

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TÍTULO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

“Evaluación de microorganismos para el control de hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica olerácea* Var. Avenger).”

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERA AGRÓNOMA

Autora:

Yesenia Nicole Lascano Zabala

Tutor:

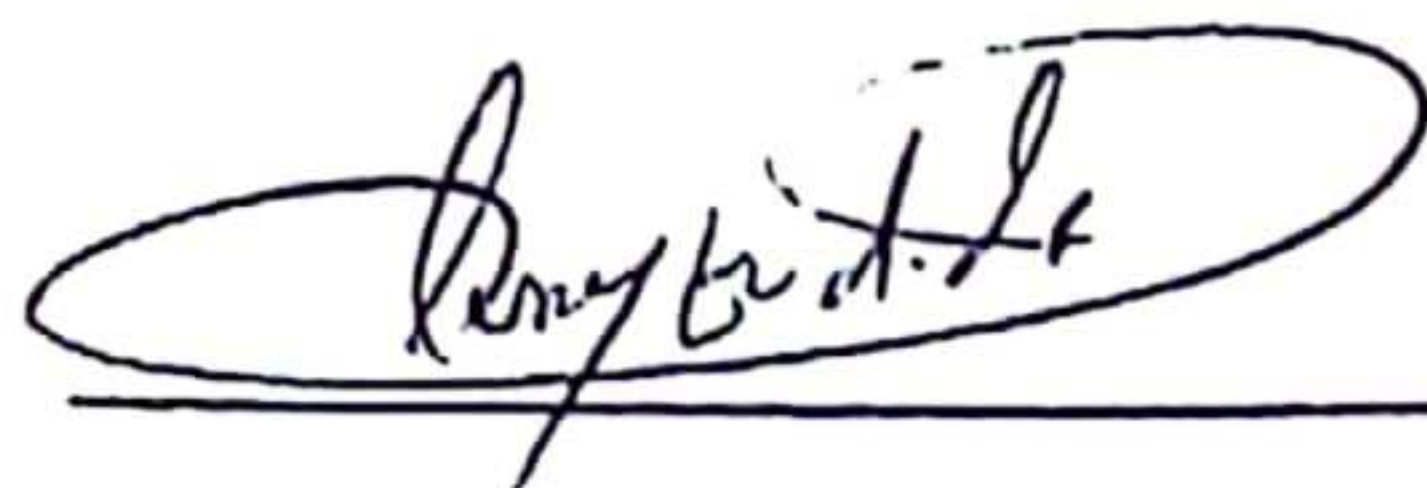
Segundo Euclides Curay Quispe

CEVALLOS – TUNGURAHUA

2024

“Evaluación de microorganismos para el control de hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Avenger).”

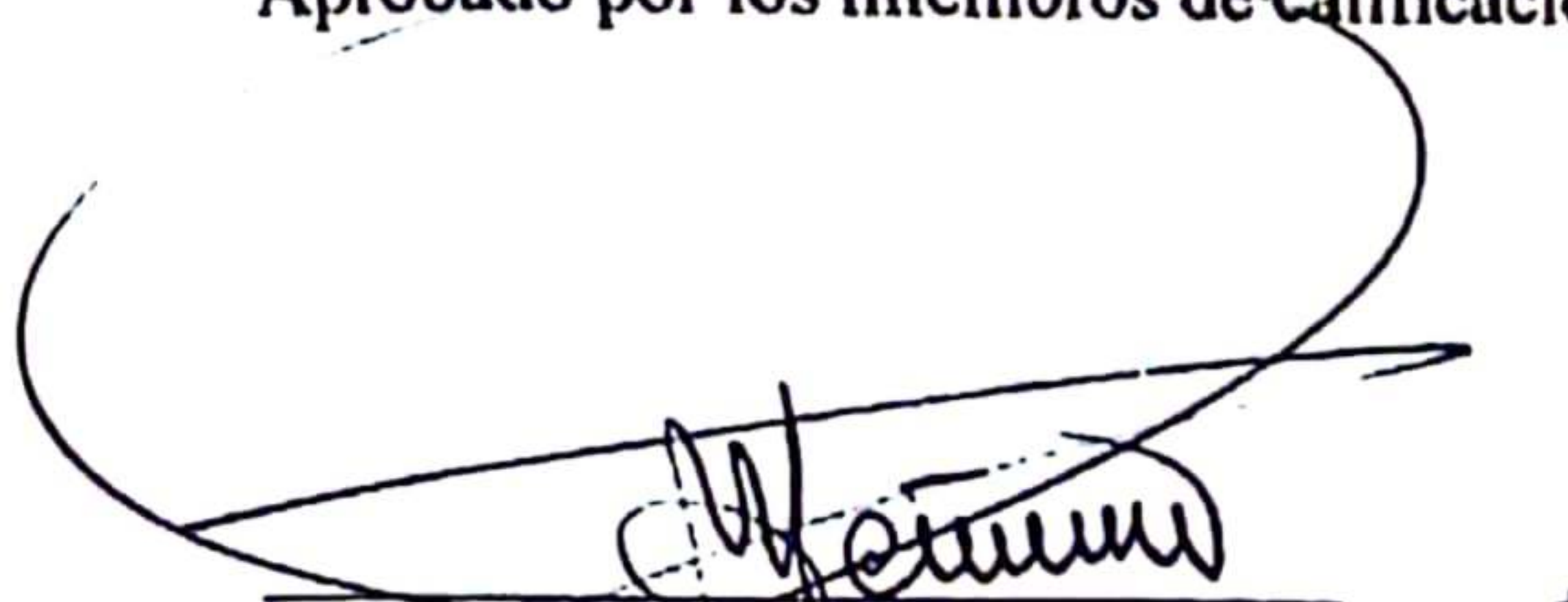
REVISADO POR:



