le dan un aspecto característico de color marrón. También produce esclerocios, estructuras de resistencia de color negro que le permiten sobrevivir en el suelo durante largos períodos (Rodríguez et al., 2023).

El ciclo de vida de *R. solani* comienza con la germinación de los esclerocios o fragmentos de micelio en el suelo, en presencia de exudados radiculares de la planta huésped. Las hifas del hongo penetran en las raíces y el tallo a través de heridas o aberturas naturales, y luego colonizan los tejidos vegetales. El hongo se alimenta de los nutrientes de la planta, causando lesiones necróticas y pudrición (Khudhair, 2023).

R. solani puede propagarse a través del suelo, el agua de riego y las herramientas contaminadas. También puede ser transmitido por semillas infectadas. Las condiciones ambientales favorables para su desarrollo son altas temperaturas (25-30°C) y humedad del suelo.

Los síntomas de las enfermedades causadas por *R. solani* en el brócoli varían dependiendo del tipo de enfermedad y la etapa de desarrollo de la planta.

- **Damping-off:** En la etapa de germinación y plántula, *R. solani* puede causar el damping-off, que se manifiesta como una pudrición acuosa en la base del tallo, lo que provoca la marchitez y muerte de las plántulas.
- **Pudrición de la raíz y el tallo:** En plantas adultas, el hongo puede infectar las raíces y el tallo, causando lesiones necróticas y pudrición. Esto puede debilitar la planta y reducir su capacidad para absorber agua y nutrientes, lo que resulta en un crecimiento raquítrico y una menor producción.
- **Mancha foliar:** *R. solani* también puede infectar las hojas del brócoli, causando manchas necróticas de forma irregular y color marrón. Estas lesiones pueden coalescer y provocar la defoliación de la planta, lo que reduce la capacidad fotosintética y afecta el rendimiento (Murillo y Giraldo, 2023).

Las enfermedades causadas por *R. solani* pueden tener un impacto económico significativo en la producción de brócoli, ya que pueden reducir el rendimiento y la calidad de la cosecha. En casos severos, pueden provocar la pérdida total del cultivo.

7.3.3 *Pythium spp.*

El género *Pythium* incluye varias especies de hongos del suelo que causan enfermedades en el brócoli, como el damping-off, la pudrición de la raíz y el tallo, y la podredumbre basal. Al igual que *Rhizoctonia solani*, *Pythium spp.* es especialmente dañino en la etapa de germinación y plántula, ya que puede causar la muerte rápida de las plantas (Eugui et al., 2020).

Pythium spp. sobrevive en el suelo como oosporas, estructuras de resistencia que pueden permanecer viables durante largos períodos. El patógeno infecta las raíces y el tallo del brócoli, causando lesiones acuosas y pudrición. Su desarrollo se ve favorecido por suelos mal drenados y con exceso de humedad.

7.3.4 *Manejo integrado de enfermedades*

El manejo de las enfermedades causadas por hongos del suelo en el cultivo de brócoli requiere un enfoque integrado que combine diferentes estrategias de control. Estas estrategias incluyen:

- **Prácticas culturales:**
 - Rotación de cultivos con especies no susceptibles a los patógenos.
 - Uso de semilla certificada y libre de patógenos.
 - Desinfección del suelo o sustrato mediante métodos físicos (solarización) o químicos (fumigación).
 - Manejo adecuado del riego para evitar el exceso de humedad.
 - Eliminación de residuos de cultivos anteriores, que pueden albergar patógenos.
- **Control biológico:**
 - Uso de agentes de control biológico, como hongos antagonistas (*Trichoderma spp.*, *Gliocladium spp.*) y bacterias (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*), que pueden inhibir el crecimiento de los patógenos.
- **Control químico:**

- Aplicación de fungicidas específicos para el control de los patógenos, siguiendo las recomendaciones técnicas y las buenas prácticas agrícolas.
- Es importante considerar el uso de fungicidas con diferentes modos de acción para evitar la aparición de resistencias en los patógenos (Murillo y Giraldo, 2023).

La elección de la estrategia de manejo más adecuada dependerá de diversos factores, como la gravedad de la enfermedad, las condiciones ambientales, la disponibilidad de recursos y las preferencias del agricultor. En el caso del cantón Mejía, donde la producción de brócoli se realiza principalmente por pequeños agricultores, es importante promover estrategias de manejo integrado que sean sostenibles, accesibles y adaptadas a las condiciones locales (Chávez y Canchignia, 2022).

7.4 Trichoderma como biocontrolador

El género *Trichoderma* comprende un grupo diverso de hongos filamentosos ampliamente distribuidos en suelos, materia orgánica en descomposición y ambientes rizosféricos. Estos hongos han ganado reconocimiento en la agricultura por su capacidad para actuar como agentes de control biológico, ofreciendo una alternativa sostenible y eficaz al uso de fungicidas químicos en el manejo de enfermedades de las plantas (Castrillo et al., 2021).

Los hongos *Trichoderma* se caracterizan por su rápido crecimiento, abundante producción de esporas y capacidad para colonizar diversos sustratos. Son organismos saprófitos, es decir, se alimentan de materia orgánica muerta, pero también pueden establecer relaciones simbióticas con las plantas, colonizando sus raíces y protegiéndolas de patógenos.

En el suelo, *Trichoderma* compite con otros microorganismos por nutrientes y espacio, lo que contribuye a mantener el equilibrio microbiano y a prevenir el desarrollo de enfermedades. Además, estos hongos producen una amplia gama de metabolitos secundarios, como enzimas hidrolíticas, antibióticos y sideróforos, que

les confieren una ventaja competitiva frente a otros microorganismos y les permiten controlar eficazmente los patógenos del suelo (Viera et al., 2020).

Trichoderma ejerce su acción biocontroladora a través de diversos mecanismos, que actúan de forma sinérgica para proteger a las plantas de enfermedades:

- **Micoparasitismo:** *Trichoderma* es capaz de parasitar a otros hongos, incluyendo patógenos de plantas. Este proceso implica el reconocimiento del hongo hospedero, la producción de enzimas que degradan su pared celular y la penetración de las hifas de *Trichoderma* en el interior del hospedero, donde se alimenta de sus nutrientes y causa su muerte.
- **Antibiosis:** *Trichoderma* produce una variedad de compuestos antimicrobianos, como peptaiboles, poliketidos y terpenoides, que inhiben el crecimiento y la actividad de otros microorganismos, incluyendo hongos y bacterias patógenas.
- **Competencia por nutrientes y espacio:** *Trichoderma* compite eficazmente con los patógenos por los nutrientes y el espacio disponibles en la rizosfera, limitando su desarrollo y capacidad de infección.
- **Inducción de resistencia sistémica:** *Trichoderma* puede activar los mecanismos de defensa de las plantas, haciéndolas más resistentes a enfermedades. Este proceso implica la producción de señales químicas que desencadenan una respuesta de defensa en la planta, que incluye la acumulación de compuestos antimicrobianos y la activación de genes relacionados con la resistencia (Castrillo et al., 2021).

Además de su acción biocontroladora, *Trichoderma* también puede promover el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de varios mecanismos:

- **Producción de fitohormonas:** *Trichoderma* produce auxinas, giberelinas y citoquininas, hormonas vegetales que estimulan el crecimiento de las raíces, los tallos y las hojas, así como la floración y la fructificación.
- **Solubilización de nutrientes:** *Trichoderma* puede solubilizar nutrientes del suelo, como fósforo y micronutrientes, haciéndolos más disponibles para las plantas.

- **Mejora de la estructura del suelo:** *Trichoderma* produce enzimas que degradan la materia orgánica y mejoran la estructura del suelo, lo que favorece el desarrollo de las raíces y la absorción de agua y nutrientes.
- **Tolerancia al estrés:** *Trichoderma* puede ayudar a las plantas a tolerar condiciones de estrés, como sequía, salinidad y altas temperaturas, mediante la producción de compuestos osmoprotectores y antioxidantes (Pérez, 2022).

