



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

“PRODUCCIÓN DE *Trichoderma spp.* COMO BIOINSUMO PARA LOS CULTIVOS DE COL (*Brassica oleracea var. capitata*) EN EL BARRIO BARABÓN CHICO, CUENCA-ECUADOR”

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORES: CECIBEL JANELA ALVARADO AGUINDA

FREDDY MARCELO GUARANGO CHIQUI

DIRECTORA: Ing. CRISTINA GABRIELA CALDERÓN TAPIA MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

©2023, Cecibel Janela Alvarado Aguinda & Freddy Marcelo Guarango Chiqui

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, CECIBEL JANELA ALVARADO AGUINDA y FREDDY MARCELO GUARANGO CHIQUI, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de febrero de 2023.



Cecibel Janela Alvarado Aguinda
155006623-5



Freddy Marcelo Guarango Chiqui
010699923-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **PRODUCCIÓN DE *Trichoderma spp.* COMO BIOINSUMO PARA LOS CULTIVOS DE COL (*Brassica oleracea var. capitata*) EN EL BARRIO BARABÓN CHICO, CUENCA-ECUADOR**, realizado por los señores: **CECIBEL JANELA ALVARADO AGUINDA** y **FREDDY MARCELO GUARANGO CHIQUI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA



Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina PhD.

2023-02-15

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia MsC.

2023-02-15

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



Ing. Paulina Fernanda Bolaños Logroño Mgs.

2023-02-15

**ASESORA DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

DEDICATORIA

Con mucho amor, a mis padres, Jorge Alvarado y Cecilia Aguinda, por sus palabras de aliento, apoyo incondicional, arduo trabajo y sacrificio, ya que sin ellos no habría llegado a donde estoy.

Cecibel

Con mucho amor, para todos mis allegados y mi familia, en especial a mi madre, que me han apoyado de manera incondicional para poder cumplir una meta más en mi vida.

Freddy

AGRADECIMIENTOS

A Dios por habernos guiado por el sendero correcto.

A nuestros padres, no nos alcanzaría la vida para devolverles todo lo que han hecho por nosotros, desde el principio de esta travesía guiándonos y siempre alentándonos a ser mejores seres humanos.

De igual manera a la Ing. Cristina Calderón, por habernos brindado su tiempo, sus consejos, sabias palabras y recomendaciones en cada una de las etapas del proyecto.

Cecibel & Freddy

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1.	Planteamiento del problema.....	3
1.2.	MARCO TEÓRICO	3
1.2.1.	<i>Antecedentes</i>	3
1.3.	Bases teóricas.....	4
1.3.1.	<i>Agricultura en San Joaquín</i>	4
1.3.2.	<i>Bioinsumos Agrícolas</i>	5
1.3.3.	<i>Col o repollo (Brassica oleracea var. capitata)</i>	6
1.3.4.	<i>Trichoderma spp.</i>	8
1.4.	Bases conceptuales	10
1.4.1.	<i>Bioinsumo</i>	10
1.4.2.	<i>Control Biológico</i>	10
1.4.3.	<i>Enfermedad en plantas</i>	10
1.4.4.	<i>Fitopatógeno</i>	10
1.4.5.	<i>Plaga</i>	11
1.4.6.	<i>Producto fitosanitario</i>	11
1.4.7.	<i>Sustentabilidad</i>	11
1.4.8.	<i>Trichoderma</i>	11
1.5.	Base Legal	11

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.....	13
2.1.	Tipo de investigación.....	13
2.2.	Diseño de la investigación.....	13

2.2.1.	<i>Localización del proyecto</i>	13
2.2.2.	<i>Población de estudio y/o tamaño de muestra y/o método de muestreo</i>	15
2.2.3.	<i>Técnicas de recolección de datos</i>	15
2.2.4.	<i>Análisis Estadístico</i>	16
2.2.5.	<i>Ingeniería del proyecto</i>	16
2.2.5.1.	<i>Fase 1 Construcción y adecuación del laboratorio para la producción del bioinsumo</i> 16	
2.2.5.2.	<i>Fase 2 Producción del bioinsumo</i>	17
2.2.5.3.	<i>Fase 3 Determinación de la concentración del bioinsumo</i>	19
2.2.5.4.	<i>Fase 4 Evaluación del efecto de Trichoderma spp. ante el uso de productos fitosanitarios</i>	20
2.2.5.5.	<i>Capacitación</i>	25
2.3.	Mobiliario, equipos, materiales, sustancias y reactivos	26

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1.	Construcción y adecuación del laboratorio	29
3.1.1.	<i>Producción del bioinsumo</i>	30
3.1.2.	<i>Concentración del bioinsumo (UFC)</i>	31
3.1.3.	<i>Obtención de datos de los cultivos de col</i>	32
3.1.4.	<i>Análisis bromatológico de la col</i>	36
3.1.5.	<i>Análisis fisicoquímico del suelo</i>	39
3.1.6.	<i>Capacitación</i>	42
3.1.7.	<i>Evaluación financiera de VAN, TIR y periodo de recuperación</i>	44

	CONCLUSIONES	46
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	47
--	------------------------------	----

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Composición nutricional de 100g de una porción fresca comestible de col.....	7
Tabla 1-2: Coordenadas UTM del estudio	14
Tabla 2-2: Mobiliario, equipos, materiales, sustancias y reactivos utilizados en el proyecto	27
Tabla 1-3: Resultados obtenidos de los cultivos de col	32
Tabla 2-3: Datos obtenidos de peso y diámetro de la col.....	33
Tabla 3-3: Resultados obtenidos de humedad en la col	37
Tabla 4-3: Resultados obtenidos de cenizas en la col	37
Tabla 5-3: Resultados obtenidos de azúcar en la col	38
Tabla 6-3: Resultados obtenidos de ácido ascórbico en la col	38
Tabla 7-3: Resultados obtenidos de textura del suelo	38
Tabla 8-3: Resultados obtenidos de materia orgánica del suelo	39
Tabla 9-3: Resultados obtenidos de pH del suelo	40
Tabla 10-3: Resultados obtenidos de conductividad eléctrica del suelo	41
Tabla 11-3: Resultados obtenidos de densidad aparente del suelo.....	42
Tabla 12-3: Resultados obtenidos del VAN y TIR	44
Tabla 13-3: Resultado del periodo de recuperación.....	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Etapa de crecimiento, desarrollo y manejo agronómico de la col.....	8
Ilustración 1-2: Ubicación geográfica del Laboratorio.....	14
Ilustración 2-2: Ubicación geográfica del proyecto	15
Ilustración 3-2: Localización del <i>Trichoderma</i> spp.....	18
Ilustración 4-2: Crecimiento del <i>Trichoderma</i> spp.....	18
Ilustración 5-2: Obtención del bioinsumo	19
Ilustración 6-2: Observación y conteo de esporas	20
Ilustración 7-2: Procedimiento de textura por tacto.....	23
Ilustración 8-2: Capacitación a los agricultores participantes	25
Ilustración 9-2: Observación de las trampas	26
Ilustración 1-3: Plano del laboratorio	29
Ilustración 2-3: Área de secado y almacenado del laboratorio.....	30
Ilustración 3-3: Área de producción de matrices	30
Ilustración 4-3: Diagrama de flujo de masa y energía del bioinsumo	31
Ilustración 5-3: Coles cosechadas de cada subparcela	33
Ilustración 6-3: Peso de la col	34
Ilustración 7-3: Diámetro de la col.....	34
Ilustración 8-3: Enfermedad de <i>Plasmodiophora</i>	35
Ilustración 9-3: Temperatura máxima y mínima promedio en Cuenca	35
Ilustración 10-3: Probabilidad diaria de precipitación en Cuenca.....	36
Ilustración 11-3: Velocidad promedio del viento en Cuenca	36
Ilustración 12-3: Resultados de materia orgánica del suelo	39
Ilustración 13-3: Resultados de pH del suelo	40
Ilustración 14-3: Resultados de conductividad eléctrica del suelo.....	41
Ilustración 15-3: Resultados de densidad aparente del suelo	42
Ilustración 16-3: Resultados de las preguntas 1, 5, 7 y 9 a los agricultores	43
Ilustración 17-3: Resultados de las preguntas 2, 3, 4, 8 y 10 a los agricultores	44
Ilustración 18-3: Resultados de la pregunta 6 a los agricultores	44
Ilustración 19-3: Resultados del VAN y TIR.....	45

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. CONSTRUCCIÓN Y ADECUACIÓN DEL LABORATORIO EN EL BARRIO LA CALDERA DE SIDCAY

ANEXO B. PRODUCCIÓN DEL BIOINSUMO EN EL BARRIO LA CALDERA DE SIDCAY

ANEXO C. CAPACITACIÓN A LOS AGRICULTORES - BARRIO BARABÓN CHICO

ANEXO D. MODELO DE ENCUESTA APLICADO A LOS AGRICULTORES

ANEXO E. APLICACIÓN DEL BIOINSUMO EN LOS CULTIVOS DE COL EN EL BARRIO BARABÓN CHICO

ANEXO F. TOMA DE MUESTRAS DEL SUELO EN EL BARRIO BARABÓN CHICO

ANEXO G. ANÁLISIS DE SUELO EN EL LABORATORIO

ANEXO H. DETERMINACIÓN DE LAS UFC DEL BIOINSUMO EN EL LABORATORIO DE BIOLOGÍA MOLECULAR, GENÉTICA Y MICROBIOLOGÍA

ANEXO I. REGISTRO DE DATOS DE LA COL

ANEXO J. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA COL EN EL LABORATORIO

RESUMEN

El presente estudio busca emprender en agroinsumos orgánicos al producir *Trichoderma spp.* como bioinsumo para los cultivos de col (*Brassica oleracea var. capitata*) en el barrio Barabón Chico, Cuenca-Ecuador. Para ello se construyó un laboratorio con tres áreas separadas, adecuándolo para realizar los procesos unitarios del bioinsumo: cocción del sustrato (arrocillo 65%; agua 35%) a 90 grados centígrados, inoculación con *Trichoderma spp.* y almacenamiento en frascos de vidrio a una temperatura constante de 26 grados centígrados, este proceso tiene una duración de siete días y luego se realizan repeticiones hasta obtener la cuarta filial, finalmente se secó, empaquetó y almacenó como producto final, este producto tiene una concentración de $2.2 \cdot 10^7$ unidades formadoras de colonia por gramo (UFC/g) y fue entregado a los agricultores en dosis de 300 gramos por semana en el lapso de 5 semanas, además, se capacitó a cada agricultor participante, los mismos que dividieron en dos subparcelas sus cultivos de col para evaluar el efecto al aplicar solo *Trichoderma spp.* como bioinsumo y compararla ante los productos fitosanitarios. Los resultados obtenidos indican que las subparcelas donde se aplicó el bioinsumo la col es superior a nivel nutricional, de acuerdo con el porcentaje de humedad, cenizas, azúcares y miligramos de ácido ascórbico, sin embargo, la producción, tamaño y peso fue menor en comparación a las coles obtenidas con productos fitosanitarios. Concluyendo que las condiciones climáticas no fueron las mejores y la enfermedad de *Plasmodiophora brassicae* influyó en el cultivo, la subparcela donde se aplicó *Trichoderma* se cosechó menos coles y de menor tamaño, pero con mejor nivel nutricional. Por lo que se recomienda continuar utilizando el bioinsumo alternándolo con los productos fitosanitarios hasta prescindir de ellos.

Palabras clave: <BIOINSUMO>, <FITOSANITARIOS>, <AGROECOLOGÍA>, <COL (*Brassica oleracea var. capitata*)>, <HONGO (*Trichoderma spp.*)>.



0452-DBRA-UPT-2023

ABSTRACT

This study aimed to undertake organic Agro-Inputs by producing *Trichoderma spp.* as a bio input for cabbage (*Brassica oleracea var. capitata*) crops in the Barabón Chico neighbourhood in Cuenca, Ecuador. A laboratory with three separate areas was built, adapting it to carry out the bio- input unit processes: cooking the substrate (65% rice; 35% water) at 90 degrees Celsius, inoculation with *Trichoderma spp.* and storage in glass jars at a constant temperature of 26 degrees Celsius, this process lasts for seven days, and then repetitions are made until the fourth branch is obtained; finally it was dried, packaged and stored as a final product, this product has a concentration of 2.2×10^7 colony-forming units per gram (UFC/g) and was delivered to the farmers in doses of 300 grams per week in 5 weeks, in addition, each participating farmer was trained, who divided them into two subplots their cabbage crops to evaluate the effect of applying only *Trichoderma spp.* as a bio-input and compare it to phytosanitary products. The results indicate that the subplots where the cabbage bio-input was applied are superior at a nutritional level, according to the percentage of humidity, ash, sugars and milligrams of ascorbic acid; however, the production, size and weight were lower compared to sprouts obtained with phytosanitary products. It was concluded that the climatic conditions were not the best, and the *Plasmodiophora brassicae* disease influenced the crop; the subplot where *Trichoderma* was applied harvested fewer and smaller cabbages but with a better nutritional level. It is recommended to continue using the bio-input, alternating it with the phytosanitary products until you do without them.

Keywords: <BIOINPUTS>, <PHYTOSANITARY>, <AGROECOLOGY>, <COL (*Brassica oleracea var. capitata*)>, <FUNGUS (*Trichoderma spp.*)>.



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

INTRODUCCIÓN

En la agricultura es importante reconocer que no todos los grupos de hongos y bacterias son patógenos, ya que algunos cumplen con efectos antagónicos que benefician a los cultivos, pero la agroindustria con sus prácticas de monocultivo, uso de productos fitosanitarios, entre otros, han degradado el suelo a tal punto que estos microorganismos benéficos disminuyan generando un crecimiento exponencial de los microorganismos patógenos (Hernández-Melchor et al., 2019, p. 99; Infante et al., 2009, pp. 14-15).

El Ecuador es reconocido por los recursos primarios que genera como es el cacao, banano, flores, café, entre otros, siendo necesario impulsar una agricultura sustentable como es el uso de abonos orgánicos, bioinsumos, técnicas de policultivo, con el fin de no perder la calidad y sanidad de los productos y poder seguir exportando a otros países (Viteri Vera y Tapia Toral, 2018).

Desde los primeros estudios de los antagonistas hasta el presente, el género *Trichoderma* ha sido de los más estudiados debido al control biológico que efectúa sobre la rizosfera al producir elicitores que inducen las defensas de la planta contra patógenos e insectos (Hernández-Melchor et al., 2019, p. 99; Infante et al., 2009, pp. 14-15).

La parroquia de San Joaquín es reconocida a nivel local por sus cultivos de hortalizas, siendo la col una de las más producidas de la familia *Brassicaceae*, pero en los últimos años su producción ha disminuido drásticamente debido a que es afectada por *Plasmodiophora brassicae*, también conocida como hernia de la col, provocando que los agricultores siembren otro tipo de plantas u hortalizas, regresando a las siembras de monocultivo o prefieran realizar otras actividades (Viñansaca, 2019, pp. 15-16).

Este proyecto técnico tiene como objetivo producir *Trichoderma spp.* el cual va a ser utilizado como bioinsumo por los agricultores del barrio Barabón Chico en sus cultivos de col. Cabe recalcar que los agricultores temen sembrar col, ya que no les genera ganancias, porque la mayoría del cultivo se tiende a perder debido a *Plasmodiophora brassicae*.

JUSTIFICACIÓN

La horticultura en San Joaquín es la principal fuente de ingresos económicos y parte del sustento alimentario de los cuencanos y otras ciudades, siendo la col una de las más producidas, actividades que se ha reducido en los últimos años. Centrando el proyecto en el barrio Barabón Chico, la cual busca ofrecer un producto de calidad y libre de productos fitosanitarios, por lo que se considera el uso de bioinsumos a base de *Trichoderma spp.* que actúan como agentes de control biológico, mejoran el crecimiento de las plantas, detoxifican compuestos tóxicos y aceleran la degradación de materia orgánica, además se encuentran libremente en la tierra y se desarrollan en una amplia gama de sustratos que favorecen su producción masiva (Zin y Badaluddin, 2020, p. 170; Rozo y Castellanos, 2021, p. 24).

La falta de empresas dedicadas a la producción de bioinsumos, nos ha motivado a autofinanciarnos la construcción del área para las operaciones unitarias donde se producirá el *Trichoderma spp.*, además de la adquisición de equipos y materiales necesarios para la siembra, cultivo y producción, con el fin de emprender como una futura microempresa pionera en agroinsumos orgánicos.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Producir *Trichoderma spp.* como bioinsumo para los cultivos de col (*Brassica oleracea var. capitata*) en el barrio Barabón Chico, Cuenca-Ecuador.

Objetivos específicos

- Construir y adecuar el área para los procesos unitarios del bioinsumo.
- Preparar el bioinsumo a ser usado.
- Determinar las unidades formadoras de colonia (UFC) del bioinsumo.
- Evaluar el efecto del *Trichoderma spp.* en los cultivos de col ante el uso de productos fitosanitarios.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En el mundo, para poder alimentar a la población creciente y proteger los cultivos que cada año se pierden por plagas, enfermedades, malezas, entre otros, se acude al uso de productos fitosanitarios, sin embargo, el uso excesivo y erróneo ha llevado a considerables cambios en la actitud del agricultor para un manejo sustentable (Hoyos, 2011, p. 2).

La horticultura en el Ecuador se concentra en la sierra, ya que presenta condiciones adecuadas que favorecen su producción (Loyola, 2016, p. 32). La parroquia San Joaquín se caracteriza por la producción de diversas hortalizas, ya que el 85.71 % de las comunidades se dedican a esto, las cuales abastecen a los mercados de Cuenca y otras ciudades (GAD San Joaquín, 2015, p. 94). En el barrio Barabón Chico, los cultivos hortícolas, como la col, se encuentran a campo abierto, por lo que están expuestos a factores ambientales que afectan su rentabilidad. Además, manejan un sistema convencional, es decir, dependen de insumos externos que, con el continuo e inadecuado uso sin un control estricto, causan daños en el ambiente, en la seguridad alimentaria, en la salud humana, y aumenta los costos de producción (Viera-Arroyo et al., 2020, p. 129).

Los bioinsumos son una alternativa ambiental frente a la agricultura convencional, ya que mejoran la productividad, calidad y sanidad de los cultivos sin ocasionar daños; se elaboran a base de microorganismo o plantas, tal es el caso del hongo *Trichoderma spp.* que es el género más empleado como agente de control biológico (Mamani de Marchese y Filippone, 2018, p. 11; Viera-Arroyo et al., 2020, p. 131).

1.1.1 *Pregunta de investigación*

¿La producción de *Trichoderma spp* servirá como bioinsumo para los cultivos de col (*Brassica oleracea var. capitata*) en el barrio Barabón Chico, Cuenca-Ecuador?

1.2. MARCO TEÓRICO

1.2.1. *Antecedentes*

Antes de 1950, en San Joaquín se desarrollaba un sistema campesino de autosubsistencia con el

policultivo de maíz. A raíz de la apertura de vías de comunicación interprovincial y con la capacitación a los agricultores por parte de los miembros norteamericanos del “Cuerpo de Paz” sobre siembra y cultivos hortícolas, especialmente col y lechuga, se da inicio a la horticultura, presentando la posibilidad de mejorar la rentabilidad agroeconómica de los habitantes, por lo que hoy en día su variedad ha incrementado a 26 plantas hortícolas que se cultivan, lo que la convierte en uno de los principales proveedores de productos agrícolas en la provincia del Azuay, como también a nivel nacional, ya que el 20 % de producción se vende en Cuenca y el 80 % sale a provincias cercanas (Sotamba y Sánchez, 2013, pp. 24-26; Chilpe, 2018, pp. 18-19).

La primera descripción que se realizó para el género *Trichoderma* se remota a 1794 por Persoon y al ser una especie cosmopolita se ha descrito más de 300 especies hasta la actualidad, lo que ha intensificado su estudio como agentes de control biológico, ya que es un parásito antagónico que hoy en día es aprovechado comercialmente como bioinsumo agrícola (Trejo-Macotela, 2018, p. 2).

Según Tovar (2018), a través de su investigación, sugiere que la utilización de especies *Trichoderma* para el control de *Rhizoctonia solani* es prometedor, ya que reduce severamente los síntomas o signos negativos sobre cultivos.

El experimento realizado por Viñansaca (2019) llega a la conclusión de que el *Trichoderma sp.* recolectado en trampas de arroz, después de aislar las cepas de *T. harzianum* y *T. koningii* con una concentración de $1 \cdot 10^6$ UFC/cm³ ha podido controlar el 100 % de la enfermedad conocida como hernia de la col, la cual afecta los cultivos hortícolas de la parroquia San Joaquín, siendo una alternativa sostenible ante el uso de quintozeno que es más costoso, además, de que incrementa el desarrollo radicular, diámetro de tallo y peso fresco en las plantas de col.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Agricultura en San Joaquín

La parroquia tiene una superficie de 21 007.67 ha, dentro de las cuales se encuentran terrenos dedicados al cultivo hortícola: col 48.18 ha, culantro 15.93 ha, zanahoria 13.63 ha, lechuga 8.35 ha, coliflor 6.45 ha, perejil 3.03 ha, ajo 1.37 ha y también otras especies en menor proporción como acelga, espinaca, apio, cebolla, rábano, remolacha, nabo, etc. (Viñansaca, 2019, p. 18).

La zona hortícola abarca las comunidades de Barabón Chico, Balzay, Cristo del Consuelo, Cruz Verde, Las Palmera, Centro parroquial, Francisco Xavier, Chacarrumi, Medio Ejido, Florida y Juan Pablo (Mejía, 2014, p. 12). Las condiciones ambientales durante todo el año favorecen que estos

suelos tengan una continua producción para proveer al austro ecuatoriano convirtiéndolo en una zona importante para la economía de la provincia de Azuay (Viñansaca, 2019, p. 18).

1.3.1.1. Tipos de agricultura

Se puede diferenciar la existencia de tres tipos de agricultura en la zona:

- **Sistema de producción convencional**

Es un sistema de monocultivo simple que implica una pérdida de los recursos naturales, porque se basa en el uso de tecnologías e insumos externos, los cuales inducen a una mayor resistencia de las plagas y enfermedades, elevados costos de producción, degradación de las cuencas hidrográficas, además de la constante pérdida de la fertilidad del suelo (Mejía, 2014, p. 20).

- **Sistema de producción tradicional**

Es un sistema de policultivo que resalta los conocimientos ancestrales basándose principalmente en el uso de insumos internos y el conocimiento propio, apoyando al desarrollo de agroecosistemas sustentables, aunque en la actualidad, este conocimiento esta por perderse, ya que estas técnicas de pisos ecológicos, disminución de erosión, asociados a la rotación adecuada de cultivos que mantengan la fertilidad del suelo, es manejado por los campesinos más viejos (Mejía, 2014, pp. 20-21; Sotamba y Sánchez, 2013, p. 33).

- **Sistema de producción orgánico**

Es un sistema que hace énfasis en el uso de insumos de origen orgánico y en la fertilidad del suelo como su actividad biológica, reduciendo el uso de recursos no renovables al no usar productos fitosanitarios, logrando una agroecología sustentable mediante tres principios: una perturbación mínima del suelo, cobertura permanente del suelo y la rotación de cultivos, mejorando el punto de vista social, ecológico y económico (Mejía, 2014, p. 21; Sotamba y Sánchez, 2013, p. 33).

1.3.2. Bioinsumos Agrícolas

Los bioinsumos son una gran alternativa para la agricultura sustentable, ya que sus ventajas están reemplazando el uso de fertilizantes y pesticidas químicos, abriendo un nuevo mercado nacional e internacional que busca industrializarlo para mejorar la calidad, productividad y sanidad de los cultivos sin afectar la sustentabilidad (Mamani de Marchese y Filippone, 2018, p. 13).

1.3.2.1. Biofertilizante

Son preparados donde los microorganismos que se aplican para el suelo y/o planta proporcionan beneficios, clasificándolos dentro de dos grupos: el primero, incluye microorganismos capaces de aumentar la capacidad de crecimiento, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al estrés hídrico, salinidad y metales tóxicos; lo segundo, incluye microorganismos capaces de disminuir o eliminar los efectos provocados por patógenos. También puede existir microorganismo que pertenezcan a los dos grupos (Armenta-Bojórquez et al., 2010, p. 51).

1.3.2.2. Biopesticida

Son derivados de materiales naturales como animales, plantas, microorganismos y minerales, con un mínimo de riesgo contra insectos benéficos, vegetación circundante y vida silvestre, ya que atacan específicamente a la plaga objeto. Se clasifica en dos grupos: plaguicidas microbianos, que incluyen bacterias, hongos, virus o protozoos, y plaguicidas bioquímicos, que comprenden los atrayentes, hormonas, reguladores de crecimiento de plantas o insectos, enzimas y sustancias de señalización química (Nava-Pérez et al., 2012, pp. 18-19).

*1.3.3. Col o repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*)*

Es una de las variedades más importantes de la especie *Brassica oleracea* por su antigüedad, amplia difusión, fácil reproducción y con un gran valor nutricional (tabla 1-1), la cual también presenta variedades como la col verde (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), la col blanca (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) y la col roja (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) (Cásseres, 1966, p. 165; Uuh-Narvaez y Segura-Campos, 2021, p. 4776).

El cultivo de col se originó en Europa, y actualmente se encuentra en todo el mundo con 2 412 167 ha (Uuh-Narvaez y Segura-Campos, 2021, p. 4776). En el Ecuador la col ocupa 1145 ha, siendo la región sierra donde más se produce debido a sus condiciones ambientales (Rodríguez y Zumba, 2021, p. 4).

Tabla 1-1: Composición nutricional de 100g de una porción fresca comestible de col

Nutriente	Valor
Agua (%)	93
Energía (k cal)	24
Proteína	1.2
Grasa (g)	0.2
Carbohidrato (g)	5.4
Fibra (g)	0.8
Ca (mg)	47
P (mg)	23
Fe (mg)	0.6
Na (mg)	18
K (mg)	246
Vitamina A (UI)	126
Tiamina (mg)	0.05
Riboflavina (mg)	0.03
Niacina (mg)	0.30
Ácido ascórbico (mg)	47.3
Vitamina B6 (mg)	0.10

Fuente: Haytowitz y Mattheews, 1984; citado de Zamora, 2016, p. 2.

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

1.3.3.1. Etapas de crecimiento y desarrollo

- **Etapa de plántula o semillero**

Comienza desde la siembra de la semilla hasta que la plántula es trasplantada al terreno, lo cual ocurre de 25 a 30 días. Es importante que el semillero y la semilla sean de buena calidad para tener éxito en el cultivo (CATIE, 1990, pp. 13-14; Rizo, 2019, p. 15).

- **Etapa de establecimiento o pos-trasplante**

Aquí la planta presenta de 9 a 12 hojas aún con el pecíolo alargado y con la base del tallo todavía visible si se le observa desde arriba (CATIE, 1990, pp. 13-14).

- **Etapa de preformación de cabeza**

En esta etapa ya no es visible la base del tallo y las hojas, además los pecíolos son cortos y la planta tiene de 13 a 26 hojas del corazón que crecen verticalmente hasta ocultarse por las hojas que las rodean (CATIE, 1990, pp. 13-14).

- **Etapa de formación de cabeza**

Inicia a los 85 o 90 días cuando la cabeza en desarrollo tiene entre 5 a 8 cm de diámetro y presenta un rápido desarrollo de las hojas internas del corazón, dando forma a una bola de hojas superpuestas rodeadas por las hojas más viejas. Al llegar al estado de madurez, la cabeza tiene de 12 a 18 cm de diámetro con una tamaño y dureza máximo. Finalmente, a los 110 a 120 días se cosecha la col (CATIE, 1990, pp. 13-14).

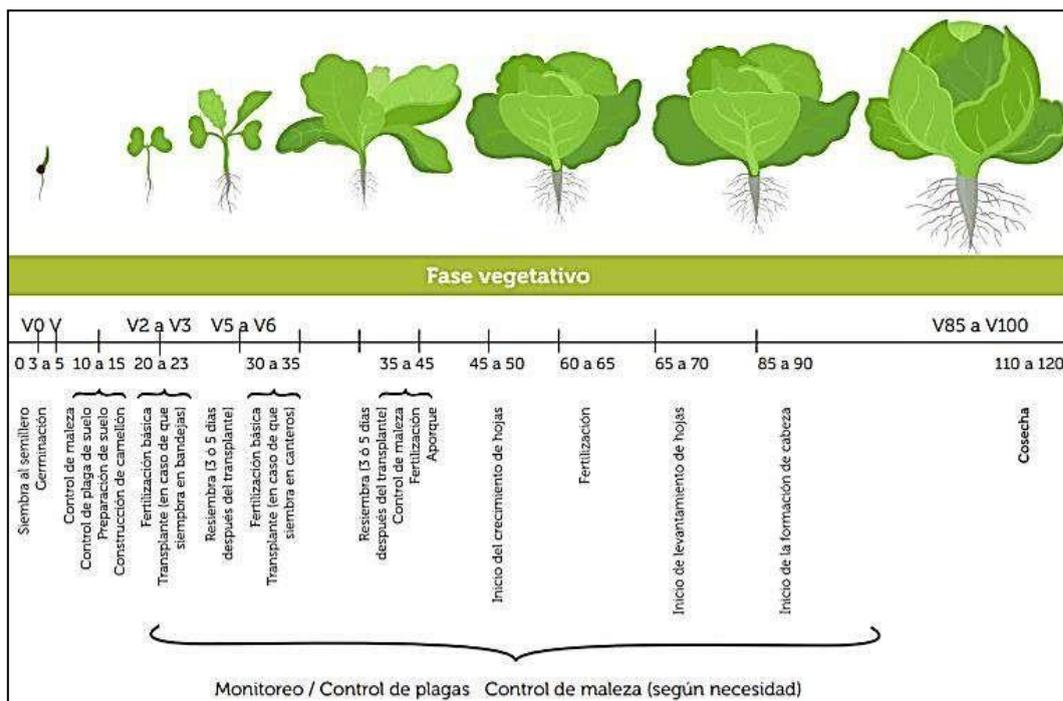


Ilustración 1-1: Etapa de crecimiento, desarrollo y manejo agronómico de la col

Fuente: (Rizo, 2019, p. 14).

1.3.4. *Trichoderma spp.*

Es un hongo cosmopolita colonizador que se encuentra en casi todo tipo de suelos donde hay materia vegetal en descomposición, puede desarrollarse en distintas condiciones ambientales y adaptarse a diferentes sustratos como arroz, trigo y residuos agroindustriales. Son considerados excelentes agentes de control biológico por ser efectivos, económicos y amigables con el

ambiente, empleando para ellos diferentes mecanismos de acción

(Maniscalco y Dorta, 2015, p. 23; Vega-Rodríguez y Hernández-Chaverri, 2020, p. 599).

1.3.4.1. Mecanismos de acción

- **Micoparasitismo**

Es el principal mecanismo de acción directa del *Trichoderma* (micoparásito) contra un organismo patógeno que comprende etapas como: el quimiotropismo, reconocimiento, adhesión, enrollamiento y actividad lítica, en el cual destruye algunas estructuras del organismo patógeno y lo debilita casi totalmente (van Gelderen, 2009, p. 5; Infante et al.; 2009, pp. 16-17).

- **Antibiosis**

Es la acción directa del *Trichoderma* sobre un organismo patógeno, el cual inhibe el crecimiento de éste a través de la producción de metabolitos secundarios volátiles y no volátiles (Infante et al.; 2009, p. 18).

- **Competencia**

Es la habilidad que tiene el género *Trichoderma* en competir por el espacio y nutrientes que se encuentran limitados, dejando a los organismos patógenos sin recursos disponibles para su crecimiento (Nusaibah y Musa, 2019, pp. 6-7).

- **Resistencia sistémica inducida en la planta**

Es un mecanismo de acción indirecta que produce *Trichoderma spp.* en la planta para defenderse de organismos patógenos, esta inducción produce cambios celulares en la planta, como aumento de calosa en la pared celular. La resistencia sistémica inducida varía en cada planta por factores ambientales, patógenos y simbiosis en la rizosfera (Jaimes et al., 2009, p. 112; Nusaibah y Musa, 2019, p. 4).

- **Promover el crecimiento de las plantas**

Es un efecto indirecto que se da cuando *Trichoderma* invade la raíz de la planta, ya que protege a la planta de los patógenos, estimula el crecimiento produciendo fitohormonas y ayuda a superar el estrés abiótico (Nusaibah y Musa, 2019, p. 3).

1.3.4.2. Taxonomía

El *Trichoderma spp.* se clasifica en (Sánchez Hernández et al.; 2018, p. 168):

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Hypocreaceae

Género: *Trichoderma*

1.4. Bases conceptuales

1.4.1. Bioinsumo

Producto elaborado de compuestos o extractos de plantas o microorganismo benéficos, los cuales son seleccionados por sus capacidades para promover el crecimiento y controlar plagas y enfermedades en las plantas, sin generar daños al ambiente

(Altier et al., 2012, p. 47; Mamani de Marchese y Filippone, 2018, p. 13).

1.4.2. Control Biológico

Es una técnica amigable para el ambiente en el control de plagas, ya que emplea microorganismos entomopatógenos (hongos, bacterias, etc.) y artrópodos (insectos, ácaros, arañas) que permiten eliminar la población del organismo plaga o hacerle menos perjudicial (Jacas, 2014, p. 16).

1.4.3. Enfermedad en plantas

Es una alteración negativa en los procesos morfológicos, histológicos y fisiológicos, causada por agentes causales y condiciones ambientales adversas (Rivera, 1999, p. 6).