7.4.1 *Uso en la agricultura*

Lechuga *Trichoderma* se ha utilizado con éxito en la agricultura para controlar diversas enfermedades del suelo en una amplia gama de cultivos, incluyendo hortalizas, frutales, cereales y ornamentales. Su aplicación puede realizarse mediante diferentes métodos, como el tratamiento de semillas, la incorporación al suelo o la pulverización foliar.

En el caso del brócoli, *Trichoderma* ha demostrado ser eficaz en el control de enfermedades causadas por hongos del suelo como *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Pythium* spp. Además, su aplicación puede mejorar la germinación, el vigor y el crecimiento de las plántulas, lo que se traduce en una mayor productividad y calidad de la cosecha (Calla, 2022).

8 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

8.1 Hipótesis nula

La aplicación de diferentes cepas de *Trichoderma* no tendrá un efecto significativo en el desarrollo radicular de las plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) variedades Green Sprouting Calabrese y Waltham 29. Se espera que las variaciones en las cepas de *Trichoderma* no provoquen diferencias notables en el volumen de las raíces ni en la longitud de las mismas, manteniendo el crecimiento radicular uniforme independientemente del tratamiento aplicado. Este estudio busca determinar si la inoculación con distintas cepas de *Trichoderma* influye de manera significativa en el desarrollo radicular de estas dos variedades de brócoli,

considerando que las condiciones de crecimiento y el manejo del cultivo se mantendrán constantes durante todo el experimento.

8.2 Hipótesis alternativa

La aplicación de *Trichoderma* en el cultivo de brócoli mejorará el enraizamiento de las plántulas, resultando en un mayor crecimiento y vigor, así como en una mayor resistencia a enfermedades. Se espera que la eficacia de *Trichoderma* varíe entre las diferentes presentaciones comerciales y que algunas presentaciones sean más efectivas que otras en promover el enraizamiento y el crecimiento de las plántulas.

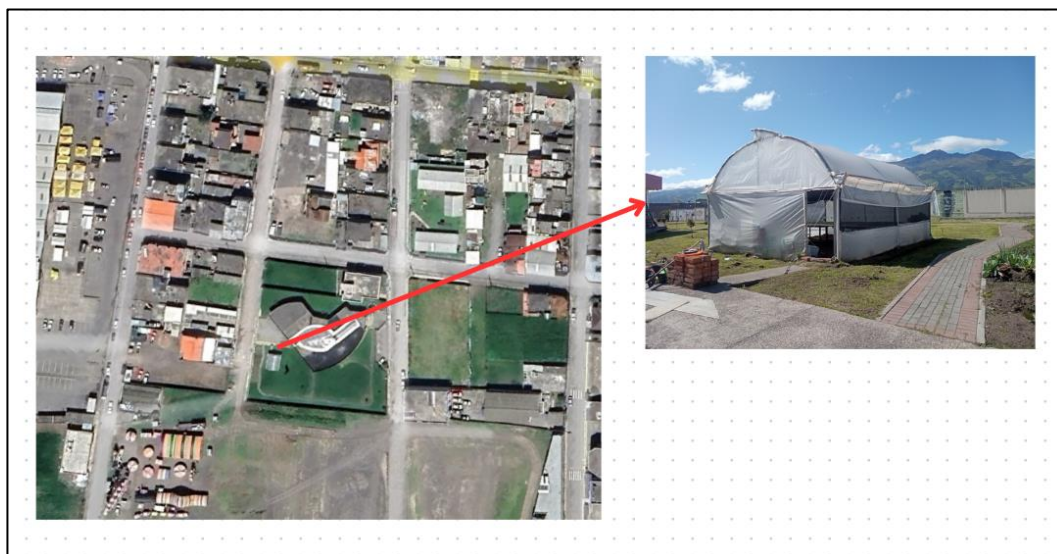
9 METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1 Ubicación de la investigación

La presente investigación se realizó en la pilonera del GAD municipal del cantón Mejía, Parroquia de Machachi, Provincia de Pichincha.

Figura 1.

Ubicación de la investigación: Pilonera GAD cantón Mejía



9.2 Tipo de investigación

La presente investigación empleó una metodología mixta, combinando enfoques cuantitativos y cualitativos para abordar los objetivos planteados. La base del estudio fue un diseño experimental de campo con un enfoque cuantitativo, complementado con observaciones cualitativas y entrevistas a los productores de brócoli.

Los datos recolectados fueron tanto cualitativos, describiendo eventos y condiciones del entorno natural, como cuantitativos, ya que toda la información registrada en el libro de campo se presentó en forma de datos numéricos. Para el análisis estadístico, se empleó la versión estudiantil del programa estadístico Infostat.

9.3 Modalidad de la investigación.

9.3.1 Campo

La presente investigación se llevó a cabo en el campo, dado que favorece a una buena correlación entre la teoría y la práctica. La toma de datos se ejecutó en la pilonera del GAD del cantón Mejía.

9.3.2 Registro de datos.

Se realizó en un libro de campo donde se tomarán los diferentes datos para obtener un resultado.

9.3.3 Análisis de datos.

En este estudio, se utilizó el software de análisis estadístico INFOSTAT 2020. Para evaluar los resultados, se aplicó un Análisis de Varianza y la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

9.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental por franjas con arreglo factorial, considerando los siguientes factores: tres presentaciones comerciales de *Trichoderma* (T1, T2 y T3) y un control sin *Trichoderma* (T), y dos variedades de brócoli (*Green Sprouting Calabrese* y *Walthman 29*) (V1 y V2). Se establecieron cuatro repeticiones para

cada tratamiento y variedad, resultando en 16 unidades de (V1) y 16 unidades de (V2) dando como resultado un total de 32 unidades experimentales.

Tabla 1.

Esquema de ADEVA

Fuentes de variación		Grados de libertad
total	$Rab-1$	31
bloques	$r-1$	3
A	$a-1$	1
error (a)	$(a-1)(r-1)$	3
B	$b-1$	3
AB	$(a-1)(b-1)$	3
Error (b)	$a(r-1)(b-1)$	21

9.3.2. *Tratamientos*

Tabla 2.

Tratamientos y códigos

Tratamientos	Codificación	Descripción
T1	V1T1	Green Sprouting calabrese +Trichoderma 1
T2	V1T2	Green Sprouting Calabrese +Trichoderma 2
T3	V1T3	Green Sprouting Calabrese +Trichoderma 3
Testigo 1	V1T	Green Sprouting Calabrese
T5	V2T1	Waltham 29 +T1
T6	V2T2	Waltham 29 +THRICHODERMA 2
T7	V2T3	Waltham 29 +THRICHODERMA 3
Testigo 2	V2T	Waltham 29

9.3.3. *Esquema del experimento*

Figura 2.*Esquema del ensayo*

REPETICIÓN I	REPETICIÓN II	REPETICIÓN III	REPETICIÓN IV
V1T1	V1T1	V1T1	V1T1
V1T2	V1T2	V1T2	V1T2
V1T3	V1T3	V1T3	V1T3
V1T	V1T	V1T	V1T
V2T1	V2T1	V2T1	V2T1
V2T2	V2T2	V2T2	V2T2
V2T3	V2T3	V2T3	V2T3
V2T	V2T	V2T	V2T