1.4.4. Fitopatógeno

Es un microorganismo, principalmente hongo, bacteria o virus, que causa enfermedades infecciosas en las plantas (Arauz, 1998, p. 24).

1.4.5. Plaga

Es un organismo de rápido crecimiento que se alimenta de las plantas o compete con ellas impidiendo su crecimiento, lo que provoca pérdidas económicas para el agricultor

(Fernández Alés y Leiva Morales, 2008, p. 83).

1.4.6. Producto fitosanitario

Es una sustancia de origen químico, biológico o natural que se emplea en las plantas para combatir plagas y enfermedades, y proporcionar nutrientes para su crecimiento (Probelte, 2019).

1.4.7. Sustentabilidad

Es una estrategia global enfocada al desarrollo responsable y competitivo, manteniendo el auge económico, equilibrio ecológico y el bien de las personas actuales sin comprometer el de las generaciones futuras (Velázquez Álvarez y Vargas-Hernández, 2012, pp. 98-99).

1.4.8. Trichoderma

Es un género de hongos saprofitos de crecimiento rápido que se encuentran en bosques o suelos agrícolas, incluyen más de 300 especies caracterizadas molecular y morfológicamente

(Zin y Badaluddin, 2020, p. 169; Tyśkiewicz et al., 2022, p. 3).

1.5. Base Legal

En el Ecuador, con el expendio de la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria, la regulación y control de insumos agropecuarios quedó a cargo de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario, la cual, en julio de 2019, mediante Resolución N° 0143, aprueba el “Manual de procedimientos para el registro y control de agentes de control biológico, extractos vegetales, preparados minerales, semioquímicos y productos afines de uso agrícola” que al incumplir con dicha disposición se aplicará sanciones contempladas en la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria (Ruales y Barriga, 2020, pp. 13-14; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) es la entidad encargada de regular y controlar los registros de productos bioquímicos o microbianos, basándose en leyes, normas o reglas para incorporar al mercado plaguicidas microbianos, proteínas virales, material genético, bacterias, hongos, protozoos y algas, sustancias bioquímicas, feromonas, reguladores

de crecimiento, incluidas sustancias alimentarias y muchas otras sustancias presentes en la naturaleza (Hidalgo, 2017, p. 50).

El (Ministerio de Agricultura, ganadería y pesca, 2013) de Argentina creó un Comité Asesor en Bioinsumos de Uso Agropecuario (CABUA), el cual le da una clasificación a los bioinsumo como:

- **Biofertilizantes**
 - a) Para fijación de fósforo y/o nitrógeno.
 - b) Como fitoestimulantes (microorganismos productores de moléculas fitoestimulantes o promotores del desarrollo del crecimiento de las plantas).

- **Biopesticidas: empleados para el control biológico de plagas y enfermedades en los cultivos**
 - a) Bioinsecticidas fúngicos, virales y/o bacterianos.
 - b) Extractos vegetales de plantas con características insecticidas, nematocidas, fungicidas o repelentes.
 - c) Insectos para el control biológico (parasitoides y predadores).

- **Microorganismos eficaces: aplicación en agricultura, producción animal, sanidad y salud animal, medio ambiente, tratamiento de aguas servidas, etc.**
 - a) Bacterias acidolácticas: suprimen microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de la materia orgánica.
 - b) Probióticos de uso agropecuario.
 - c) Aditivos para forraje.

La cual nos ayuda a obtener asesoría sobre aspectos técnicos de calidad, eficiencia y bioseguridad que deben cumplir para ser comercializados, clasificando al *Trichoderma spp.* en el grupo de probióticos de uso agropecuario.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de investigación

En este proyecto de titulación se aplicó como método la investigación cuantitativa, ya que los objetivos planteados nos direccionó a la obtención de datos como: unidades formadoras de colonia en el producto final (bioinsumo); determinar el efecto en los cultivos mediante el peso, diámetro y un análisis bromatológico proximal de la col; además de las características del suelo como materia orgánica, pH, conductividad eléctrica y densidad aparente; mientras que para caracterizar su textura se lo realizó de forma cualitativa.

La investigación fue aplicada, durante un periodo de tiempo transversal, ya que con la ayuda de los agricultores se aplicó el *Trichoderma spp.* en sus cultivos de col, evaluando su efecto frente al uso de abono, insecticidas y fertilizantes, además la extracción de las muestras fue en un periodo corto de tiempo. Por tal se profundizó el nivel de estudio de forma descriptiva, al limitarnos a recoger información para especificar las propiedades que tiene al aplicar el hongo *Trichoderma spp.*

2.2. Diseño de la investigación

2.2.1. Localización del proyecto

El laboratorio donde se produce el bioinsumo está ubicado en la comunidad, La Caldera de Sidcay, Cuenca-Ecuador.

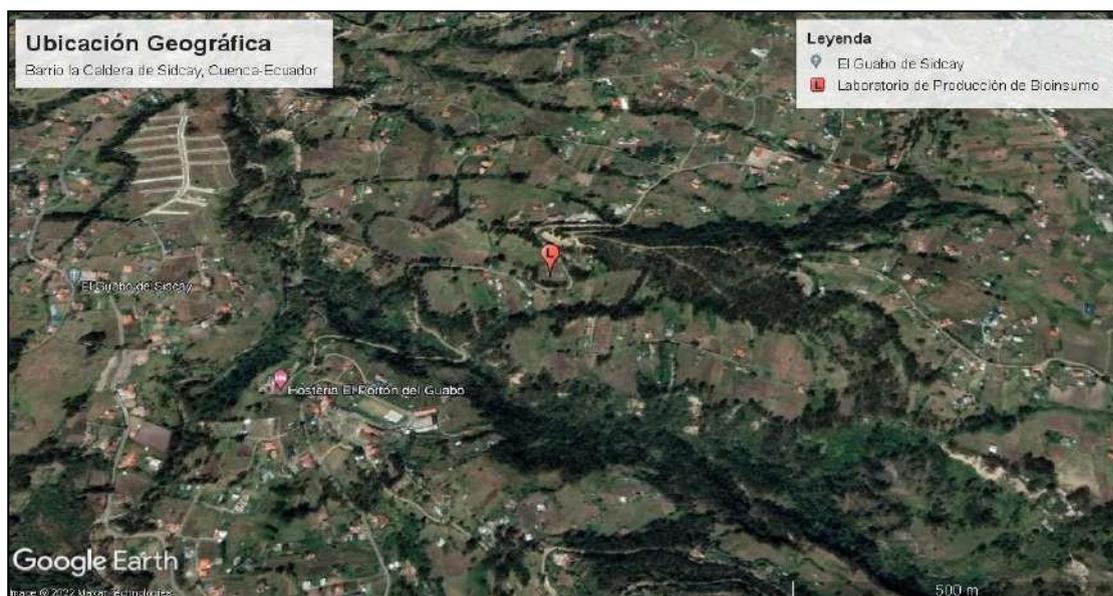


Ilustración 1-2: Ubicación geográfica del Laboratorio

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

Mientras que el bioinsumo de *Trichoderma spp*, se aplicó en los cultivos de col distribuidos en la comunidad de Barabón Chico que cuenta con una superficie de 53 ha y está a 2600 m.s.n.m., perteneciente a la parroquia de San Joaquín, ubicado al norte del cantón Cuenca-Ecuador.

Tabla 1-2: Coordenadas UTM del estudio

Agricultor	X	Y
1. Rosa Gómez	715738.73	9679126.29
2. Julia Moscoso	715594.67	9679499.19
3. Enrique Moscoso	715979.00	9679288.59
4. Gerardo Moscoso	715613.99	9679457.4
5. Narcisa Moscoso	715676.79	9679400.99

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.



Ilustración 2-2: Ubicación geográfica del proyecto

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

2.2.2. Población de estudio y/o tamaño de muestra y/o método de muestreo

En primera instancia, se tomó como población de estudio al hongo antagonista *Trichoderma spp.*, el cual después de realizar la matriz de producción hasta la cuarta generación filial, se recolectó 1 gramo de sustrato seco con la cual se determinó las unidades formadoras de colonia (UFC).

En segunda instancia se tomó como población de estudio todo el cultivo de col y con un muestreo a conveniencia se analizó las coles que repollaron mientras que el resto fueron descartadas, además, mediante un método de muestreo probabilístico sistemático aleatorio se dividió la parcela en 2 partes, y de cada parte se extrajo 1 muestra compuesta de suelo (antes y después del proceso), con la finalidad de reflejar el rendimiento de *Trichoderma spp.* y del uso de productos fitosanitarios.

2.2.3. Técnicas de recolección de datos

En la presente investigación se utilizó fichas técnicas con las que se recolectó la información siguiente:

- Concentración del bioinsumo en UFC usando como instrumento la Cámara de Neubauer.
- Diámetro de la col en cm.
- Peso de la col en g.
- Análisis bromatológico de la col: humedad; ceniza; azúcares y ácido ascórbico.
- Determinación de textura de forma cualitativa por tacto.

- La materia orgánica en el suelo antes y después del proceso en %, con el método de calcinación.
- El pH del suelo antes y después del proceso.
- La conductividad eléctrica del suelo antes y después del proceso en dS/m.
- Densidad aparente del suelo antes y después del proceso en g/cm³, con el método del cilindro.
- Encuesta personal a los agricultores.

2.2.4. Análisis Estadístico

Se utilizó el software Excel para la estadística descriptiva (Tablas e Ilustraciones) de datos tales como: evaluación financiera, análisis bromatológico, textura, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica y densidad aparente del suelo.

2.2.5. Ingeniería del proyecto

El presente proyecto se dividió en 4 fases: construcción y adecuación del laboratorio; producción del bioinsumo; determinación de la concentración de bioinsumo y evaluación del efecto del *Trichoderma spp.* ante el uso de productos fitosanitarios.

2.2.5.1. Fase 1 Construcción y adecuación del laboratorio para la producción del bioinsumo

Se realizó la construcción de dos áreas separadas, donde se implementó los equipos y materiales necesarios para realizar los procesos unitarios en la producción de *Trichoderma spp.*, como se detalla en el Anexo A.

El laboratorio tiene los siguientes parámetros:

- El acceso es limitado solo para personal autorizado.
- El área es cerrada evitando el ingreso de viento o agentes contaminantes.
- La temperatura media dentro del área donde se realiza las matrices de crecimiento debe ser 26 °C.
- El ingreso de la luz solar es indirecto en el área de matrices de crecimiento.

2.2.5.2. Fase 2 Producción del bioinsumo

La producción del bioinsumo de *Trichoderma spp.* consta de tres etapas, como se detalla en el Anexo B:

- **Primera etapa.** - La recolección del hongo antagonista *Trichoderma spp.* se hizo mediante una salida a campo en el barrio La Caldera de Sidcay, Cuenca-Ecuador, con coordenadas UTM 725798.00 m E; 9688162.00 m S, donde la actividad antropogénica es escasa. Se pudo observar el crecimiento del hongo sobre la madera en descomposición como se indica en la ilustración 3-2, el cual fue extraído para su posterior siembra en cajas Petri.
- **Segunda etapa.** – Se preparó 4 gramos de agar PDA en 100 mL de agua destilada, y se llevó a su punto de ebullición y esterilización, después se trasvasó en las cajas Petri previamente esterilizadas, se dejó reposar el agar hasta su solidificación, finalmente se inoculó con el *Trichoderma spp.* Después del quinto día y a 26 °C constante, se pudo observar que el hongo ha proliferado en forma pura sobre toda la caja Petri como se indica en la ilustración 4-2.
- **Tercera etapa.** - Se elaboró el sustrato para el crecimiento en las matrices de *Trichoderma spp.* El sustrato es la mezcla de 35 % agua y 65 % arcillo, el cual se llevó a cocción y esterilización, después que el sustrato tomó temperatura ambiente se inoculó con el *Trichoderma spp.* proveniente de las cajas Petri y se dejó reposar en frascos de vidrio a 26 °C. Al cuarto día, se agitó los frascos para que el hongo proliferara en todo el sustrato. En el séptimo día, la matriz ya estaba lista para seguir multiplicando el hongo en nuevos sustratos estériles hasta llegar a obtener matrices filiales cuartas de *Trichoderma spp.* Finalmente se extrajo el bioinsumo de las matrices filiales cuartas para el proceso de secado en bandejas durante 4-5 días y posterior almacenarlo como producto final (bioinsumo) como se indica en la ilustración 5-2.



Ilustración 3-2: Localización del *Trichoderma spp.*

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

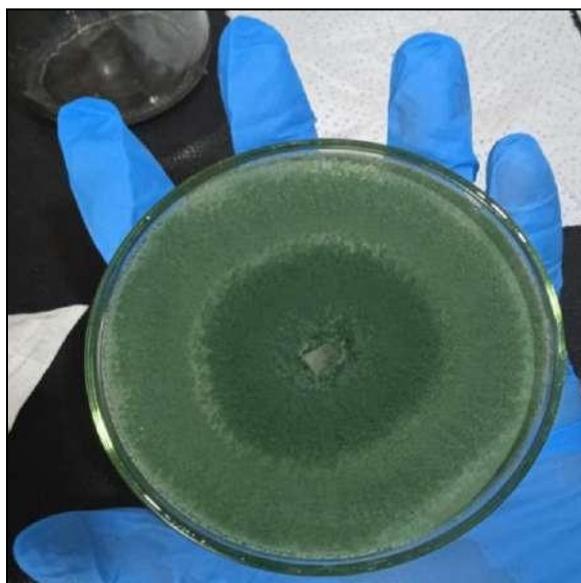


Ilustración 4-2: Crecimiento del *Trichoderma spp.*

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.



Ilustración 5-2: Obtención del bioinsumo

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

2.2.5.3. Fase 3 Determinación de la concentración del bioinsumo

En la determinación de la concentración de unidades formadoras de colonia (UFC), se usó como instrumento la cámara de Neubauer, en la cual se aplicó una dilución 10^{-2} g/mL de bioinsumo diluido en solución estándar, esto se lo realizó en el Laboratorio de Biología Molecular, Genética y Microbiología de la Facultad de Ciencias, como se detalla en el Anexo H.

- **Preparación de la Solución estándar**

Se mezcló 100 mL de agua esterilizada con 0,1 mL de tween 80 y 0.2 g de peptona, posterior a la mezcla se llevó a autoclavar durante 15 minutos, para ser utilizado como diluyente del bioinsumo y así mejorar el conteo de esporas.

- **Conteo de esporas**

Se agitó durante 5 minutos los 9 mL de solución estándar con 1 g de bioinsumo (*Trichoderma spp.*), posterior se extrajo 1 mL para diluirlo en 9 mL de solución estándar, obteniendo una dilución $1 * 10^{-2}$ g/mL, luego con una micropipeta se sacó 0,1 mL para situarlo entre el cubreobjetos y la cámara de Neubauer, finalmente se llevó al microscopio y mediante el objetivo de 40X se realizó el conteo de conidios en cuatro cuadros como se indica en la ilustración 6-2.

- **Determinación de las unidades formadoras de colonia (UFC)**

Se empleó la fórmula general para calcular los conidios de *Trichoderma spp.* en cada gramo de bioinsumo.

$$\frac{\text{conidios}}{\text{mL}} = \frac{(\# \text{ conidios contados}) \left(\frac{1}{\text{factor de volumen}} \right)}{(\text{número de cuadros}) (\text{factor de dilución})}$$

Factor de volumen para recuento

$$(0.1\text{cm} * 0.1\text{cm}) = 0.01\text{cm}^2 \text{ el área de cada cuadro}$$

$$(0.01\text{cm}^2 * 0.01\text{cm de profundidad}) = 0.0001\text{cm}^3 = 0.0001\text{mL}$$



Ilustración 6-2: Observación y conteo de esporas

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

2.2.5.4. Fase 4 Evaluación del efecto de *Trichoderma spp.* ante el uso de productos fitosanitarios

Para evaluar el efecto que tiene *Trichoderma spp.* en los cultivos de col, durante el mes de julio cada agricultor participante subdividió su parcela de col en dos partes para la siembra; la subparcela donde se aplicó solo *Trichoderma spp.* y la subparcela donde los agricultores aplicaron productos fitosanitarios. En cada subparcela se recolectó información de cuantas coles fueron cosechadas, mediciones de peso, diámetro, como se detalla en el Anexo I, y en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias, se realizó un análisis bromatológico de la col, como se detalla en el Anexo J.

- **Humedad**

Con la muestra entera y limpia, se colocó 2 g de col sobre el equipo de fotobalanza (moisture analyzer), obteniendo el porcentaje de humedad de la muestra.

- **Cenizas**

En un crisol de porcelana previamente calcinado se pesó y se taró para añadir 4 g de col seca, luego se llevó a calcinación en la mufla a 600 °C por 12 horas. Finalmente, después de enfriar en el desecador se pesó el crisol con cenizas y se realizó el cálculo correspondiente.

$$\%C = \frac{100(m_3 - m_1)}{(100 - H)(m_2 - m_1)}$$

Donde:

%C: Contenido de cenizas en porcentaje de masa

m_1 : masa del crisol vacío en g.

m_2 : masa del crisol con la muestra en g.

m_3 : masa del crisol con las cenizas en g.

H: porcentaje de humedad en la muestra.

- **Azúcares reductores**

Se determinó su porcentaje usando el método Fehling el cual consiste en los siguientes pasos:

- Tomar la verdura entera y limpia
- Preparar el equipo para titulación
- Preparar una solución (1:2) entre la muestra y agua destilada, licuar por un minuto y medio.
- Pesar 5 g de solución en 100 mL de agua destilada.
- Adicionar 5 mL de HCl conc., y calentar por 20 minutos.
- Neutralizar con NaOH al 50 % hasta pH 7 y aforar a 250 mL con agua destilada.
- Filtrar y colocar el filtrado en una bureta.
- En un matraz Erlenmeyer de 250 mL colocar 5 mL de solución de Fehling A y 5 mL de solución de Fehling B, añadir 40 mL de agua destilada y mezclar, colocar los núcleos de ebullición y calentar hasta ebullición por 2 minutos.

- Añadir lentamente, cada 2 segundos, 0.5 mL de la solución problema desde la bureta, sin dejar de hervir.
- Agregar 4 gotas de azul de metileno al 1 %, antes de los dos minutos de ebullición, y continuar con la titulación a ritmo de 0.1 mL por segundo hasta coloración rojo brillante.
- Realizar el cálculo correspondiente y anotar el resultado.

$$\% \text{Azúcares totales} = \frac{A * T}{m * v} * 100$$

Donde:

A: aforo de la muestra en mL.

T: Título de Fehling en g.

m: Peso de la muestra en g.

v: Volumen de la muestra gastado en mL.

- **Ácido ascórbico**

Se determinó su concentración utilizando el método yodométrico el cual consiste en los siguientes pasos:

- Tomar la verdura entera y limpia.
- Preparar el equipo para titulación.
- Pesar 15 g de muestra en 100 mL de agua destilada y licuar por un minuto y medio.
- Agregar 1 mL de HCl conc.
- Titular 25 mL de solución con la solución de yodo (0.01 N) en presencia de 1 mL de solución de almidón soluble hasta observar la coloración azul.
- Realizar el cálculo correspondiente y anotar el resultado.

$$\text{mg de Ác Ascórbico} = \frac{v * Eq}{V}$$

Donde:

v: Volumen de la solución de yodo gastado en mL.

Eq: Equivalente de ácido ascórbico (0.8806)

V: Volumen equivalente de ácido ascórbico (1 mL)

- **Textura**

Se determinó la textura del suelo en el Laboratorio del GIDAC mediante la técnica del tacto, la cual consiste en seguir el siguiente procedimiento, como se detalla en el Anexo G.

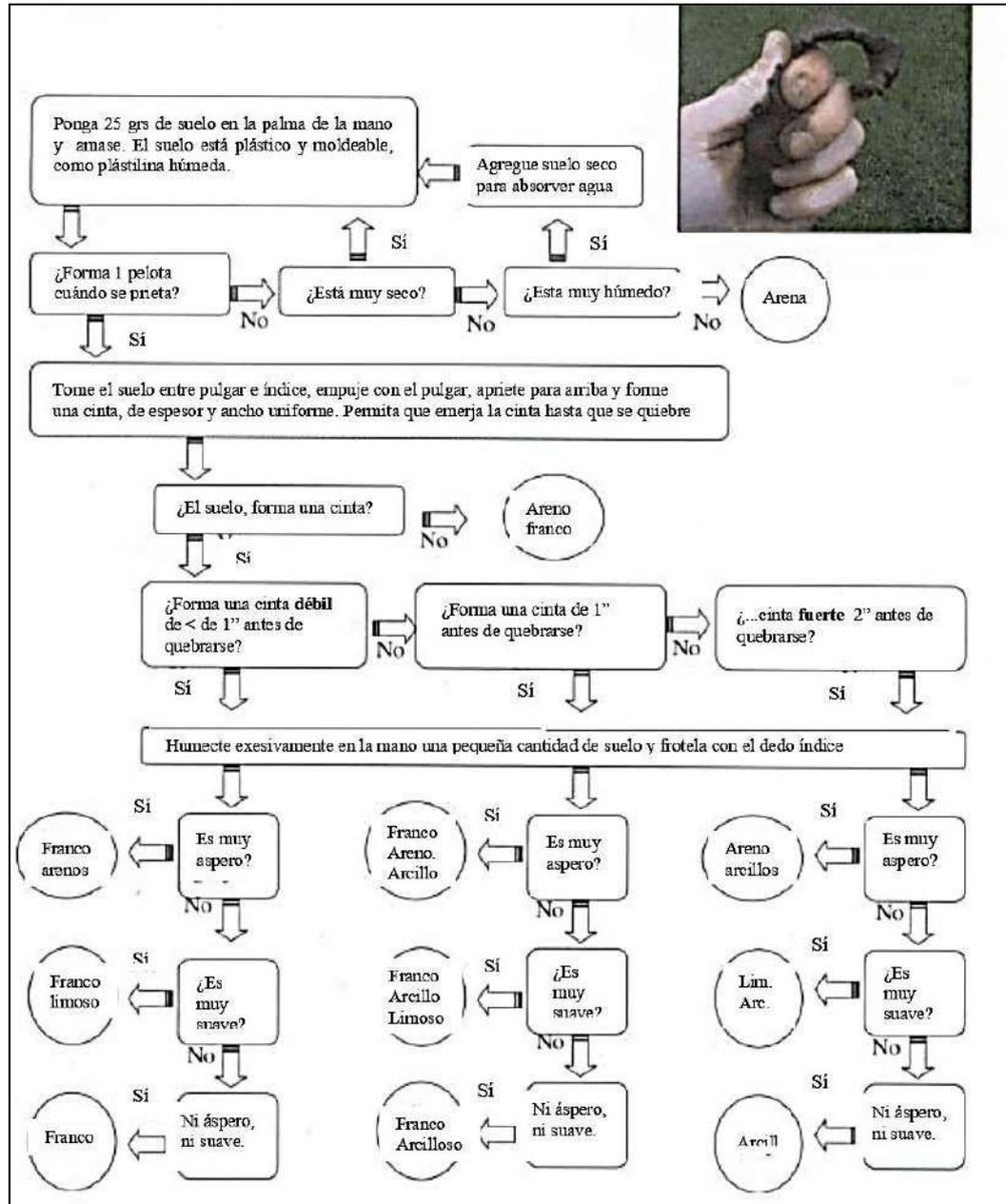


Ilustración 7-2: Procedimiento de textura por tacto

Fuente: (USDA, 1999, p. 27).

Finalmente, para esta evaluación se tomó en cuenta las condiciones del suelo en cada una de las subparcelas de la cual se extrajo una muestra de suelo compuesto, esto se lo realizó antes de la siembra y después de la cosecha, como se detalla en el Anexo F, analizando los siguientes

parámetros en el Laboratorio de Calidad del Agua, de la Facultad de Ciencias, donde primero se colocó las muestras en la estufa durante 24 h a 75 °C para su secado, como se detalla en el Anexo G.

Materia orgánica. – Se determinó su porcentaje aplicando el método de calcinación, la cual consiste en los siguientes pasos:

- Secar los crisoles en la mufla a 430 °C durante 2 horas, luego trasladarlos al desecador con la ayuda de las pinzas hasta que tenga una temperatura ambiente, después en una balanza digital pesar el crisol seco y proceder a etiquetarlo.
- Colocar 5 gramos de suelo tamizado a 2 mm en los crisoles secos para llevarlos a la mufla a 430 °C durante 24 horas, posteriormente se lleva el crisol con la muestra de suelo al desecador hasta que tenga una temperatura ambiente, finalmente pesar en la balanza digital.
- Se aplicó la ecuación para determinar el porcentaje de materia orgánica.

$$\% \text{ de M. O.} = \frac{a - b}{a - c} * 100$$

Donde:

a: masa en g. de suelo seco + recipiente

b: masa en g. de residuo de calcinación + recipiente

c: masa en g. de recipiente

- pH. – Se realizó una dilución 1:2 de suelo tamizado a 2 mm en agua destilada, luego se lo agitó con una varilla de agitación hasta obtener una mezcla homogénea, por último, se introdujo el electrodo de pH del medidor de mesa de multiparámetros PC2700.
- Conductividad. - Se realizó una dilución 1:2 de suelo tamizado a 2 mm en agua destilada, luego se lo agitó con una varilla de agitación hasta obtener una mezcla homogénea, por último, se introdujo la sonda de conductividad del medidor de mesa multiparámetros PC2700.
- Densidad aparente. – Se aplicó el método del cilindro, el cual consiste en introducir en el suelo un cilindro metálico (volumen fijo) mediante golpes suaves, y sin perturbar el suelo extraer el cilindro para realizar cortes de manera transversal a cada lado del cilindro. Se extrajo la muestra de suelo del cilindro la cual fue secada en la estufa a 75 °C por 24 horas para ser pesada. Se aplicó la fórmula para calcular la densidad aparente.

$$Da = \frac{Mss (g)}{V (cm^3)}$$

Donde:

Da: densidad aparente de suelo

Mss: peso o masa de suelo seco

V: volumen del cilindro

2.2.5.5. Capacitación

Adicional a las fases que consisten como ingeniería del proyecto, se realizó un proceso de capacitación a los agricultores participantes mediante una charla, en que se tomaron temas de sustentabilidad, biodiversidad microbiana, *Trichoderma* y productos fitosanitarios como se indica en la ilustración 8-2; además, en cada una de las parcelas se colocó una trampa para microorganismos (arrocillo cocido), la cual fue evaluada de forma macroscópica como se indica en la ilustración 9-2. Por último, se realizó una encuesta a los agricultores participantes sobre el presente proyecto técnico como se detalla en el Anexo C y D.



Ilustración 8-2: Capacitación a los agricultores participantes

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.



Ilustración 9-2: Observación de las trampas para microorganismos

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

2.3. Mobiliario, equipos, materiales, sustancias y reactivos.

Todos los equipos, materiales, mobiliario, sustancias y reactivos manipulados durante el proceso y desarrollo del proyecto en la parte de campo y laboratorio se mencionan en la siguiente tabla según su actividad.

Tabla 2-2: Mobiliario, equipos, materiales, sustancias y reactivos utilizados en el proyecto

Actividad	Descripción	
Adecuación del Laboratorio y Producción de Bioinsumo	Mobiliario	Mesa
		Escritorio
		Silla
		Estante
	Equipos	Incubadora
		Microonda
		Cocina Industrial
		Balanza
	Materiales	Funda ziploc
		Cajas Petri
		Mechero de Bunsen
		Porta bisturí y hojas #24
		Frasco de vidrio
		Bandeja
	Sustancias y Reactivos	Alcohol de 96°
		Agar PDA
Arrocillo		
Determinación de la concentración del Bioinsumo	Equipos	Microscopio
		Agitador
		Autoclave
		Balanza analítica
		Cámara de Neubauer
	Materiales	Micropipeta
		Tubo de ensayo
	Sustancias y Reactivos	Tween 80
		Peptona
Agua destilada		
Evaluación del efecto del <i>Trichoderma spp.</i> ante el uso de productos	Equipos	Balanza analítica
		Estufa
		Mufla
		Desecador
		Medidor Multiparámetro

fitosanitarios		Licudora
		Fotobalanza
		pH-metro
		Reverbero
		Sorbona
	Materiales	Pala
		Martillo
		Cilindro metálico
		Funda ziploc
		Cooler
		Bandeja
		Tamizador
		Mortero
		Varilla de agitación
		Crisol
		Pinza
		Pipeta
		Pera de succión
		Soporte Universal
		Bureta
		Embudo
		Papel filtro
		Matraz Erlenmeyer
		Balón de aforo
		Vaso de precipitación
		Núcleo de ebullición
		Cinta Métrica
	Sustancias y Reactivos	Agua destilada
		Almidón soluble
		Yodo 0.01 N
		Ácido clorhídrico concentrado
		Hidróxido de sodio al 50%
	Fehling A+B	
	Azul de metileno al 1%	

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Construcción y adecuación del laboratorio

El laboratorio está construido en el barrio La Caldera de Sidcay, el espacio es cómodo para trabajar hasta 3 personas al mismo tiempo, tiene instalación eléctrica con protección a tierra.

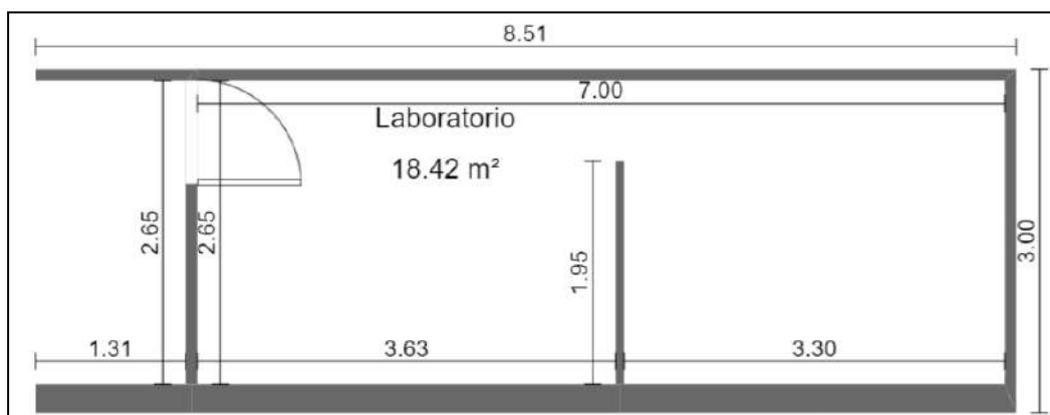


Ilustración 1-3: Plano del laboratorio

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

La adecuación del laboratorio permitió realizar toda la operación unitaria del bioinsumo dentro de las tres áreas designadas como: cuarto de cocina de 3.47 m² (área 1), donde se realizó la cocción y esterilización del arrozillo; cuarto de matrices de 9.9 m² (área 3), donde se realizó la inoculación con *Trichoderma spp.* y las matrices; cuarto de secado y almacenado de 7.07 m² (área 2), donde se realizó el secado de las matrices de cuarta filial a temperatura ambiente, para ser empaquetado y almacenado. Operaciones que, al ser realizadas en áreas separadas, se redujo los factores de contaminación y los riesgos ocasionados por el personal de trabajo.



Ilustración 2-3: Área de secado y almacenamiento del laboratorio

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.



Ilustración 3-3: Área de producción de matrices

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

3.1.1. Producción del bioinsumo

La recolección de la cepa de *Trichoderma spp.* se obtuvo en un bosque con escasa actividad antropogénica y cerca de un arroyo, ya que la humedad, temperatura y radiación solar son factores fundamentales para que la madera entre en descomposición y se convierta en un sustrato idóneo para el crecimiento del hongo.

Al producir el bioinsumo se observó que la fase de latencia se da en el primer día, luego la fase exponencial dura hasta el quinto día, ya que el micelio pasa de color blanco a tornarse color verde

oscuro proliferando sobre todo el sustrato, se mantiene en la fase estacionaria durante dos días, finalmente empieza a reducirse de forma macroscópica su masa llegando a la fase de muerte.

Para su almacenaje se tomó en cuenta los parámetros más importantes como una humedad nula y una temperatura menor a 20 °C de acuerdo a Gato Cárdenas (2010), ya que de esta forma nos aseguramos de que nuestro producto sea viable de seis meses hasta 1 año sin perder su capacidad antagonista.

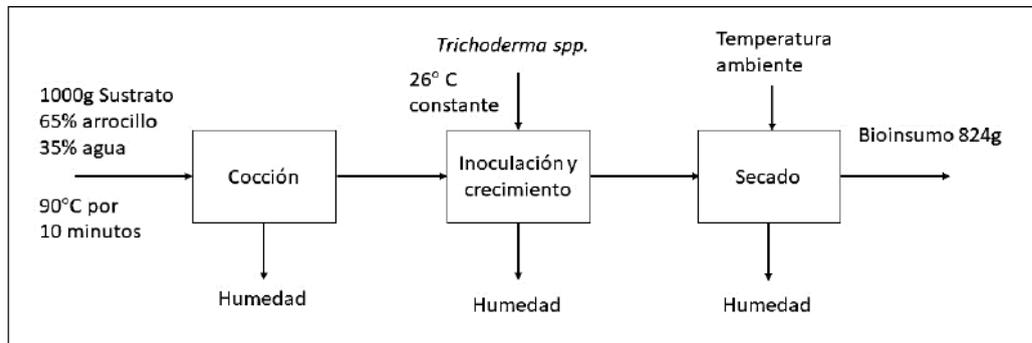


Ilustración 4-3: Diagrama de flujo de masa y energía del bioinsumo

Realizado por: Alvarado, C & Guarango, F, 2023.