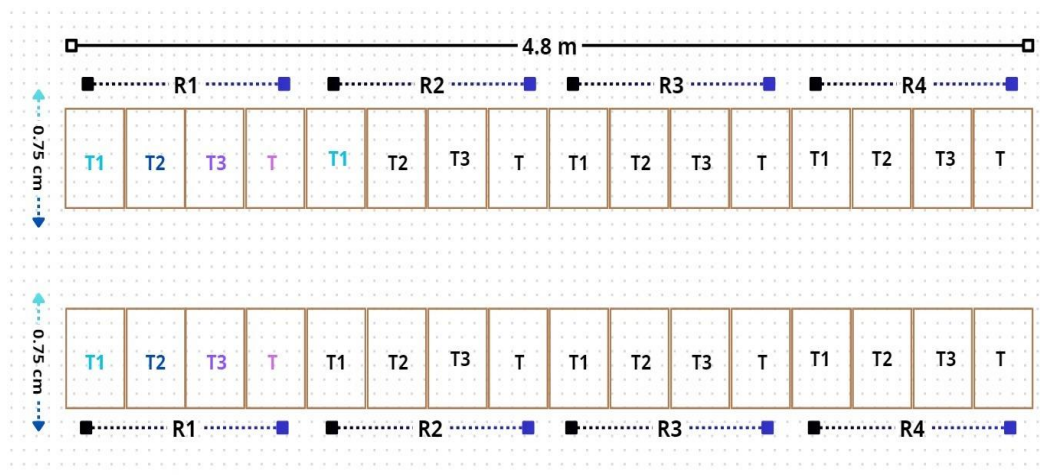
9.6.4 Diseño de ensayo en campo

- **Total:** 32 unidades experimentales
- **Área de tratamiento:** 3,59 m²

Campo

Parcela neta 4,8 x 0,75 m

Figura 3.*Croquis de campo*



9.4.1 Variables de investigación

- **Variable independiente:** Presentación comercial de *Trichoderma* (T1, T2, T3 y control)
- **Variables dependientes:**
 - **Enraizamiento:** Longitud de la raíz principal y volumen de la raíz.
 - **Crecimiento:** Altura de la planta, número de hojas cotiledóneas y número de hojas verdaderas.
 - **Porcentaje de germinación:** Incidencia de germinación del número total de plántulas.
 - **Número total de hojas**

9.4.2 Procedimiento experimental

1. **Desinfección de las bandejas:** Se realizará una desinfección mediante una solución clorada, con una mezcla de 1 gramo por un litro de agua, más ayuda de un cepillo plástico para una mejor limpieza y desinfección.
2. **Preparación de las piloneras:** Se establecerán las piloneras siguiendo las prácticas recomendadas para el cultivo de brócoli. Se dividirá las camas de germinación para colocar las bandejas en el orden establecido del diseño experimental.

3. **Siembra:** Se prepara el sustrato para el llenado de las bandejas, se sembrarán las semillas de brócoli en las bandejas, siguiendo las recomendaciones de densidad de siembra para cada variedad.
4. **Aplicación de *Trichoderma*:** Se aplicarán las diferentes presentaciones comerciales de *Trichoderma* en drench al primer día de determinación de las plántulas. El control no recibirá aplicación de *Trichoderma*.
5. **Manejo del cultivo:** Se realizarán las labores de riego y limpieza de malezas para evitar enfermedades o plagas.
6. **Evaluación de variables:** Se evaluarán las variables de enraizamiento, altura, altura cotiledónea y número de hojas (7, 14, 21, 28, 35 y 42 días después de la siembra).
7. **Análisis de datos:** Utilizar análisis estadístico adecuado (ANOVA) para comparar las diferencias entre los tratamientos. Pruebas de comparación múltiple (Tukey) para identificar diferencias significativas entre los tratamientos.

9.5 Variables a evaluar

- *Porcentaje de germinación*
- *Altura de la planta cotiledón*
- *Altura completa de la planta*
- *Número de hojas*
- *Longitud de la raíz*
- *Volumen de la raíz*

9.5.1 Equipos.

Cámara, computadora

9.5.2 Materiales.

10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

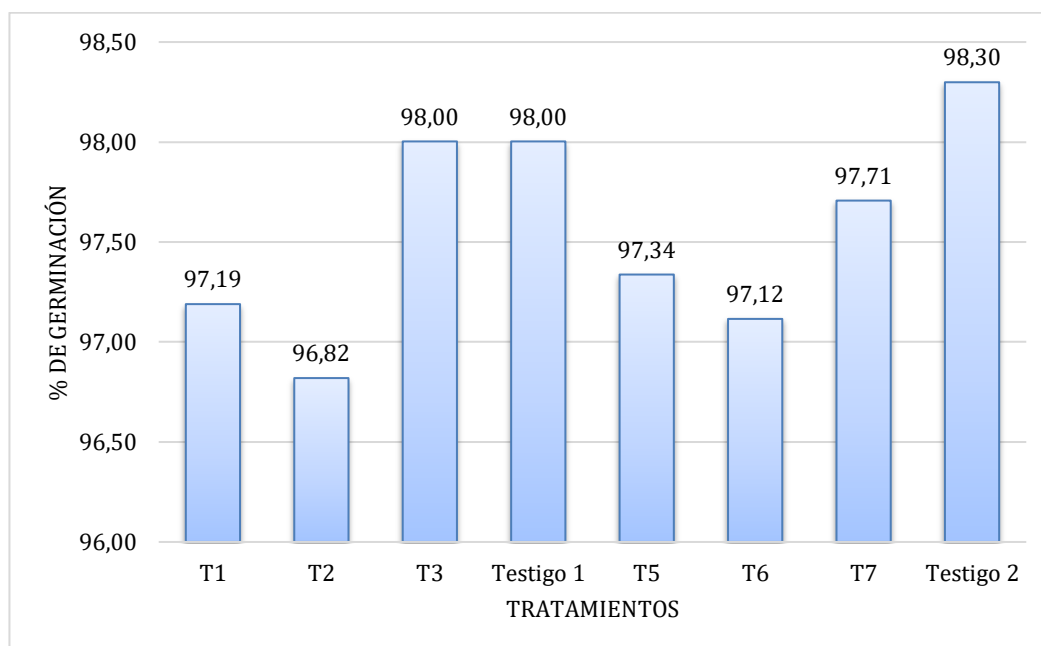
10.1 Indicadores agronómicos.

10.1.1 Porcentaje de germinación.

La figura 2 muestra altos porcentajes de germinación para todos los tratamientos y testigos, indicando una buena efectividad general. T2 presenta el porcentaje más bajo (96,82%), mientras que T3 y Testigo 1 tienen el mismo valor (98,00%), sugiriendo que T3 es particularmente efectivo. Testigo 2 tiene el porcentaje más alto (98,30%), sirviendo como referencia de eficacia. En general, todos los tratamientos son efectivos, aunque T2 podría beneficiarse de mejoras. Los testigos ofrecen una base sólida para evaluar y comparar los tratamientos.

Figura 4.

Porcentaje de germinación de las semillas de brócoli



Nota: T1, T2, T3 y Testigo 1 pertenecen a la variedad Whalman 29 y T5, T6, T7 T Testigo 2 a Green sprouting calabrese.

Tabla 3.

ANOVA para la variable de porcentaje de germinación del brócoli

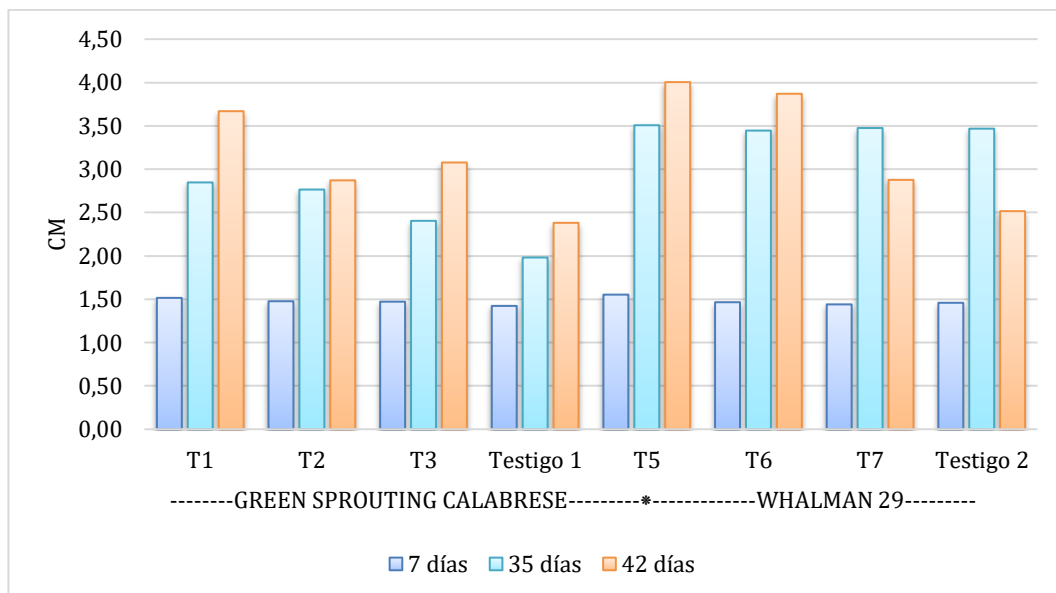
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Variedad	0,1	1	0,1	0,04	0,8486	n.s.
Trichoderma	7	3	2,33	0,86	0,4767	n.s.
Repetición	1,66	3	0,55	0,2	0,8921	n.s.
Variedad*Tricoderma	0,47	3	0,16	0,06	0,9811	n.s.
Error	56,89	21	2,71			
Total	66,12	31				