A los agricultores participantes se les entregó 300 g de bioinsumo una vez por semana en el lapso de 5 semanas. Dicho bioinsumo fue aplicado por los agricultores en las subparcelas de col durante los meses de julio a agosto.

3.1.2. Concentración del bioinsumo (UFC)

- El bioinsumo de *Trichoderma spp.* producido en este proyecto tiene la siguiente concentración al remplazar los datos en la Ecuación 1-3:
- Número de conidios contados: Se observó 89 conidios en total sobre 4 cuadrantes.
- Factor de dilución: Se aplicó una dilución seriada hasta 1:100; obteniendo un factor de dilución = 0.01

$$\frac{\text{conidios}}{\text{mL}} = \frac{89}{(4) (0.01)} \frac{1}{0.0001 \text{ mL}} = 22,250,000 \frac{\text{conidios}}{\text{mL}} = 2,2 * 10^7 \frac{\text{conidios}}{\text{gramo de bioinsumo}}$$

Según Poalacin (2015, pp. 46-72), logra obtener $1.5 * 10^7$ UFC/mL en su mejor producción usando como sustrato arcilloso a una temperatura de 25 °C y 41.3 % de humedad; mientras que Agamez et al., (2008, p. 23) al usar desechos agroindustriales logra obtener en su mejor producción sobre

cascarilla de algodón enriquecido con melaza, esporas entre $2.1 \cdot 10^8$ UFC/mL y $8.38 \cdot 10^8$ UFC/mL conidios/g, lo cual nos indica que el bioinsumo que hemos elaborado tiene una buena concentración.

3.1.3. Obtención de datos de los cultivos de col

Los resultados obtenidos de los cultivos de col son expresados en las siguientes tablas e ilustraciones para su interpretación.

Tabla 1-3: Resultados obtenidos de los cultivos de col

Agricultor	Código	Producto Fitosanitario	Coles sembradas en cada subparcela	Coles cosechadas con <i>Trichoderma</i>	Coles cosechadas con fitosanitarios
Rosa Gómez	A1	Abono, Insecticida para larvas <i>Agrotis ipsilon</i> , Fertilizante para el desarrollo y engrose	100	23	56
Julia Moscoso	A2	Abono, Insecticida para larvas <i>Agrotis ipsilon</i> y Fertilizante biol	100	27	65
Enrique Moscoso	A3	Abono, Insecticida para larvas <i>Agrotis ipsilon</i> y Fertilizante para el desarrollo y engrose	100	s/n	s/n
Gerardo Moscoso	A4	Abono, Cal, Insecticida para larvas <i>Agrotis ipsilon</i> y Fertilizante para engrose	100	50	72
Narcisa Moscoso	A5	Abono, Insecticida para larvas <i>Agrotis ipsilon</i> e Urea	100	10	19

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

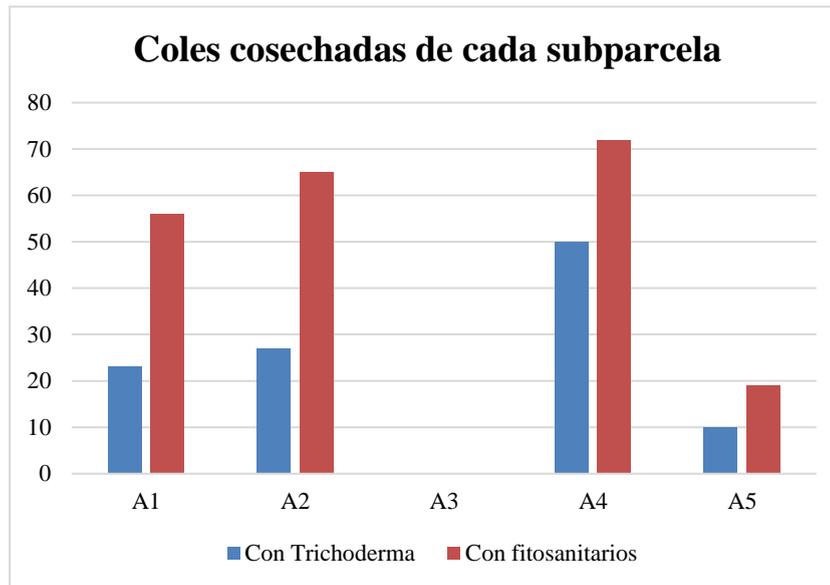


Ilustración 5-3: Coles cosechadas de cada subparcela

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

Tabla 2-3: Datos obtenidos de peso y diámetro de la col

Agricultor	Peso promedio de coles (g)		Diámetro promedio de coles (cm)	
	Con <i>Trichoderma</i>	Con fitosanitarios	Con <i>Trichoderma</i>	Con fitosanitarios
A1	1.34	2.38	23.49	27.1
A2	1.46	2.97	23.94	30.43
A3	s/n	s/n	s/n	s/n
A4	2.23	2.85	26.54	29.51
A5	0.75	0.92	20.65	20.78

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

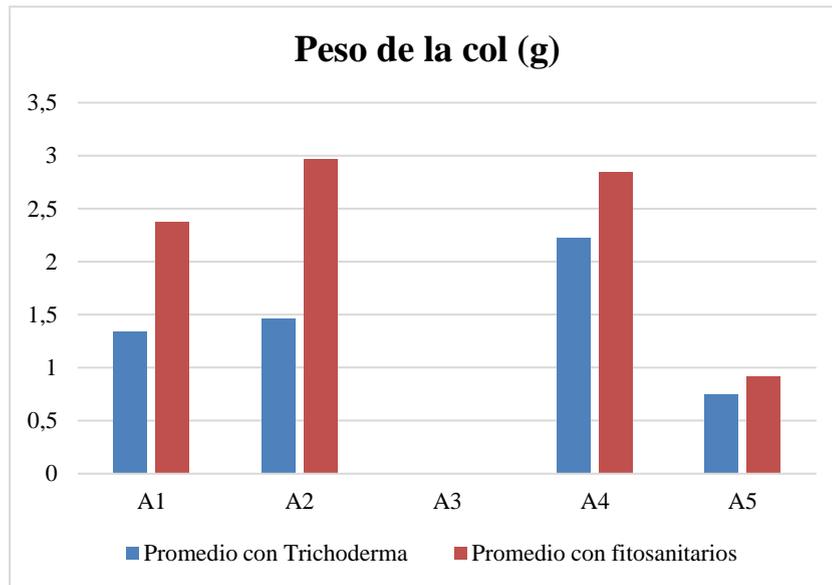


Ilustración 6-3: Peso de la col

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

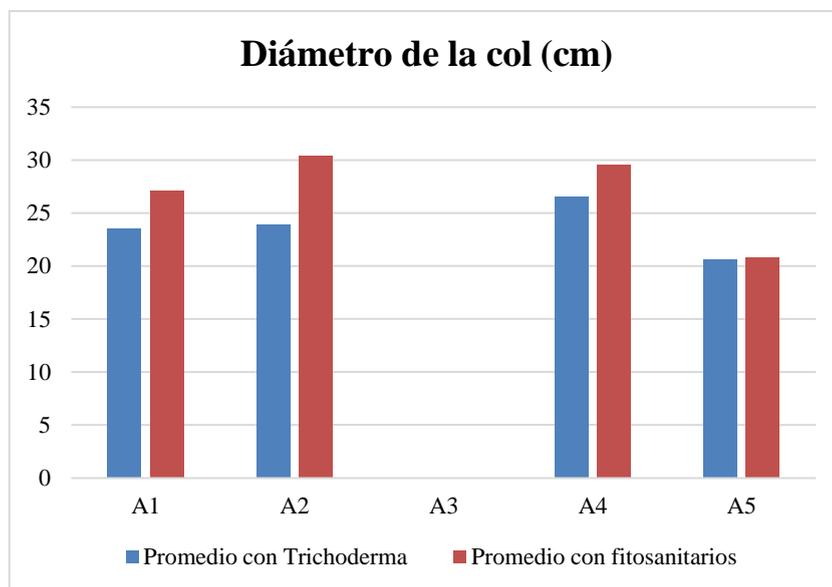


Ilustración 7-3: Diámetro de la col

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

Como se puede observar en las tablas e ilustraciones, podemos decir que la subparcela con fitosanitarios tiene un mejor rendimiento de producción; cabe recalcar que la otra subparcela solo se aplicó el bioinsumo durante cinco veces, desde la siembra y hasta los primeros días de formación del repollo. Además, hay que tomar en cuenta que las coles no cosechadas presentaban la enfermedad de *Plasmodiophora brassicae* como se indica en la ilustración 8-3 y que las condiciones climáticas no eran las apropiadas de acuerdo con la información extraída de (Cedar Lake Ventures, Inc), ya que el INAMHI solo tiene información hasta el 2020.



Ilustración 8-3: Enfermedad de *Plasmodiophora brassicae* en la col

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

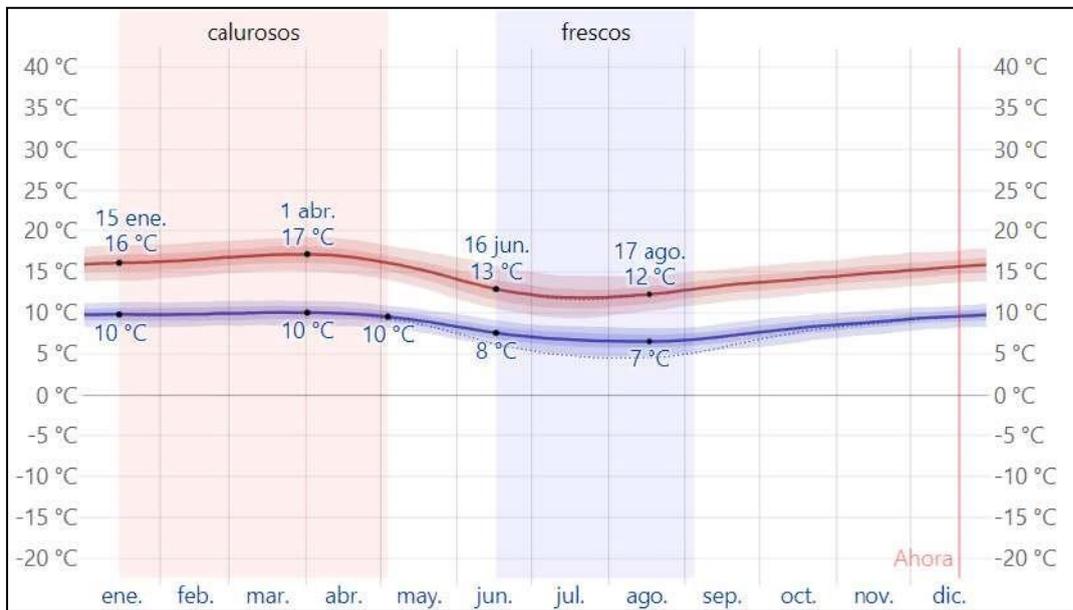


Ilustración 9-3: Temperatura máxima y mínima promedio en Cuenca

Fuente: (Cedar Lake Ventures, Inc.).



Ilustración 10-3: Probabilidad diaria de precipitación en Cuenca

Fuente: Cedar Lake Ventures, Inc.

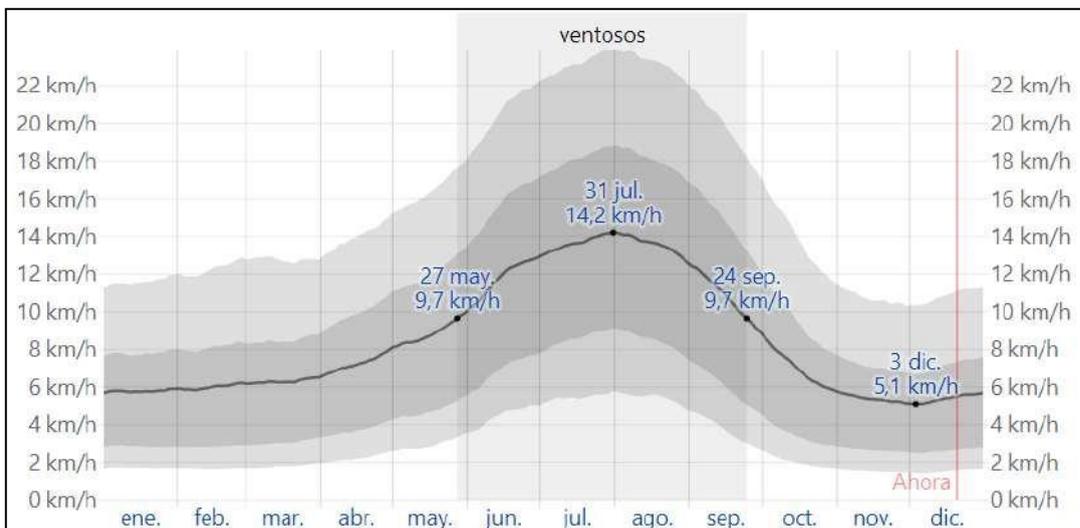


Ilustración 11-3: Velocidad promedio del viento en Cuenca

Fuente: Cedar Lake Ventures, Inc.

3.1.4. Análisis bromatológico de la col

Los resultados obtenidos al realizar el análisis bromatológico de la col son expuestos en las siguientes tablas para su interpretación

Tabla 3-3: Resultados obtenidos de humedad en la col

	Con <i>Trichoderma</i>		Con fitosanitarios	
Muestra	% Humedad	Promedio de humedad	% Humedad	Promedio de humedad
1	89.487	89.006	86.983	86.358
2	89.025		86.132	
3	88.506		85.961	

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

Según Bello Gutiérrez (2000, pp. 41-54), nos indica que el contenido de humedad ocasiona importantes modificaciones sobre la textura, estabilidad y buena conservación del alimento, ya que tiene una mezcla de polímeros acuosos bastante complejos; lo cual nos indica que en nuestro estudio al aplicar *Trichoderma* mejoramos su porcentaje de humedad y con esto su apariencia, textura, color, etc.

Tabla 4-3: Resultados obtenidos de cenizas en la col

	Con <i>Trichoderma</i>		Con fitosanitarios	
Muestra	% Ceniza	Promedio de ceniza	% Ceniza	Promedio de Cenizas
1	0.73	0.64	0.58	0.60
2	0.62		0.58	
3	0.55		0.62	

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

De acuerdo a Márquez (2014, p.1), los porcentajes de cenizas en vegetales son bajos, predominando los minerales derivados del potasio, además es el que se encuentra en mayor proporción en la col con un aproximado de 246 mg por cada 100g (Tabla 1-1), lo cual nos indica en nuestras tablas que al aplicar *Trichoderma* ha incrementado el promedio de cenizas, pero se mantiene en los valores de composición.

Tabla 5-3: Resultados obtenidos de azúcar en la col

Muestra	Con <i>Trichoderma</i>		Con fitosanitarios	
	% Azúcar	Promedio de Azúcar	% Azúcar	Promedio de Azúcar
1	3.87	4.0	3.38	3.48
2	4.00		3.53	
3	4.14		3.53	

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

Se pudo observar que el porcentaje de azúcar es mayor cuando se aplica *Trichoderma*, mejorando su valor energético, como también favoreciendo sus propiedades sensoriales en la consistencia, textura y palidez de la misma, como menciona Bello Gutiérrez (2000, pp. 41-54).

Tabla 6-3: Resultados obtenidos de ácido ascórbico en la col

Muestra	Con <i>Trichoderma</i>		Con fitosanitarios	
	Ácido ascórbico (mg)	Promedio de Ácido ascórbico	Ácido ascórbico (mg)	Promedio de Ácido ascórbico
1	9.77	10.24	8.89	9.31
2	10.13		9.42	
3	10.83		9.60	

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

Se pudo observar que la cantidad de ácido ascórbico es mayor cuando solo se aplica *Trichoderma*, mejorando sus propiedades como antioxidante.

Se caracterizó la textura del suelo en las diferentes parcelas siendo casi similares por pertenecer al mismo barrio. Se expone en la siguiente tabla para su mejor interpretación.

Tabla 7-3: Resultados obtenidos de textura del suelo

Agricultor	Textura de Suelo
A1	Franca
A2	Franco Arenosa
A3	Franco Arcillosa
A4	Franco Limosa
A5	Franco Arcillosa

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

3.1.5. Análisis fisicoquímico del suelo

Los resultados obtenidos al analizar las muestras de suelo son expresados en las siguientes tablas e ilustraciones para su interpretación.

Tabla 8-3: Resultados obtenidos de materia orgánica del suelo

Agricultor	Antes de la siembra		Después de la cosecha	
	Con <i>Trichoderma</i>	Con fitosanitarios	Con <i>Trichoderma</i>	Con fitosanitarios
A1	4.52	5.68	4.8	6.2
A2	3.5	4.42	3.4	5.94
A3	5.92	6.76	5.86	6.9
A4	4.56	4.24	5.16	5.2
A5	5.88	5.7	5.98	6.26

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

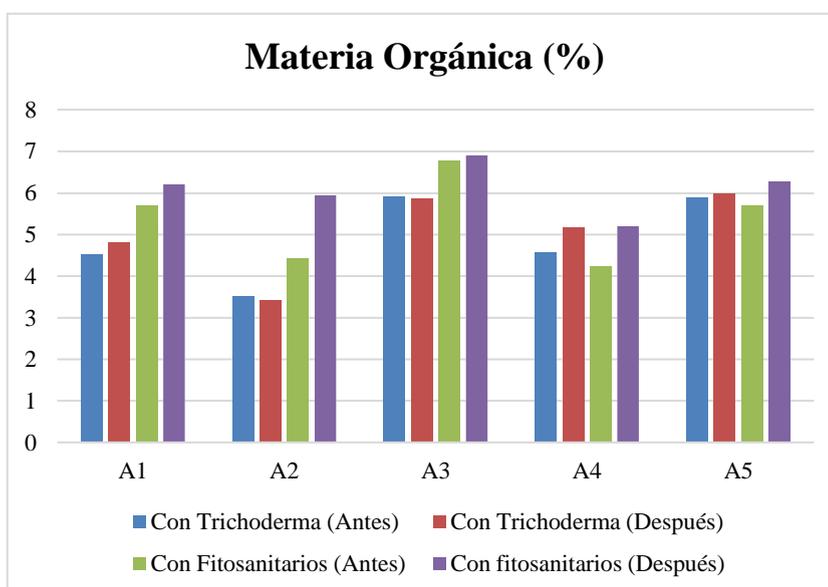


Ilustración 12-3: Resultados de materia orgánica del suelo

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

Según la FAO (2013, pp.19-20), nos indica que un suelo con porcentaje de disponibilidad de materia orgánica mayor al 2.8 % se considera de alto nivel, siendo importante para mantener la fertilidad del suelo como fuente principal de nitrógeno, fósforo, azufre, además de influir en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo.

Tabla 9-3: Resultados obtenidos de pH del suelo

Agricultor	Antes de la siembra		Después de la cosecha	
	Con <i>Trichoderma</i>	Con fitosanitarios	Con <i>Trichoderma</i>	Con fitosanitarios
A1	6.99	6.99	6.75	6.83
A2	6.66	6.73	6.57	6.45
A3	7.06	7.23	6.88	6.94
A4	6.81	6.92	7.2	7.05
A5	6.38	6.5	6.8	6.34

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

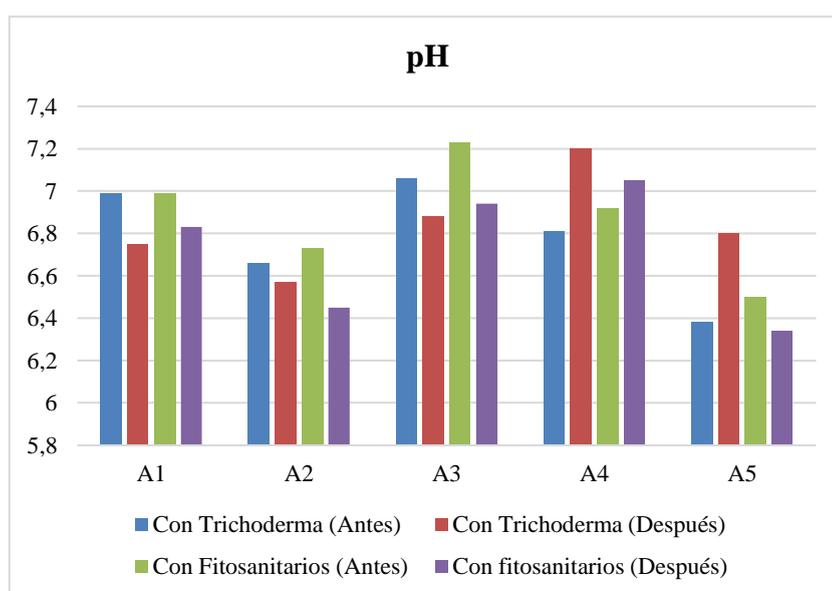


Ilustración 13-3: Resultados de pH del suelo

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

Según Whittaker et al (1959; citado de USDA, 1999, p. 64-65), ha establecido un rango adecuado para los cultivos de col entre un pH 5.5 y 7.0, lo cual de acuerdo Soil Survey Staf (1993; citado de USDA, 1999, p. 66), al ser ligeramente ácido ayuda a solubilizar minerales y existe una mejor disponibilidad de nutrientes a un pH 6.0 y 7.0; lo cual nos indica en nuestro estudio que el pH tiene rango óptimo para el crecimiento de los cultivos de col y además no afecta a los microorganismos benéficos que inciden en la disponibilidad de nutrientes para la planta.

Tabla 10-3: Resultados obtenidos de conductividad eléctrica del suelo

Agricultor	Antes de la siembra		Después de la cosecha	
	Con <i>Trichoderma</i>	Con fitosanitarios	Con <i>Trichoderma</i>	Con fitosanitarios
A1	201.8	197.8	195.7	157.8
A2	249.5	257.4	205.2	196.2
A3	275.9	272.3	106.8	177
A4	230.4	228.4	125.3	139.3
A5	181.7	210.1	213.1	130.4

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

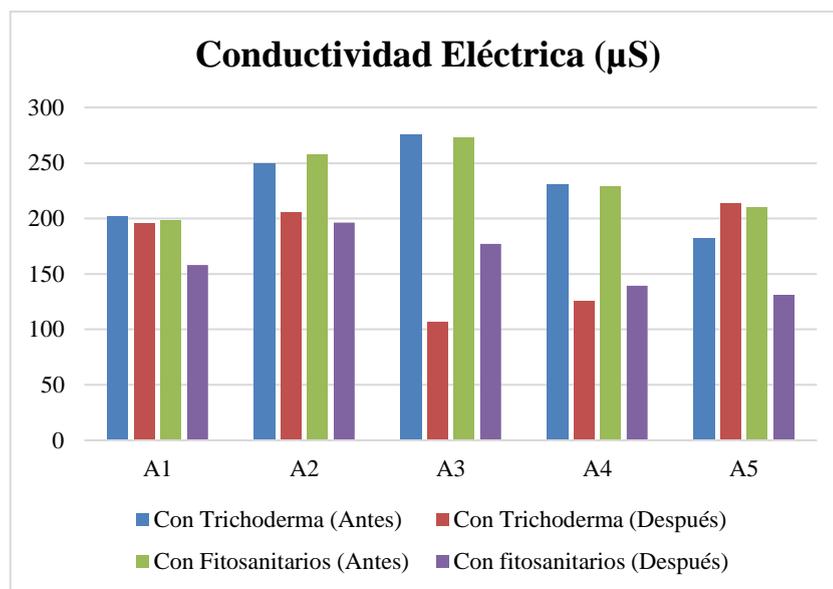


Ilustración 14-3: Resultados de conductividad eléctrica del suelo

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

Según Smith y Doran (1996; citado de USDA, 1999, p. 59), establecen que los valores de conductividad eléctrica aceptables para un cultivo en general son de 0 a 0.8 dS/m, ya que los microorganismos del suelo son poco afectados; además Tanji (1990; citado de USDA, 1999, p. 60), nos indica que los cultivos de col pueden tolerar hasta 1.40 dS/m, siempre que el cloro sea el anión predominante del suelo, ya que en caso de ser el yeso su tolerancia se elevaría 1 dS/m.

Tabla 11-3: Resultados obtenidos de densidad aparente del suelo

Agricultor	Antes de la siembra		Después de la cosecha	
	Con <i>Trichoderma</i>	Con fitosanitarios	Con <i>Trichoderma</i>	Con fitosanitarios
A1	0.92	1.04	0.99	1.02
A2	0.92	1.14	1.09	1.21
A3	0.71	0.77	1.19	0.99
A4	1.18	1.17	1.07	0.86
A5	1.25	0.96	1.13	1.08

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

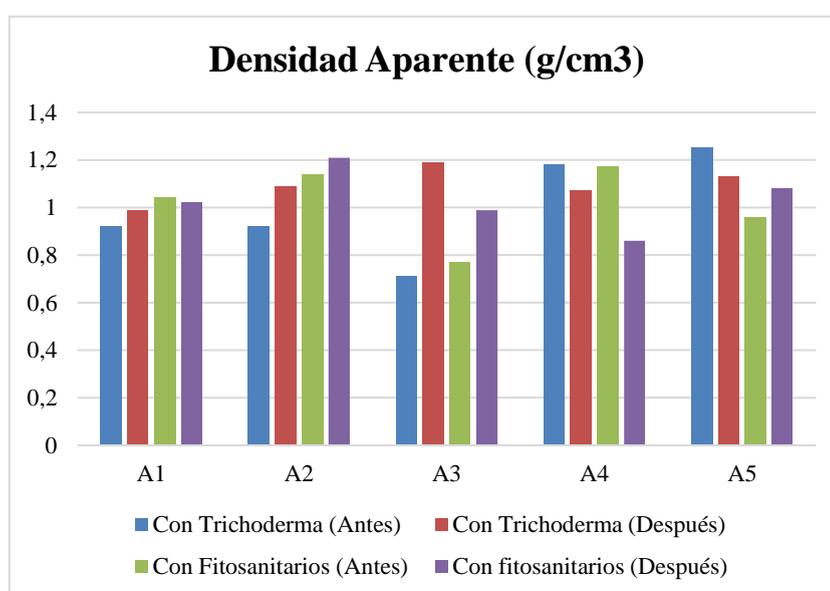


Ilustración 15-3: Resultados de densidad aparente del suelo

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

Según Arshad et al. (1996; citado en USDA, 1999, p. 57), nos indica que la densidad aparente ideal para el crecimiento radicular oscila entre 1.0 y 1.7 g/cm³, ya que hay buen movimiento del aire y agua. En nuestro estudio se obtiene rangos colindantes a una densidad ideal, esto se debe a que al ser suelos agrícolas el arado es necesario para preparar los huertos.

3.1.6. Capacitación

Se realizaron varias capacitaciones de forma conjunta e individual, en las cuales se les explicó principalmente sobre los beneficios que tiene el aplicar *Trichoderma spp*, además se colocó una trampa de arrocillo en cada parcela, la cual después del sexto día se extrajo y se observó de forma macroscópica que existía una predominancia casi completa de *Fusarium*, ya que en la mayor parte

del sustrato sobresalía un micelio algodonoso de color rojizo rosado, mientras que solo en una de las trampas se pudo observar un crecimiento micelial verde representativo de *Trichoderma*.

Una vez culminado el proyecto se realizó una encuesta personal a los cinco agricultores participantes los cuales nos indicaron: en la pregunta 1 que antes del proyecto el 100 % desconocían sobre el uso de *Trichoderma spp.*, en la pregunta 5 el 100 % está dispuesto a seguir usando nuestro bioinsumo, en la pregunta 7 el 100 % recomendaría usar nuestro bioinsumo y en la pregunta 9 el 100 % está dispuesto a usar otras especies de microorganismos benéficos en sus cultivos antes que seguir usando los fitosanitarios convencionales, como se expresan en la ilustración 16-3; de acuerdo a la pregunta 2 en los últimos meses la rentabilidad de los cultivos de col ha sido mala para el 80 % y buena para el 20 %, en la pregunta 3 el 100 % indican que los productos fitosanitarios que han usado en sus cultivos para combatir la hernia de la col han sido malos, en la pregunta 4 al 80 % le pareció bueno y al 20 % malo el bioinsumo que se suministró en los cultivos de col, en la pregunta 8 al 60 % le pareció bueno y al 40 % malo el precio del bioinsumo de 1 Kg por \$15, en la pregunta 10 al 60 % le pareció excelente y al 40 % buena la capacitación que se les impartió durante el proyecto, como se expresan en la ilustración 17-3; y con respecto a la pregunta 6 al 60 % le fue fácil y al 40 % medio el manejo del bioinsumo para su aplicación, como se expresan en la ilustración 18-3.

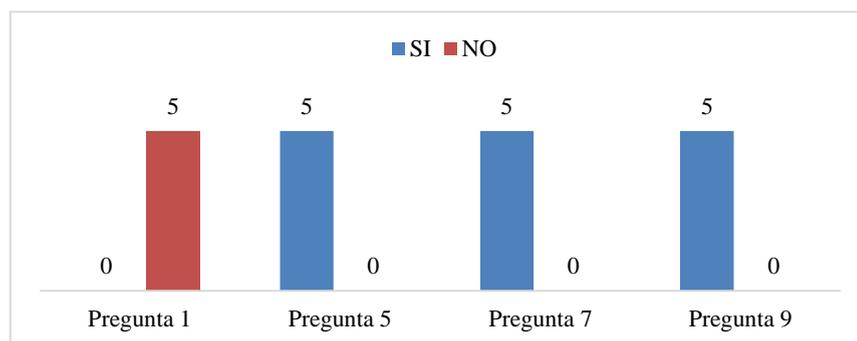


Ilustración 16-3: Resultados de las preguntas 1, 5, 7 y 9 a los agricultores

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

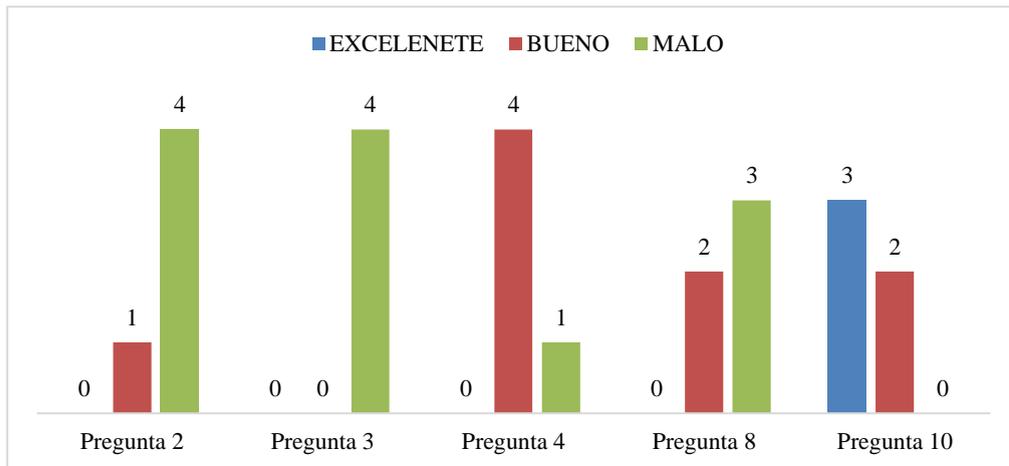


Ilustración 17-3: Resultados de las preguntas 2, 3, 4, 8 y 10 a los agricultores

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

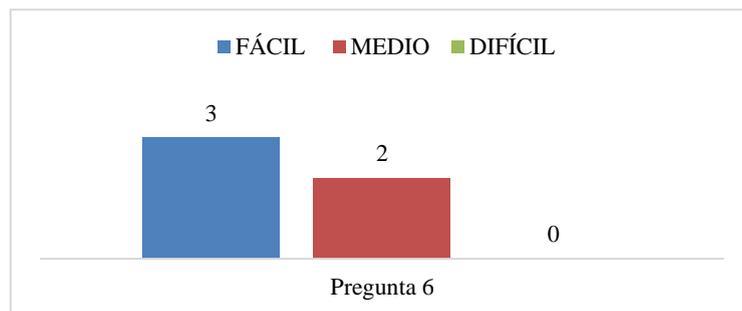


Ilustración 18-3: Resultados de la pregunta 6 a los agricultores

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

3.1.7. Evaluación financiera de VAN, TIR y periodo de recuperación

Se realizó una proyección de flujo a cinco años con una tasa de descuento del 15 % y con una inversión inicial de \$2643 para determinar el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

Tabla 12-3: Resultados obtenidos del VAN y TIR

PERIODOS	FLUJO	TIR	VAN
0	\$ -2.643	0%	\$ 4.879
1	\$ -885	15%	\$ 1.715
2	\$ 1.948	20%	\$ 1.053
3	\$ 1.780	31%	\$ 0
4	\$ 2.119	40%	\$ -605
5	\$ 2.560	80%	\$ -1.891