La tabla ANOVA para el porcentaje de germinación del brócoli muestra que ninguna de las fuentes de variación (variedad, aplicación de *Trichoderma*, repeticiones, y la interacción variedad**Trichoderma*) tiene un efecto significativo sobre el porcentaje de germinación, dado que todos los p-valores son mayores que el umbral típico de significancia (0.05). En particular, el p-valor más bajo corresponde a *Trichoderma* (0,4767), pero aún es no significativo (n.s.), lo que sugiere que ni la variedad de brócoli ni la aplicación de *Trichoderma* afectan significativamente la germinación en este experimento.

10.1.2 Altura del cotiledón.

Figura 5.

Altura del cotiledón del brócoli



Nota: T1, T2, T3 y Testigo 1 pertenecen a la variedad Whalman 29 y T5, T6, T7 T Testigo 2 a Green sprouting calabrese.

La Figura presenta la altura del cotiledón del brócoli de diferentes tratamientos a lo largo de 42 días. Inicialmente, en los primeros 14 días, las alturas entre tratamientos son bastante uniformes, con valores que oscilan entre 1,42 cm (Testigo 1) y 1,65 cm (T5). A medida que el tiempo avanza a los 21 días, se observan ligeras diferencias, siendo T1 el que alcanza la mayor altura de 2,33 cm.

En el periodo de 28 a 42 días, T5 destaca con un crecimiento consistente, alcanzando la altura más alta de 4,00 cm al final del periodo, superando a los demás tratamientos. T6 y T7 también muestran un crecimiento notable a los 35 días, con alturas de 3,45 cm y 3,48 cm, respectivamente, aunque T7 disminuye a 2,88 cm a los 42 días. Por otro lado, el Testigo 1 presenta el menor crecimiento en general, con una altura final de 2,38 cm, mientras que el Testigo 2 muestra un crecimiento relativamente consistente hasta los 35 días, pero disminuye a 2,52 cm al final. En conjunto el tratamiento T5 favorece un crecimiento más robusto del cotiledón en comparación con los testigos, especialmente hacia el final del periodo observado.

Tabla 4.

ANOVA para la variable de altura del cotiledón: 7,14,21,28,35 y 42 días

7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días
--------	---------	---------	---------	---------	---------

F.V.	gl	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p
Variedad	1	0,26	n.s.	<0,0001	***	0,18	n.s.	0,99	n.s.	0,20	n.s.	0,45	n.s.
Trichoderma	3	0,02	*	0,0006	**	0,00	**	0,00	**	0,01	**	0,00	**
Repetición	3	0,30	n.s.	0,07	**	0,68	n.s.	0,87	n.s.	0,82	n.s.	0,42	n.s.
Variedad* Trichoderma	3	0,21	n.s.	0,56	n.s.	0,31	n.s.	0,19	n.s.	0,09	n.s.	0,53	n.s.
Error	21												
Total	31												

La tabla ANOVA para la variable de altura del cotiledón en diferentes días muestra el análisis de la influencia de dos factores: la variedad y la aplicación de *Trichoderma*, junto con sus interacciones. A los 7 días, *Trichoderma* tiene un efecto significativo ($p=0,02$), mientras que la variedad no muestra significancia. A los 14 días, tanto la variedad como *Trichoderma* son significativos. Para los días 21, 28, 35, y 42, *Trichoderma* sigue siendo significativamente influyente indicando un impacto consistente en la altura del cotiledón. La interacción entre variedad y *Trichoderma* no es significativa en ningún momento, sugiriendo que el efecto de *Trichoderma* es independiente de la variedad.

Tabla 5.

Prueba de Tuckey para la de altura del cotiledón: 7, 14,21,28,35 y 42 días

7 días			14 días			21 días			28 días			35 días			42 días		
CT	M	R	CT	M	R	CT	M	R	CT	M	R	CT	M	R	CT	M	R
4	1,42	A	3	1,47	A	4	1,70	A	4	1,95	A	4	2,20	A	4	2,45	A
3	1,47	A	4	1,49	A	3	1,93	AB	3	2,28	A	3	2,63	AB	3	2,98	AB
2	1,51	B	2	1,51	A	2	2,04	AB	2	2,39	AB	2	2,75	AB	2	3,12	BC
1	1,51	B	1	1,58	b	1	2,36	B	1	2,84	B	1	3,30	C	1	3,75	C

Nota: CT: Concentración de *Trichoderma*; M: Medias; R: Rango

La tabla de la prueba de Tukey muestra la comparación de medias para la altura del cotiledón a lo largo de varios días, evaluando diferentes concentraciones de *Trichoderma* (CT). A los 7 días, las concentraciones 4 y 3 no muestran diferencias significativas en las medias de altura del cotiledón (ambas clasificadas como rango A), mientras que las concentraciones 2 y 1 se clasifican en el rango B, indicando

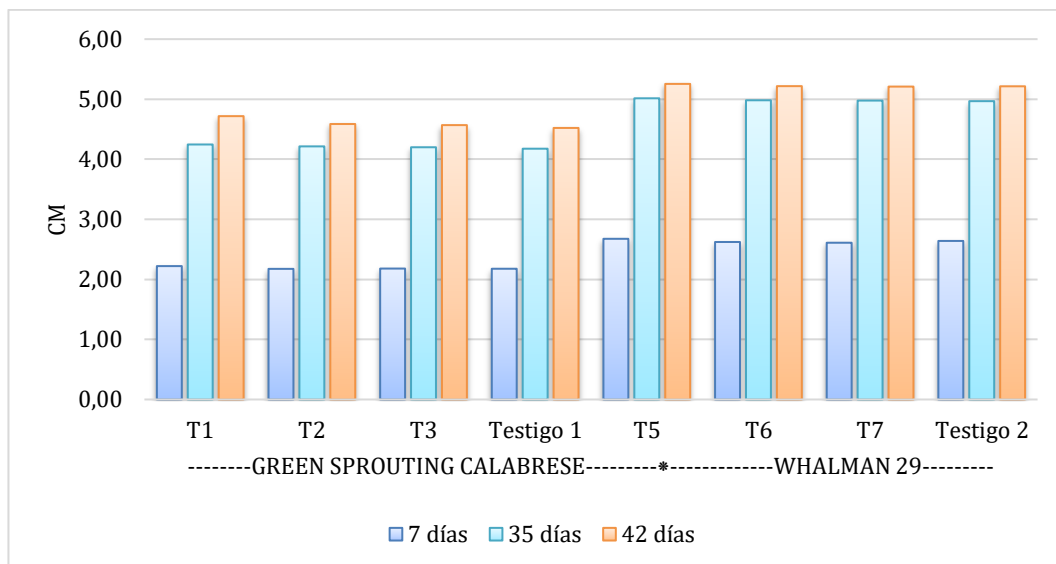
diferencias. A los 14 días, todas las concentraciones muestran una similitud en las medias (rango A), excepto la concentración 1, que presenta una diferencia leve (rango B). A partir de los 21 días hasta los 42 días, se observa que la concentración 4 consistentemente mantiene la mayor media de altura (rango A), mientras que las concentraciones 3 y 2 presentan un rendimiento intermedio (rangos AB y BC), y la concentración 1 muestra la menor altura del cotiledón (rango B a C). Esto sugiere que una mayor concentración de *Trichoderma*, especialmente la concentración 4, tiene un efecto positivo más pronunciado en el crecimiento del cotiledón a medida que pasa el tiempo.