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

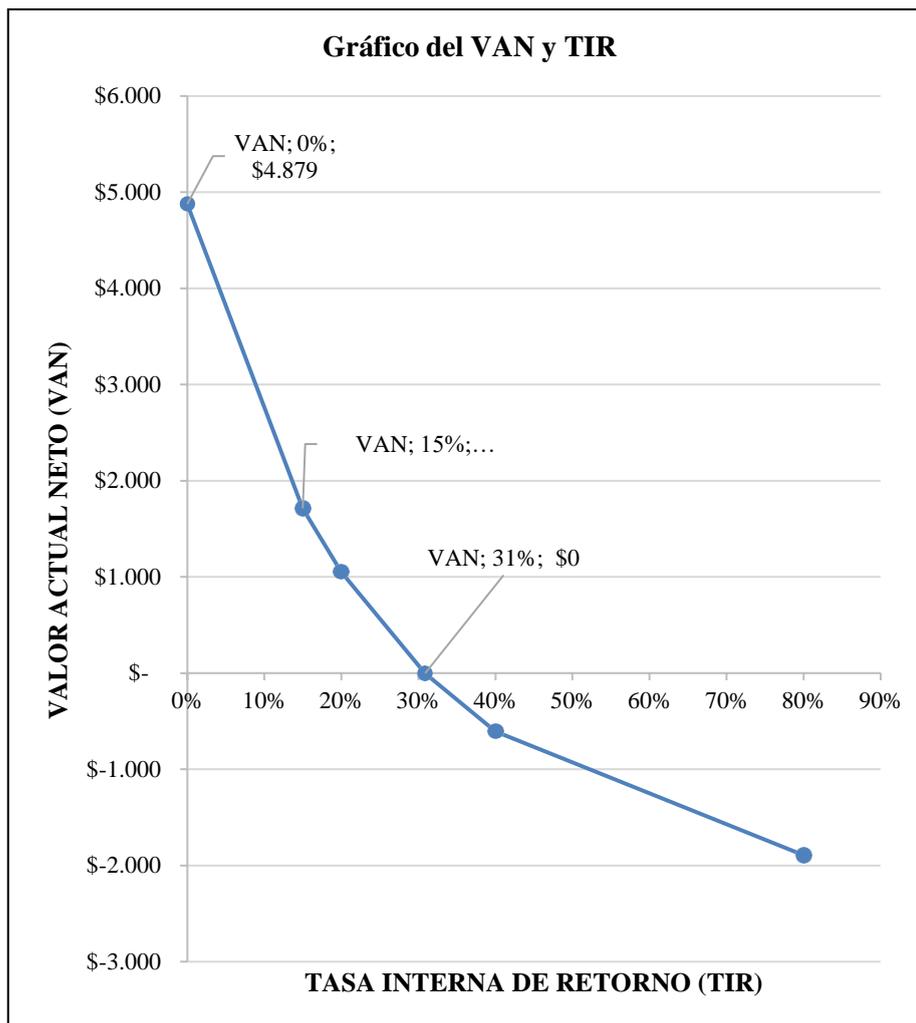


Ilustración 19-3: Resultados del VAN y TIR

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

En este proyecto la sensibilidad marcada por la TIR para que no incurra en pérdida es del 31 %, siendo viable el proyecto, ya que el VAN con una tasa de descuento del 15 % es de \$1715. Además, la inversión de \$2643 se prevé que será recuperada en 3 años 8 meses.

Tabla 13-3: Resultado del periodo de recuperación

PERIODOS	FLUJO	FACTOR DE ACTUALIZACION	FLUJO ACTUALIZADO	RECUPERACION
0	\$ -2.643	1,0000	\$ -2.643	\$ -2.643
1	\$ -885	0,8696	\$ -769	\$ -3.412
2	\$ 1.948	0,7561	\$ 1.473	\$ -1.940
3	\$ 1.780	0,6575	\$ 1.170	\$ -769
4	\$ 2.119	0,5718	\$ 1.212	\$ 442
5	\$ 2.560	0,4972	\$ 1.273	\$ 1.715

Realizado por: Alvarado, C. & Guarango, F., 2023.

CONCLUSIONES

- Se construyó el laboratorio donde se realizan los procesos unitarios para la producción del bioinsumo de *Trichoderma spp*, esta infraestructura cuenta con un área de 18,42 m², mismo que está dividida en 3 áreas: área de cocina; área de matrices y área de secado y almacenado. En el lugar pueden trabajar con comodidad hasta 3 personas sin ocasionar riesgos y reduciendo los factores contaminantes.
- Se preparó el bioinsumo de *Trichoderma spp*. usando como sustrato arrozillo cocido y en condiciones controladas de temperatura, humedad e influencia de luz, se logró proliferar el hongo para su proceso de secado y empaquetado, con la finalidad de proveer a los agricultores para que lo apliquen en la subparcela de col ya reconocidas.
- Se determinó que la concentración idónea para la elaboración del bioinsumo fue la encontrada en la cuarta filial de $2.2 \cdot 10^7$ UFC/g, siendo de buena pureza y beneficiando su eficiencia de antagonismo ante patógenos.
- Se evaluó el efecto del *Trichoderma spp*. en los cultivos de col ante el uso de productos fitosanitarios observando: humedad 89 %; cenizas 0.64 %; azúcar 4 %; ácido ascórbico 10.24 mg; indicando que a nivel nutricional son mejores en comparación a las coles obtenidas con productos fitosanitarios, pese que las condiciones climáticas no fueron favorables. Sin embargo, la producción, tamaño y peso utilizando *Trichoderma spp*. es menor en comparación a la producción obtenida con productos fitosanitarios.

RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas aplicando microorganismos benéficos en cultivos vegetales como: *Bacillus*, *Rizobium*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, entre otros, para combatir la enfermedad de *Plasmidiophora brassicae* y mejorar la productividad del cultivo.
- Evaluar el efecto que tiene aplicar solo *Trichoderma spp.* en condiciones controladas como lo es un invernadero.
- Identificar cuáles son los fitosanitarios que están reduciendo la diversidad microbiológica.
- Evaluar la eficiencia que tiene el aplicar *Trichoderma spp.* sobre otras enfermedades como es *Solanum betaceum* en el tomate de árbol.
- Promover las capacitaciones con GADS para que los agricultores tengan mayores conocimientos sobre una agricultura sustentable y el uso de microorganismos benéficos en cultivos.

GLOSARIO

Antagónico: Es un organismo que actúa como agente de control biológico para diferentes patógenos de plantas (Hernández-Lauzardo et al., 2007, p. 66).

Calosa: Es un polisacárido que se encuentra en la pared celular de las plantas y se manifiesta ante un daño mecánico o una invasión de patógenos (Pacheco-Coeto et al., 2019, p. 106).

Cosmopolita: Es un organismo que se encuentra en la mayoría de los lugares y climas e incluso en condiciones extremas (Caliza Limaco et al., 2010, p. 66).

Elicitor: Es una molécula que desencadena cualquier tipo respuesta de defensa en la planta ante factores de estrés ambientales bióticos y abióticos (Guevara González et al., 2020, p. 10).

Entomopatógeno: Es un microorganismo (hongos, bacterias, nematodos y virus), que causa alguna enfermedad mortal al insecto plaga luego de un corto período de incubación (Pacheco Hernández et al., 2019, p. 6).

Filial: Es la descendencia de un progenitor (Gelambi, 2021).

Plántula: Es la planta en sus primeras fases de desarrollo, desde que la semilla brota hasta que aparecen las primeras hojas verdaderas (Peralta de Andrés y Royuela, 2018, p.11).

Quimiotropismo: Es el crecimiento de un organismo ante un estímulo químico (Infante et al., 2009, p. 17).

Saprófito: Es un organismo que vive y se alimenta de materia orgánica muerta, convirtiéndola en sustancias minerales para el medio, producto de su metabolismo (Jaramillo, 2004, p. 167).

Semioquímico: Es una sustancia química que un organismo emite hacia otro, desencadenando una respuesta en el receptor, ya sea de agrupamiento, atracción sexual, alejamiento o evitación (Ebensperger y Labra, 2020).

Simbiosis: Es una asociación íntima que los microorganismos forman con animales, vegetales o con otros microorganismos (Stanier et al., 2005, p. 598).

BIBLIOGRAFÍA

AGAMEZ RAMOS, E. Y.; et al. “Evaluación de sustratos y procesos de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma* sp.”. *Revista Colombiana de Biotecnología* [en línea], 2008, (Colombia) 10(2), p. 23. [Consulta: 1 noviembre 2022]. ISSN 1909-8758. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/9142>

ALTIER, N.; et al. “Plataforma de bioinsumos de uso agrícola en base a microorganismo benéficos”. *Revista INIA* [en línea], 2012, (Uruguay) (29), p. 47. [Consulta: 5 mayo 2022]. ISSN: 1510-9011. Disponible en: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429300612191129.pdf>

ARAUZ, L. *Fitopatología: un enfoque agroecológico*. San José-Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica, 1998. ISBN: 9977-67-539-2. p. 24.

ARMENTA-BOJÓRQUEZ, A.; et al. “Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México”. *Ra Ximhai* [en línea], 2010, (México) 6(1), p. 51. [Consulta: 6 enero 2022]. ISSN: 1665-0441. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46112896007>

BELLO GUITIÉRREZ, J. *Ciencia Bromatológica. Principios generales de los alimentos*. Madrid-España: Díaz de Santos, 2000. ISBN: 84-7978-447-4. pp. 41-54.

CALIZAYA LIMACO, C.; et al. “Evaluación de hongos ambientales en mercados de abastos de la ciudad de Tacna – Perú”. *Revista mexicana de micología* [en línea], 2010, (México) 31, p. 66. [Consulta: 20 diciembre 2022]. ISSN: 0187-3180. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=88316010009>

CÁSSERES, E. *Producción de hortalizas*. 3ª ed. San José-Costa Rica: Editorial IICA, 1980, p. 165.

CATIE. *Guía para el Manejo integrado de plagas del cultivo de repollo*. Turrialba-Costa Rica: CATIE/MIP, 1990. ISBN: 9977-57-064-7. pp. 13-14.

CEDAR LAKE VENTURES, INC. *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Cuenca – Ecuador* [en línea]. s.f. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/19348/Clima-promedio-en-Cuenca-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Humidity>.

CHILPE, J. Evaluación de la sostenibilidad de sistemas de producción hortícola pequeños y medianos de la parroquia San Joaquín del cantón Cuenca [en línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2018. pp. 18-19. [Consulta: 5 enero 2022]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/29613>

EBENSPERGER, L. A.; & LABRA, A. *Comportamiento social de la fauna nativa de Chile*. Santiago-Chile: Ediciones UC, 2020. ISBN: 978-956-14-2751-8.

FAO. *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas* [en línea]. Paraguay: s.n., 2013. pp. 19-20. [Consulta: 30 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>

FERNÁNDEZ ALÉS, R.; & LEIVA MORALES, M. J. *Ecología para la agricultura*. Madrid-España: Ediciones Mundi-Prensa, 2008. ISBN: 9788484760856. p. 83.

GAD SAN JOAQUÍN. *Diagnóstico de la actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial* [en línea]. San Joaquín.: s.n., 2015. p. 94. [Consulta: 8 enero 2022]. Disponible en: <http://gadsanjaquin.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/PDYOT-San-Joaquin.pdf>.

GATO CÁRDENAS, Y. “Métodos de conservación y formulación de *Trichoderma harzianum* rifai”. *Fitosanidad* [en línea], 2010, (Cuba) 14(10). [Consulta: 11 septiembre 2022]. ISSN: 1562-3009. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209115199008>

GELAMBI, M. *Primera generación filial (F1)* [en línea]. 2021. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/primera-generacion-filial/>

GUEVARA GONZÁLEZ, R. G.; et al. *Elicidores en la agricultura: bases teóricas y algunas aplicaciones*. s.l.: Editorial Universidad de Almería, 2020. ISBN 9788413510071. p. 10.

HERNÁNDEZ-LAUZARDO, A. N.; et al. “Uso de Microorganismos Antagonistas en el Control de Enfermedades Postcosecha en Frutos”. *Revista mexicana de fitopatología* [en línea], 2007, (México) 25(1). [Consulta: 28 diciembre 2022]. ISSN: 0185-3309. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61225109>

HERNÁNDEZ-MELCHOR, D. J.; et al. “Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial”. *Chilean journal of agricultural & animal sciences* [en línea], 2019, (Chile) 35(1), p. 99. [Consulta: 10 noviembre

2022]. ISSN: 0719-3882. Disponible en:
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071938902019005000205&lng=en&nrm=iso&tlng=en

HIDALGO, J. La situación actual de la sustitución de insumos agroquímicos por productos biológicos como estrategia en la producción agrícola: el sector florícola ecuatoriano [en línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría) Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador. 2017. p. 50. [Consulta: 7 junio 2022]. Disponible en:
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6095/1/T2562-MRI-HidalgoLa%20situacion.pdf>

HOYOS, L. *Enfermedades de plantas: control biológico*. Bogotá-Colombia: Eco Ediciones, 2011. ISBN: 9789586486514. p. 2.

INFANTE, D.; et al. “Mecanismos de acción de Trichoderma frente a hongos fitopatógenos”. *Revista de Protección Vegetal* [en línea], 2009, (Cuba) 24(1), pp. 16-17. [Consulta: 5 enero 2022]. ISSN 1010-2752. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v24n1/rpv02109.pdf>

JACAS, J.; et al. *El control biológico de plagas y enfermedades*. s.l.: Universidad Jaime I. Servicio de Comunicacion y Publicacione, 2014. ISBN: 9788480215145. p. 16.

JAIMES SUÁREZ, Y. Y.; et al. “Inducción de resistencia sistémica contra Fusarium oxysporum en tomate por Trichoderma koningiopsis Th003”. *Acta Colombiana* [en línea], 2009, (Colombia) 14(3), p. 112. [Consulta: 5 enero 2022]. ISSN 0120-548X. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120548X2009000300008&lng=en&nrm=iso

JARAMILLO SÁNCHEZ, J. A. (ed.) *Biología. FP de Grado Superior: prueba de acceso. Título de Bachiller: prueba libre*. Sevilla-España: Editorial MAD, 2004. ISBN: 84-665-3618-3. p. 167.

LOYOLA, J. “Conocimientos y prácticas ancestrales y tradicionales fortalecen la sustentabilidad de los sistemas hortícolas de la parroquia de San Joaquín”. *La Granja: Revista de ciencias de la vida* [en línea], 2016, (s.l.) 24(2), p. 32. [Consulta: 5 enero 2022]. ISSN: 1390-3799. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4760/476051632002/html/>

MAMANI DE MARCHESE, A.; & FILIPPONE, M.P. “Bioinsumos: componentes claves de una agricultura sostenible”. *Revista agronómica del noroeste argentino* [en línea], 2018,

(Argentina) 38(1), p. 11. [Consulta: 4 enero 2022]. ISSN: 0080-2069. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-369X2018000100001&lang=es

MÁRQUEZ, B. Refrigeración y congelación de alimentos: Terminología, definiciones y explicaciones [en línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. 2014. p. 1. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MEJÍA, R. Evaluación del sistema hortícola intensivo en la parroquia San Joaquín Azuay - Ecuador [en línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2014. p. 20. [Consulta: 4 enero 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6302/1/UPS-CT002869.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. *Manual técnico de procedimientos para el registro y control de agentes de control biológico, extractos vegetales, preparados minerales, semioquímicos y productos afines de uso agrícola* [en línea]. Quito: s.n., 2019. [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/ccc2.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA. *Resolución N° 7/2013* [en línea]. 2013. [Consulta: 13 junio 2022]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-7-2013-223805/texto>

NAVA-PÉREZ, E.; et al. “Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas”. *Ra Ximhai* [en línea], 2012, (México) 8(3b), p. 8. [Consulta: 6 enero 2022]. ISSN: 1665-0441. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46125177003>

NUSAIBAH, S. A.; & MUSA, H. *Review Report on the Mechanism of Trichoderma spp. as Biological Control Agent of the Basal Stem Rot (BSR) Disease of Elaeis guineensis* [en línea]. Kano-Nigeria: IntechOpen, 2019, p. 6-7. [Consulta: 14 junio 2022]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/65709>

PACHECO-COETO, R.; et al. “Calosa y especies reactivas de oxígeno expresadas en hojas de caña de azúcar por daño mecánico de mosca pinta”. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* [en línea], 2019, (México) 19(22), p. 106. [Consulta: 20 diciembre 2022]. ISSN: 2007-0934.

Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000900105

PACHECO HERNÁNDEZ, M. L.; et al. “Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión”. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [en línea], 2007, (México) 10(56), p. 6. [Consulta: 21 diciembre 2022]. ISSN: 2007-1132. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322019000600004

PAVONE MANISCALCO, D.; & DORTA, B. “Diversidad del hongo *Trichoderma* spp. en plantaciones de maíz de Venezuela”. *Interciencia* [en línea], 2015, (Venezuela) 40(1), p. 23. [Consulta: 5 enero 2022]. ISSN: 0378-1844. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33933115004>

PERALTA DE ANDRÉS, J.; & ROYUELA, M. *Flora arvense de Navarra*. s.l.: UPNA, 2018. ISBN 978-84-9769-316-5. p. 11.

POALACIN, J. Estudio del adecuado crecimiento del hongo *Trichoderma Harzianum* y *Trichoderma Hamatum* en sustrato sólido [en línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2015. pp. 46-72. [Consulta: 7 enero 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4776/1/T-UCE-0017-128.pdf>

PROBELTE. *¿Qué son los productos fitosanitarios y para qué se utilizan?* [en línea]. 2019. [Consulta: 5 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://probelte.com/es/noticias/que-son-los-productos-fitosanitarios-y-para-que-se-utilizan/>.