10.1.3 Altura de la planta

La Figura 4 muestra la altura de las plantas en diferentes momentos, indicando un crecimiento progresivo a lo largo del tiempo para todos los tratamientos y testigos. A los 7 días, las diferencias entre las alturas son mínimas, con valores que van desde 2,18 cm hasta 2,68 cm. Sin embargo, a los 21 días, se empiezan a observar diferencias más marcadas, con T5 alcanzando 3,95 cm, la altura más significativa en ese momento. A los 42 días, T5 continúa mostrando la mayor altura de la planta con 5,26 cm, seguido muy de cerca por T6 con 5,22 cm. Esto indica que estos tratamientos y el testigo promueven un crecimiento similarmente alto al final del periodo de observación.

Figura 6.

Altura de la planta de brócoli



Nota: T1, T2, T3 y Testigo 1 pertenecen a la variedad Whalman 29 y T5, T6, T7 y Testigo 2 a Green sprouting calabrese.

Tabla 6.

ANOVA para la variable de altura del cotiledón: 7,14,21,28, 35 y 42 días

F.V.	gl	7 días p	14 días P	21 días p	28 días p	35 días p	42 días p
Variedad	1	0,00 **	<0,0001 ***	0,44 n.s.	0,81 n.s.	0,48 n.s.	<0,0001 ***
Trichoderma	3	<0,0001 ***	0,0005 **	0,00 **	0,00 **	0,00 **	0,00 **
Repetición	3	0,27 n.s.	0,19 **	0,11 n.s.	0,19 n.s.	0,36 n.s.	0,06 n.s.
Variedad*	3	0,00 **	0,00 **	0,00 **	0,00 **	0,00 **	0,03 ***
Trichoderma							
Error	21						
Total	31						

La tabla ANOVA muestra el análisis de varianza de la altura del cotiledón en función de la variedad de la planta y la aplicación de *Trichoderma* a lo largo de 42 días. A los 7 y 14 días, tanto la variedad como *Trichoderma* tienen un efecto significativo en la altura del cotiledón. A partir de los 21 días hasta los 35 días, *Trichoderma* sigue siendo influyente, mientras que, la variedad por sí sola no muestra significancia. A los 42 días, la variedad vuelve a tener un efecto significativo, junto con *Trichoderma* y su interacción. En general, *Trichoderma* tiene un impacto constante y significativo en el crecimiento del cotiledón.

Tabla 7.

Prueba de Tuckey para la variedad de brócoli en la variable de altura: 7,14,21,28,35 y 42 días

7 días			14 días			21 días			28 días			35 días			42 días		
CT	M	R	CT	M	R	CT	M	R	CT	M	R	CT	M	R	CT	M	R
1	2,19	A	1	2,72	A	1	3,37	A	2	3,71	A	1	4,21	A	1	4,60	A
2	2,31	B	2	3,27	B	2	3,43	A	1	3,73	A	2	4,27	A	2	5,66	B

Nota: CT: Concentración de *Trichoderma*; M: Medias; R: Rango

Tabla 8.

Prueba de Tuckey para la concentración de Trichoderma en la variable de altura: 7,14,21,28,35 y 42 días

7 días			14 días			21 días			28 días			35 días			42 días		
CT	M	R	CT	M	R	CT	M	R	CT	M	R	CT	M	R	CT	M	R
4	2,08	A	4	2,73	A	4	3,17	A	4	3,48	A	4	4,03	A	4	4,86	A
3	2,22	AB	3	2,96	A	2	3,34	A	2	3,66	A	2	4,15	A	2	5,04	A
2	2,27	AB	2	2,99	A	3	3,39	A	3	3,73	A	3	4,22	A	3	5,14	AB
1	2,42	C	1	3,32	B	1	3,72	B	1	4,03	B	1	4,56	B	1	5,49	B

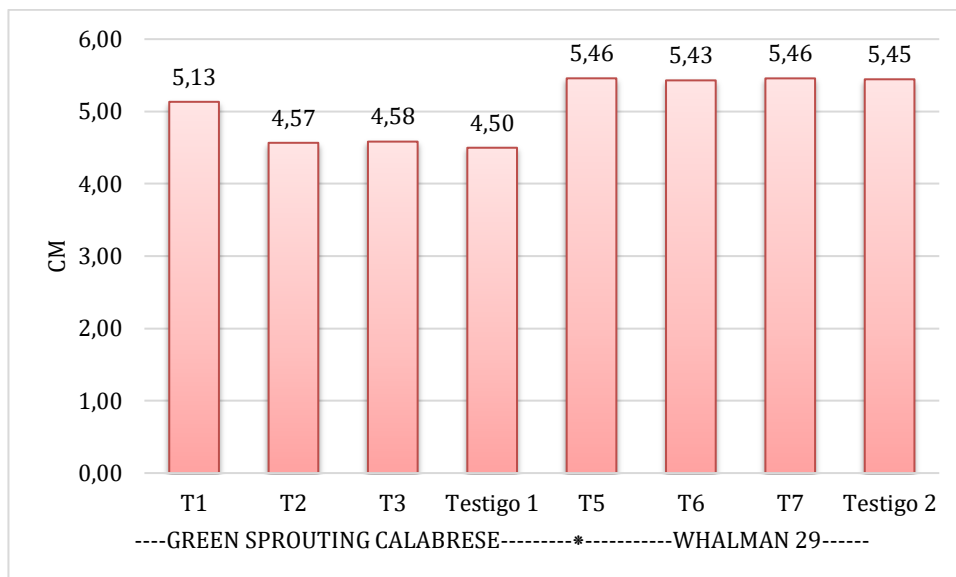
Nota: CT: Concentración de *Trichoderma*; M: Medias; R: Rango

Las tablas de la prueba de Tukey para la altura del brócoli muestran los efectos de la variedad y la concentración de *Trichoderma* en el crecimiento de las plantas a lo largo de 42 días. En la tabla 5, a lo largo de todos los días evaluados, la variedad 1 mantiene consistentemente la mayor altura (rango A) hasta los 42 días, excepto a los 28 días, donde ambas variedades alcanzan alturas similares (rango A). La variedad 2, aunque comienza con una altura menor, se mantiene en el rango B en varios momentos, indicando diferencias significativas con la variedad 1 en la mayoría de las etapas. En la tabla 6, la concentración 4 de *Trichoderma* muestra las alturas más bajas en todos los días (rango A), sugiriendo una menor eficacia en promover el crecimiento, mientras que, la concentración 1 muestra una altura significativamente mayor (rango B) al final del período, lo que indica que las concentraciones más altas no necesariamente resultan en un mayor crecimiento.

10.1.4 Volumen de la raíz

Figura 7.

Volumen de la raíz de brócoli



Nota: T1, T2, T3 y Testigo 1 pertenecen a la variedad Whalman 29 y T5, T6, T7 T Testigo 2 a Green sprouting calabrese.

La figura muestra el volumen de raíz de brócoli diferentes tratamientos y testigos, destacando que T5, T6, y T7 tienen los mayores volúmenes con valores de 5,46 cm³, seguidos de cerca por el Testigo 2 con 5,45 cm³. Estos tratamientos superan a T1, que tiene un volumen de 5,13 cm³ y a T2, T3, y el Testigo 1, que presentan volúmenes más bajos, cercanos a 4,50 cm³. Esto sugiere que T5 puede ser más efectivo en promover un mayor volumen de raíz en comparación con los otros tratamientos.