RIVERA, J. *Conceptos Introductorios a la Fitopatología*. San José-Costa Rica: EUNED, 1999. ISBN: 9968-31-042-5. p. 6.

RIZO, D. *Producción de repollo con buenas prácticas agrícolas* [en línea]. Nicaragua: s.n., 2019. pp. 14-15. [Consulta: 5 julio 2022]. Disponible en: https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia_repollo_2.pdf

RODRÍGUEZ, V.; & ZUMBA, D. “Influencia de tres variedades de col (*Brassica oleracea*) en la elaboración de chucrut”. *Ecuadorian Science Journal* [en línea], 2021, (Ecuador) 5(3), p. 4. [Consulta: 5 enero 2022]. ISSN: 2602-8077 Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/606/6062738010/>

ROZO GARCÍA, O.; & CASTELLANOS GONZÁLEZ, L. “Empleo de *Trichoderma* spp. para el control y producción más limpia en lechuga”. *Revista Ambiental: agua, suelo y aire* [en línea], 2021, (Colombia) 2, p. 24. [Consulta: 6 enero 2022]. ISSN: 1900-9178. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-mayor-de-san-marcos/biologia/empleo-de-trichoderma-para-el-control-de-enfermedades-y-produccion-de-lechuga/26033815>

RUALES, P.; & BARRIGA, S. “Normativa de Bioinsumos, fomento a reducir la carga química”. *Revista Científica Ecuatoriana* [en línea], 2020, (Ecuador) 7(1), p. 13-14. [Consulta: 25 mayo 2022]. Disponible en: <https://revistaecuadrescoalidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadrescoalidad/index.php/revista/article/view/100/258>

SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, L.; et al. “Diversidad del género *Trichoderma* (Hypocraceae) en un Área Natural Protegida en Tabasco, México”. *Acta botánica mexicana* [en línea], 2018, (México), (123), p. 168. [Consulta: 11 abril 2022]. ISSN: 0187-7151. Disponible en: <https://abm.ojs.inecol.mx/index.php/abm/article/view/1269/pdf>

SOTAMBA, R.; & SÁNCHEZ, J. Estudio de comercialización hortícola en la parroquia San Joaquín Bajo – Cuenca [en línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2013. pp. 24-26, [Consulta: 6 enero 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5552>

STANIER, R.; et al. *Microbiología*. 2ª ed. Barcelona-España: Editorial Reverté, 2005. ISBN 978-84-291-1868-1. p. 598.

TOVAR, J. Evaluación de la capacidad antagonista "in vivo" de aislamientos de *Trichoderma* spp. frente al hongo fitopatógeno *Rhizoctonia solani* [en línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 2008. pp. 24-26. [Consulta: 6 enero 2022]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8951>

TREJO-MACOTELA, F. R. (ed.). *Ciencias Biológicas y de la Salud* [en línea]. México: Ecorfan, 2018. p. 2. [Consulta: 5 enero 2022]. Disponible en: https://www.ecorfan.org/proceedings/PCBS_TII/Ciencias_Biologicas_y_de_la_Salud_TII.pdf

TYŚKIEWICZ, R.; et al. “*Trichoderma*: The Current Status of Its Application in Agriculture for the Biocontrol of Fungal Phytopathogens and Stimulation of Plant Growth”. *International*

Journal of Molecular Sciences [en línea], 2022, 23(4), p. 3. [Consulta: 19 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8875981/pdf/ijms-23-02329.pdf>

USDA. *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo* [en línea]. s.l.: s.n., 1999. p. 27. [Consulta: 11 junio 2022]. Disponible en: <http://agroecologiar.com/wp-content/uploads/2019/08/Guia-eval-calidad-y-salud-del-suelo.pdf>.

UUH-NARVAEZ, J.; & SEGURA-CAMPOS, M. “Cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*): A food with functional properties aimed to type 2 diabetes prevention and management”. *Journal of Food Science* [en línea], 2021, (México) 86(11), p. 4776. [Consulta: 6 enero 2022]. Disponible en: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1750-3841.15939>

VAN GELDEREN, A. “Micoparasitismo biotrófico de *Fusarium oxysporum* sobre *Cunninghamella* sp.”. *Boletín Micológico* [en línea], 2009, (Argentina) 24, p. 51. [Consulta: 5 enero 2022]. Disponible en: <https://revistas.uv.cl/index.php/Bolmicol/article/view/101/89>

VEGA-RODRÍGUEZ, M.; & HERNÁNDEZ-CHAVERRI, R. “Crecimiento de *Trichoderma* en rastrojo de piña para obtener esporas para uso agrícola”. *Agronomía Mesoamericana* [en línea], 2020, (Costa Rica) 31(3), p. 599. [Consulta: 7 enero 2022]. ISSN: 2215-3608. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/40275/43814>

VELÁZQUEZ ÁLVAREZ, L. V.; & VARGAS-HERNÁNDEZ, J. G. “La sustentabilidad como modelo de desarrollo responsable y competitivo”. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* [en línea], 2012, (Colombia) (11), pp. 98-99. [Consulta: 10 mayo 2022]. ISSN: 1692-9918. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231125817009>

VIERA-ARROYO, W. F. “Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador”. *Journal of the Selva Andina Biosphere* [en línea], 2020, (Bolivia) 8(2), p. 129. [Consulta: 5 enero 2022]. ISSN: 2308-3867. Disponible en: http://www.scielo.org/bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592020000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

VIÑANSACA, J. Alternativas de manejo de la hernia de la col (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) en la parroquia de San Joaquín, Cuenca – Ecuador [en línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2019. [Consulta: 5 enero 2022]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33020/3/Trabajo%20de%20Titulacion%20>

20.pdf

VITERI VERA, M. P.; & TAPIA TORAL, M. C. “Economía ecuatoriana: de la producción agrícola al servicio”. *Revista Espacios* [en línea], 2018, (Ecuador) 39(32). [Consulta: 10 noviembre 2022]. ISSN: 0798-1015. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n32/a18v39n32p30.pdf>

ZAMORA, E. *Serie guías-Producción de hortalizas* [en línea]. Sonora-México: Universidad de Sonora, 2016. p. 2. [Consulta: 20 julio 2022]. Disponible en: <https://dagus.unison.mx/Zamora/COL%20O%20REPOLLO-DAG-HORT-011.pdf>.

ZIN, N. A.; & BADALUDDIN, N. A.” Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications”. *Annals of Agricultural Sciences* [en línea], 2020, (Malaysia) 65(2), p. 170. [Consulta: 7 enero 2022]. ISSN 0570-1783 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178320300415?via%3Dihub>



ANEXOS

ANEXO A. CONSTRUCCIÓN Y ADECUACIÓN DEL LABORATORIO EN EL BARRIO LA CALDERA DE SIDCAY



Nivelación del terreno.



Cimentación del terreno.



Vaciado de concreto en el piso.



Estructura y colocación de techo, paredes y puerta del laboratorio.



Separación de áreas del laboratorio.



Instalación eléctrica.



Implementación de mobiliario, equipos, materiales y sustancias para el laboratorio.

ANEXO B. PRODUCCIÓN DEL BIOINSUMO EN EL BARRIO LA CALDERA DE SIDCAY



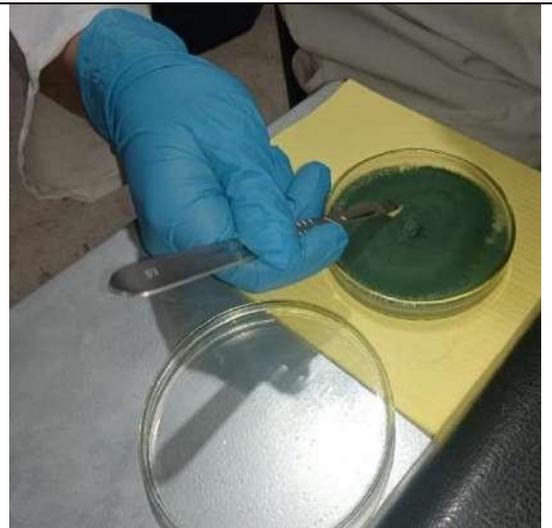
Preparación del medio de cultivo de agar PDA.



Colocación del medio de cultivo en cajas Petri.



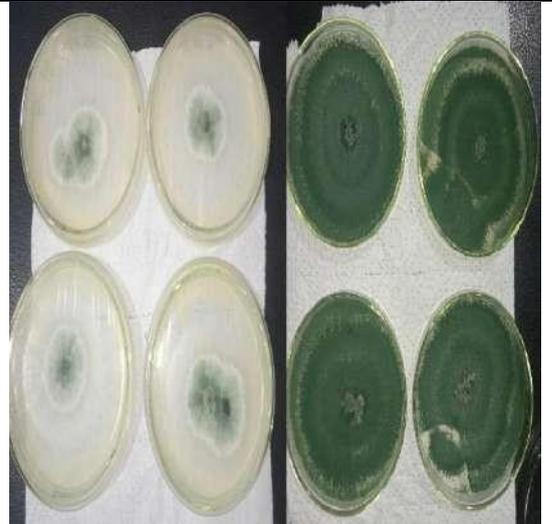
Aislamiento del *Trichoderma* spp.



Inoculación del *Trichoderma* spp.



Incubación del *Trichoderma* spp. a 26°C.



Crecimiento del *Trichoderma* spp.



Preparación de matrices con arrozillo.



Siembra de matrices con *Trichoderma spp.*



Colocación de matrices en la incubadora.



Agitación de matrices.



Multiplicación de matrices.



Obtención de matrices filiales 4.



Vaciado y secado del producto.



Almacenado y empaquetado del producto.

ANEXO C. CAPACITACIÓN A LOS AGRICULTORES DEL BARRIO BARABÓN CHICO

<p>Elaboración de volantes.</p>	<p>Colocación de volantes en el barrio.</p>
<p>Colocación de trampa para microorganismos en el terreno de la Sra. Rosa Gómez.</p>	<p>Colocación de trampa para microorganismos en el terreno de la Sra. Julia Moscoso.</p>
<p>Colocación de trampa para microorganismos en el terreno del Sr. Gerardo Moscoso.</p>	<p>Colocación de trampa para microorganismos en el terreno del Sr. Enrique Moscoso.</p>



Colocación de trampa para microorganismos en el terreno de la Sra. Narcisca Moscoso.



Aplicación de la encuesta a la Sra. Rosa Gómez.



Aplicación de la encuesta a la Sra. Julia Moscoso.



Aplicación de la encuesta al Sr. Enrique Moscoso.



Aplicación de la encuesta al Sr. Gerardo Moscoso.



Aplicación de la encuesta a la Sra. Narcisca Moscoso.

ANEXO D. MODELO DE ENCUESTA APLICADO A LOS AGRICULTORES



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL



DATOS GENERALES			
Nombre	Fecha	Cédula	Firma

Estimado agricultor, la presente encuesta tiene un interés académico. Con el fin de realizar el Proyecto Técnico "PRODUCCIÓN DE *Trichoderma spp.* COMO BIOINSUMO PARA LOS CULTIVOS DE COL (*Brassica oleracea var. capitata*) EN EL BARRIO BARABÓN CHICO, CUENCA – ECUADOR". Por tal motivo debe ser contestada con la mayor verdad posible.

INDICACIONES:

- Lea atentamente cada una de las preguntas.
- Marque con una X según sea la respuesta que usted considere.

1. ¿Antes del proyecto, ha escuchado usted sobre el uso de *Trichoderma spp.*?
Sí () No ()
2. ¿En los últimos meses, qué tan rentable ha sido sus cultivos de col?
Excelente () Bueno () Malo ()
3. Los fitosanitarios que ha usado en sus cultivos para combatir la hernia de la col le han sido:
Excelente () Bueno () Malo ()
4. ¿Qué le pareció el bioinsumo que se le suministró para sus cultivos de col?
Excelente () Bueno () Malo ()
5. ¿Seguiría usted aplicando el bioinsumo en sus cultivos?
Sí () No ()
6. El manejo del bioinsumo para su aplicación, le parece:
Fácil () Medio () Difícil ()
7. ¿Recomendaría usted nuestro bioinsumo?
Sí () No ()
8. ¿Qué le parece el precio del bioinsumo de 1 kg por 15\$?
Excelente () Bueno () Malo ()
9. ¿Estaría usted dispuesto a utilizar otras especies de microorganismos benéficos en sus cultivos antes que seguir usando los fitosanitarios convencionales?
Sí () No ()
10. La capacitación que se impartió al inicio del proyecto fue:
Excelente () Bueno () Malo ()

Muchas gracias por su valiosa colaboración.

ANEXO E. APLICACIÓN DEL BIOINSUMO EN LOS CULTIVOS DE COL EN EL BARRIO
BARABÓN CHICO



Entrega del bioinsumo a los agricultores.



Activación del *Trichoderma* spp.



Filtración y aplicación del bioinsumo en los cultivos de col.

ANEXO F. TOMA DE MUESTRAS DEL SUELO EN EL BARRIO BARABÓN CHICO



Toma de muestras de suelo por el método de cuarteo.



Toma de muestras de suelo por el método del cilindro.



Etiquetado y pesaje de las muestras.

ANEXO G. ANÁLISIS DE SUELO EN EL LABORATORIO



Secado de las muestras de suelo -
Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH



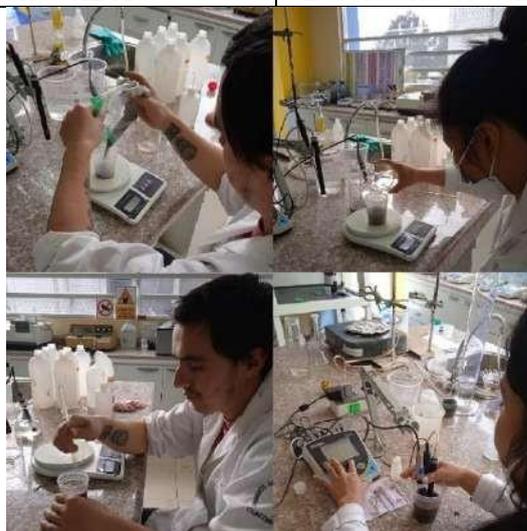
Determinación de la densidad aparente -
Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH



Determinación de la textura del suelo por
tacto - Laboratorio GIDAC



Determinación de la materia orgánica -
Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH



Determinación del pH y conductividad eléctrica - Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH

ANEXO H. DETERMINACIÓN DE LAS UFC DEL BIOINSUMO EN EL LABORATORIO DE BIOLOGÍA MOLECULAR, GENÉTICA Y MICROBIOLOGÍA



Preparación de la solución estándar.



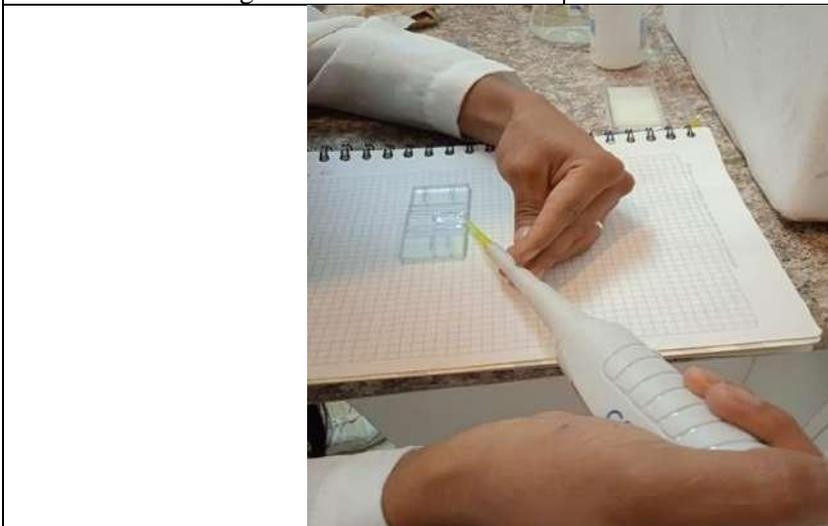
Preparación de la solución.



Desprendimiento de esporas mediante agitación.



Dilución de la solución.



Colocación de la dilución en la cámara de Neubauer.

ANEXO I. REGISTRO DE DATOS DE LA COL



Medición del perímetro de la col.



Pesaje de la col.

ANEXO J. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA COL EN EL LABORATORIO



Determinación de humedad - Laboratorio de Química Analítica ESPOCH



Determinación de cenizas - Laboratorio de Productos Naturales y Laboratorio de Bromatología ESPOCH



Determinación de ácido ascórbico- Laboratorio de Bromatología ESPOCH



Determinación de azúcares - Laboratorio de Bromatología ESPOCH





esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 15 / 03 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Cecibel Janela Alvarado Aguinda Freddy Marcelo Guarango Chiqui
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniero en Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo



0452-DBRA-UPT-2023