Tabla 9.

ANOVA para la variable Volumen de Raíz.

F.V.	SC	gl	CM	p-valor
Variedad	1,03	1	1,03	0,0036 **
Trichoderma	1,68	3	0,56	0,0046 **
Repetición	0,22	3	0,07	0,5277 n.s.
Variedad*	0,08	3	0,03	0,8474 n.s.
Error	2,02	21	0,1	
Total	5,03	31		

La tabla ANOVA para el volumen de raíz indica que tanto la variedad como la aplicación de *Trichoderma* tienen un efecto significativo, con p-valores de 0,0036 y 0,0046 respectivamente, sugiriendo que estos factores contribuyen significativamente a las diferencias en el volumen de raíz.

Tabla 10.

Prueba de Tuckey para la variedad de brócoli en la variable volumen de raíz

Variedad	Medias	n	Rango
1	4,70	16	A
2	5,0,6	16	B

Tabla 11.

Prueba de Tuckey para la concentración de Trichoderma en la variable volumen de raíz

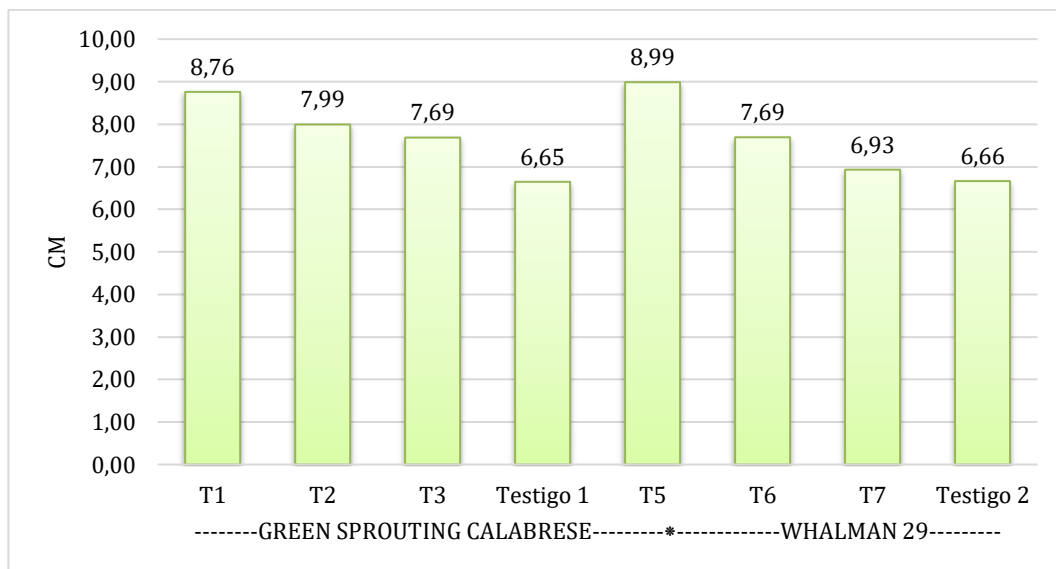
Concentración <i>Trichoderma</i>	Medias	n	Rango
4	4,67	8	A
3	4,77	8	A
2	4,83	8	A
1	5,27	8	B

En las Tablas anteriores, la prueba de Tukey muestra que, para la variable volumen de raíz en brócoli, la variedad 2 tiene una media significativamente mayor (5.06) en comparación con la variedad 1 (4.70), indicando un mejor rendimiento. En cuanto a la concentración de *Trichoderma*, se observa que la mayor media de volumen de raíz se asocia con la concentración 1 (5.27), mientras que las concentraciones 2, 3 y 4 tienen medias similares, aunque más bajas, con la concentración 1 destacando significativamente.

10.1.5 Diámetro de la Raíz

Figura 8.

Diámetro de la raíz de brócoli



Nota: T1, T2, T3 y Testigo 1 pertenecen a la variedad Whalman 29 y T5, T6, T7 T Testigo 2 a Green sprouting calabrese.

En la figura de diámetro de raíz, el tratamiento T5 muestra el mayor diámetro con una media de 8.99, destacándose significativamente sobre los demás tratamientos y testigos. Los tratamientos T1 y T2 también presentan diámetros relativamente altos (8.76 y 7.99), mientras que, los tratamientos T3 y T6 tienen diámetros moderados de 7.69, igual que el testigo 2 con 6.66. Los testigos 1 y 2 tienen los diámetros más bajos (6.65 y 6.66), indicando que el tratamiento T5 es el más eficaz para aumentar el diámetro de raíz.

Tabla 12.

ANOVA para la variable Volumen de Raíz

F.V.	SC	gl	CM	p-valor	
Variedad	0,33	1	0,33	0,1413	**
Trichoderma	21,13	3	7,04	<0,0001	***
Repetición Variedad*	0,91	3	0,30	0,1244	n.s.
Trichoderma	1,08	3	0,36	0,0830	n.s.
Error	2,97	21	0,14		
Total	26,43	31			

En la Tabla 2 del ANOVA para la variable volumen de raíz, se observa que la variable Trichoderma tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el volumen de raíz, con un p-valor menor a 0.0001, indicando una diferencia significativa entre los niveles de concentración. La Variedad y la interacción Variedad*Trichoderma no muestran diferencias significativas, con p-valores de 0.1413 y 0.0830, respectivamente.

Tabla 13.

Prueba de Tuckey para la concentración de Trichoderma en la variable diámetro de raíz

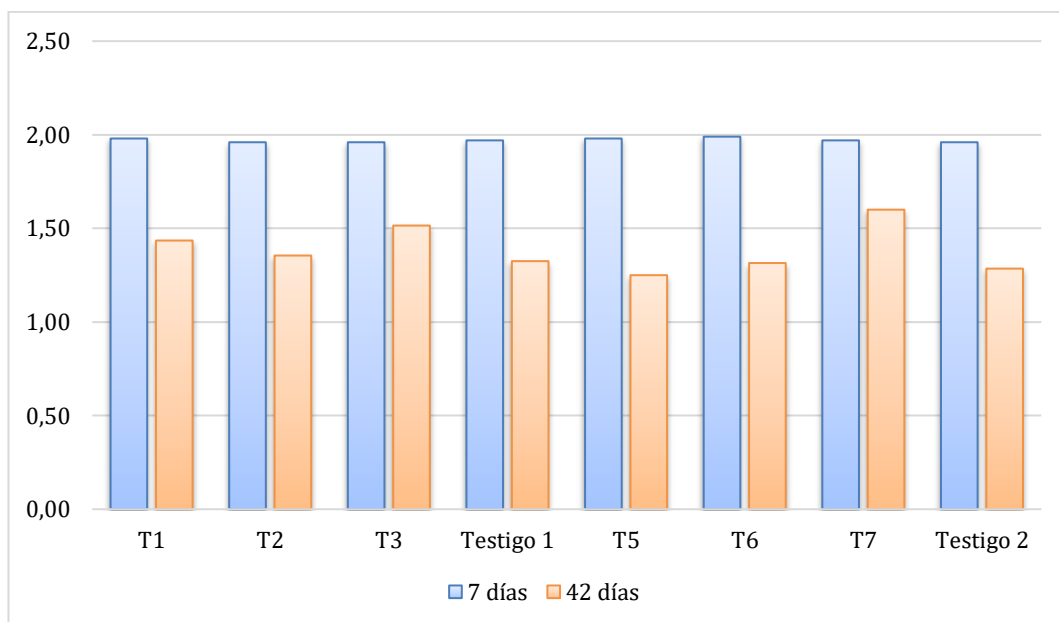
Concentración Trichoderma	Medias	n	Rango
4	6,66	8	A
3	7,31	8	B
2	7,84	8	C
1	8,88	8	D

En la Tabla de la prueba de Tukey para la variable diámetro de raíz en función de la concentración de Trichoderma, se observa que la concentración 1 tiene el diámetro de raíz más alto (8.88), seguido por las concentraciones 2 (7.84), 3 (7.31) y 4 (6.66). Esto indica que a mayor concentración de Trichoderma, mayor es el diámetro de la raíz, con una diferencia significativa entre los grupos, mostrando que la concentración 1 es la más eficaz para incrementar el diámetro de raíz.

10.1.6 Número de Hojas

Figura 9.

Número de Hojas del Brócoli



Nota: T1, T2, T3 y Testigo 1 pertenecen a la variedad Whalman 29 y T5, T6, T7 y Testigo 2 a Green sprouting calabrese.

En la figura que muestra el número de hojas en función de los días para diferentes tratamientos, se observa que todos los tratamientos y testigos tienen un número constante de hojas en los primeros 21 días (2 hojas). A partir del día 28, se aprecian diferencias en la cantidad de hojas. El tratamiento T3 tiene el mayor número de hojas al final del período con 1.52, mientras que el tratamiento T5 muestra el menor número con 1.25. Los demás tratamientos y testigos presentan números intermedios, con ligeras variaciones a lo largo del tiempo. En general, todos los tratamientos muestran un comportamiento similar en el desarrollo inicial, pero divergen en el conteo de hojas a medida que avanza el tiempo.

Tabla 14.

ANOVA para la variable Número de Hojas del Brócoli: 7,14,21,28,35 y 42 días

F.V.	gl	7 días p	14 días P	21 días p	28 días p	35 días p	42 días p
Variedad	1	0,55 n.s.	Sd n.s.	Sd n.s.	Sd n.s.	0,00 **	0,57 n.s.
Trichoderma	3	0,52 n.s.	Sd n.s.	Sd n.s.	Sd n.s.	0,00 **	0,00 **
Repetición	3	0,63 n.s.	Sd n.s.	Sd n.s.	Sd n.s.	0,79 n.s.	0,36 n.s.
Variedad* Trichoderma	3	0,30 n.s.	sd n.s.	sd n.s.	sd n.s.	0,80 n.s.	0,47 n.s.

Error	21
Total	31

La tabla ANOVA para el número de hojas del brócoli a lo largo de 42 días muestra cómo los factores de variedad y *Trichoderma* influyen en el desarrollo. Durante los primeros días evaluados (7, 14, 21, y 28 días), no se observan diferencias significativas en el número de hojas para ninguna de las variables analizadas. Sin embargo, a los 35 días, tanto *Trichoderma* como la variedad muestran un efecto significativo en el número de hojas, sugiriendo que su influencia se manifiesta más claramente en las etapas de crecimiento más avanzadas.

Tabla 15.

Prueba de Tuckey para la concentración de Trichoderma en la variable número de hojas: 7, 35 y 42 días

7 días			35 días			42 días		
CT	M	R	CT	M	R	CT	M	R
4	1,96	A	4	1,18	A	4	1,31	A
3	1,96	A	2	1,22	A	2	1,34	A
2	1,98	A	1	1,26	A	1	1,39	A
1	1,98	A	3	1,42	B	3	1,56	B

Nota: CT: Concentración de *Trichoderma*; M: Medias; R: Rango

La tabla de la prueba de Tukey para el número de hojas del brócoli muestra los efectos de diferentes concentraciones de *Trichoderma* a lo largo de 42 días. A los 7 días, no hay diferencias significativas entre las concentraciones (todas en el rango A), indicando que las concentraciones iniciales no afectan el número de hojas en esta etapa temprana. Sin embargo, a los 35 y 42 días, se observa una diferencia significativa con la concentración 3, que muestra un número de hojas mayor (rango B), en comparación con las otras concentraciones, que permanecen en el rango A. Esto sugiere que, aunque las concentraciones de *Trichoderma* no influyen al inicio, una concentración específica (en este caso, la concentración 3) tiene un impacto positivo en el número de hojas en etapas posteriores del crecimiento del brócoli.

10.2 Discusión de resultados

Trichoderma es un hongo muy utilizado en la agricultura debido a que combate los hongos patógenos de las plantas, gracias a la capacidad de producir compuestos: enzimas y antibióticos, por lo que se considera como un agente de biocontrol (Salwan et al., 2022). Además, produce compuestos que son bioestimulantes y por ende promueven el crecimiento de las plantas (Tyskiewicz et al., 2022). Dichos postulados fueron comprobados dentro de la presente investigación, ya que varias concentraciones del hongo mejoraron las características físicas de la plántula de brócoli de dos variedades.

El primer parámetro analizado fue la altura del cotiledón de las semillas de brócoli, siendo el mejor tratamiento T5: Variedad Waltham 29 y Trichobe como formulación del hongo. En la prueba de Tuckey se identificó que únicamente *Trichoderma* es la variable que genera un mayor impacto en esta variable. Velasco et al., (2021) en el género *Brassica* identificaron que *Trichoderma hamatum* genera una mayor altura del cotiledón debido a su capacidad para producir antibacterianos como bioestimulantes. Mientras que, Rodríguez et al., (2021) también demostraron que *T. harzianum* cuenta con la capacidad de obtener plántulas de brócoli con cotiledones más grandes, sin embargo, también utilizó biofertilizantes como el estiércol de aves.

El segundo parámetro analizado fue la altura de la planta, donde nuevamente el tratamiento 5 presentó la mayor altura de la planta con 5,26 cm. Con la prueba de Tuckey demostró que la variedad de brócoli y el tipo de *Trichoderma* utilizado mejoran esta característica. Rodríguez et al., (2021) obtuvieron una altura final de la plántula de brócoli de 5,11 cm, gracias a las fitohormonas que produce el hongo y a su vez a la nutrición con estiércol de aves.

Los siguientes parámetros analizados fueron Volumen y diámetro de la raíz, donde T5 sigue presentando las mejores características, mientras que, en la prueba de Tuckey se identificó que el tipo de *Trichoderma* tiene alta incidencia. Los valores alcanzados fueron 8,99 y 5,46 centímetros. Rodríguez et al., (2021) alcanzaron valores similares en volumen y diámetro 6,12 y 5,89 respectivamente, demostrando la eficacia del hongo en la obtención de plántulas de brócoli sanas y fuertes.

11 IMPACTOS

11.1 Impacto técnico

Desde el punto de vista técnico, el uso de *Trichoderma* en la producción de plántulas de brócoli puede mejorar significativamente la salud y el vigor de las plantas al aumentar su resistencia a enfermedades y estrés ambiental. Esto puede resultar en plántulas más fuertes y uniformes, que tienen un mayor potencial de supervivencia y productividad una vez trasplantadas. La evaluación de su eficacia en dos variedades distintas de brócoli: Whalman 29 y Green Sprouting Calabrese, permitió determinar si hay diferencias en la respuesta al tratamiento con *Trichoderma*, lo cual es crucial para optimizar las prácticas de manejo de cultivos. Además, la integración de estos bioinsumos puede mejorar la eficiencia de la producción al reducir la necesidad de tratamientos químicos adicionales, lo que puede traducirse en beneficios económicos para los agricultores.

11.2 Impacto ambiental

La aplicación de *Trichoderma*, un hongo benéfico, en la producción de plántulas de brócoli tiene el potencial de reducir la dependencia de agroquímicos sintéticos, promoviendo un manejo más sostenible y ecológico de los cultivos. *Trichoderma* puede mejorar la salud del suelo al aumentar su biodiversidad y capacidad de retención de nutrientes, reduciendo así el riesgo de contaminación ambiental por fertilizantes y pesticidas químicos. Sin embargo, es importante monitorear cualquier interacción negativa que pudiera surgir con otros organismos del suelo o cultivos adyacentes para asegurar que la aplicación de *Trichoderma* no altere los equilibrios ecológicos locales.

12 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Tabla 16.

Presupuesto de abonos

Materiales / Insumos.	Unidad	Costo Total
------------------------------	---------------	--------------------

Semilla variedad 1	1	\$25
Semilla variedad 2	1	\$25
Trichoderma 1	1	\$30
Trichoderma 2	1	\$25
Trichoderma 3	1	\$35
Costos adicionales	-	\$50
Total del ensayo		\$180

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones

- Se evaluó que la variedad de brócoli Whalman 29 y el *Trichoderma* comercial Trichobe presentaron la mejor producción de plántulas en la pilonera del GAD municipal de Mejía.
- Se evaluó que la variedad de brócoli Whalman 29 y el *Trichoderma* comercial Trichobe generaron una mayor altura del cotiledón, de planta y número de hojas en las plántulas.
- Se determinó que la variedad de brócoli Whalman 29 y el *Trichoderma* comercial Trichobe producen un volumen y diámetro de la raíz de las plántulas de brócoli de 5,46 y 8,99 cm respectivamente.

13.2 Recomendaciones

- Dado que el *Trichoderma* comercial Trichobe ha mostrado resultados positivos en la producción de plántulas de brócoli, se recomienda estandarizar su uso en

- la variedad Whalman 29 para maximizar el crecimiento y la calidad de las plántulas.
- Se recomienda desarrollar programas de capacitación para agricultores locales sobre los beneficios del uso de *Trichoderma* y las prácticas de manejo óptimas para la variedad Whalman 29.
- Se recomienda continuar con la investigación hasta la obtención del brócoli para comercialización con el fin de obtener la producción en Kg/hectárea y verificar la eficiencia de *Trichoderma*.

14 BIBLIOGRAFÍA

- Arratia, A., Fernández, E., Gómez, M., Herrera, T., Moreno, M., Licea, E., & Ramírez, I. (2022). *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* and *Fusarium verticillioides* identified as causal agents of broccoli head rot in Mexico. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 28(3), 175-188. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2022.03.003>
- Bertola, C. (2020). *Caracterización y análisis de la cadena de suministro del brócoli y coliflor en el Cinturón Hortícola de La Plata en el marco de las Buenas Prácticas Agrícolas*. UNLP. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/106949>
- Blanco, A., & Arragan, F. (2020). Concentraciones de Abono Orgánico Líquido Aeróbico (AOLA) en el cultivo. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2), 66-72. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182020000200009&script=sci_arttext
- Calla, E. (2022). *Propuesta de implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA) bajo el protocolo global G.A.P. 5.2 en el cultivo de brócoli (brassica oleracea var. italica), fundo Santa Teresa Cayma - Arequipa 2020 - 2021*. UNSA. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/2d3a9aac-1d83-44c5-9bf4-4c91fd18a6bd>
- Castillo, J. (2022). *Modelo matemático para la predicción del crecimiento del Brassica oleracea var, itálica (brócoli) en el invernadero 1, de la Finca*

Freire del cantón Latacunga basado en redes neuronales. ESPOCH.
<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17287>

- Castrillo, M., Bich, G., Sioli, G., Zapata, P., & Villalba, L. (2021). CAPACIDAD BIOCONTROLADORA DE AISLAMIENTOS NATIVOS DE *Trichoderma* sp. CONTRA EL HONGO FITOPATÓGENO *Alternaria alternata*, AISLADO DE YERBA MATE (*Ilex paraguariensis* Saint Hil.). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 37(3), 244-256.
<https://doi.org/10.29393/chjaas37-26cbml50026>
- Chávez, K., & Canchignia, H. (2022). CAPACIDAD BIOCONTROLADORA DEL HONGO *Trichoderma* Spp. HACIA *Alternaria* Spp. EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea*). UTEQ. <https://n9.cl/y25dzw>
- Cuesta, G., & Fusari, C. (2022). Nuevos aportes en la producción y procesamiento de Brócoli (*Brassica oleracea* L var. *itálica* Plenck): una revisión. *Argentinian Horticulture / Horticultura Argentina*, 41(106), 223.
<https://n9.cl/styke>
- Curay, S., & Lascano, Y. (2024). *Evaluación de microorganismos para el control de hernia de las crucíferas (Plasmodiophora brassicae) en el cultivo de brócoli Brassica oleracea Var. Avenger*. Universidad Técnica de Ambato.
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/handle/123456789/41378>
- Eugui, D., Velasco, P., Abril, P., Escobar, C., Gómez, Ó., Caballero, S., & Poveda, J. (2020). Glucosinolate-extracts from residues of conventional and organic cultivated broccoli leaves (*Brassica oleracea* var. *italica*) as potential industrially-scalable efficient biopesticides against fungi, oomycetes and plant parasitic nematodes. *Industrial Crops and Products*, 200.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116841>
- García, P., & Sandoval, I. (2021). *Evaluación de tres dosis de fertilizante (N, P, K) fraccionadas en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea var italica Plenck.) bajo condiciones de invernadero*. Universidad Nacional de San Martín. Fondo Editorial. <https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/4438>

- Khudhair, M. (2023). A study of the Effect of the Interaction Between the Secretions of the Roots of some Plants of the Cruciferous Family and the Biocontrol Factor *Trichoderma* spp. in Controlling fusarium wilt Disease on Okra Plants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1262/3/032026>
- Murillo, J., & Giraldo, C. (2023). Preferencia de oviposición de *Leptophobia aripa* (Lepidoptera: Pieridae) sobre plantas de *Brassica oleracea* var. *Italica* en diferentes estados fenológicos. *Revis Bionatura*, 8(3), 25. <https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.25>
- Pallo, E., & Guangatal, C. (2022). *Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica)*. Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/handle/123456789/36439>
- Pérez, L. (2022). *Evaluación de subproductos de crucíferas para el biocontrol de Fusarium Oxysporum en el cultivo de tomate*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <https://repositorio.uaaan.mx/handle/123456789/48507>
- Rodríguez, J., Carballo, F., Preciado, P., Hernández, M., & Rodríguez, H. (2021). Broccoli Seedling Production in Response to Recognised Organic Inputs. *Agricultura y Biología*, 26(3), 436-442. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1854>
- Rodríguez, V., Velasco, P., & Poveda, J. (2023). Systemic biochemical changes in pepper (*Capsicum annuum* L.) against *Rhizoctonia solani* by kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) green manure application. *BMC Plant Biol*, 23, 515. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04525-z>
- Salwan, R., Sharma, A., Kaur, R., Sharma, R., y Sharma, V. (2022). Los enigmas de la inmunidad vegetal inducida por *Trichoderma*. *Control biológico*, 174(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.105037>
- Sarmiento, G., Rivera, W., Mena, L., Quispe, R., Velarde, L., & Lipa, L. (2023). EFECTO DEL USO DE VERMICOMPOST, ACOLCHADO ORGÁNICO

Y COBERTURA PLÁSTICA SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L.), EN PERÚ. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 39(1), 35-44. <https://doi.org/10.29393/chjaa39-4eugl60004>

Shimat, J., & Sanna, I. (2020). Evaluation of Seedling Tray Drench of Insecticides for Cabbage Maggot (Diptera: Anthomyiidae) Management in Broccoli and Cauliflower. *Florida Entomologist*, 103(2), 172-179. <https://doi.org/10.1653/024.103.0204>

Tyskiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., y Jaroszek, J. (2022). Trichoderma : estado actual de su aplicación en la agricultura para el biocontrol de hongos fitopatógenos y estimulación del crecimiento vegetal. *Ciencias Moleculares*, 23(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijms23042329>

Velasco, P., Rodríguez, V., Soengas, P., & Poverda, J. (2021). Trichoderma hamatum aumenta la productividad, el contenido de glucosinolatos y el potencial antioxidante de diferentes hortalizas de hoja del género Brassica. *Plantas*, 10(11). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants10112449>

Viera, W., Tello, C., Martínez, A., & Navia, D. (2020). Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 128-149. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200128>

Zurita, J., & Gutiérrez, J. (2023). *Evaluación de sustratos y ácido salicílico en la producción de plántulas de brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica)*. Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/38314>