Ing. Mg. Segundo Euclides Curay, PhD.

TUTOR

Aprobado por los miembros de calificación:



Ing. Patricio Núñez Torres, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

08/02/2024

Fecha:



Ing. Mg. Olguer León
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

08/02/2024

Fecha:



Ing. Mg. Marco Pérez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

08/02/2024

Fecha:

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

La suscrita, YESENIA NICOLE LASCANO ZABALA, portador de cédula de identidad número: 1805338405, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: "Evaluación de microorganismos para el control de hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Avenger)." es original, auténtico y personal. En la virtud declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



Yesenia Nicole Lascano Zabala

DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “EVALUACIÓN DE MICROORGANISMOS PARA EL CONTROL DE HERNIA DE LAS CRUCÍFERAS (*Plasmodiophora brassicae*) EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* VAR. AVENGER).” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice copia de este informe final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial. Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o parte de él.



Yesenia Nicole Lascano Zabala

DEDICATORIA

A mis padres Santiago Lascano y Sandra Zabala porque este logro también es gracias al esfuerzo, acompañamiento, apoyo, consejos, ayuda y por su infinito amor que me brindaron durante toda mi vida, gracias por no abandonarme y confiar en mí, los amo mucho.

A mis hermanos Deneb, Melanie y Jair quienes han sido mi principal motor, motivo y también mi apoyo para no darme por vencida, para que vean que todo lo que uno desee lo podemos lograr, los amo un montón.

Al Padre Ricardo Criollo y a mi madrina Rocío Sanches, que son como mis segundos padres que al igual con sus consejos, apoyo y ejemplo en el crecimiento de la fe, me han ayudado a creer en mí misma. Hoy es posible este logro. Gracias.

A mis abuelitos, tíos, y primos por siempre ser ese apoyo incondicional cada que se los pedía y ayudarme a seguir caminando y no desmayar.

A mis amigas Silvia, Jenny y Estefanía por haber formado parte de mi vida universitaria, ser el apoyo en los momentos malos y la riza en los momentos de alegría, suerte en su vida profesional, que Dios les bendiga y nunca cambien.

A todas aquellas personas que de una u otra manera han formado parte de este proyecto, con su apoyo y siempre pendientes de este proceso, muchas gracias por existir. Son muy importantes para mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios porque sin la vida y la salud que me regala cada día este logro no sería posible y a la Santísima Virgen María y San Isidro Labrador por su intercesión y protección, ellos han sido la luz que ilumina en las tinieblas.

A mis padres por estar ahí siempre que los necesito, cuando necesito un consejo, y cuando necesite hacer esta tesis, jamás me negaron nada. Gracias

A la Universidad Técnica de Ambato y a los Ingenieros que forman en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Carrera de Ingeniería Agronómica por permitirme ser un miembro de esta prestigiosa institución y por no solo impartir conocimientos teóricos y prácticos sino también humanos.

A mi tutor de tesis Ing. Mg. Segundo Curay por su paciencia, ayuda y orientación en la elaboración de la tesis, un agradecimiento infinito por la confianza.

A mi tío Víctor Lascano por facilitarme el lote en el que realice el proyecto de investigación, muchas gracias y que Dios le bendiga.

Al Ing. Diego Rubio y al Ing. Oscar Cholota por la ayuda desinteresada.

A Cristian por el apoyo, consejos y por alentarme siempre a seguir adelante gracias por ser esa persona incondicional y por tu bella amistad.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	ii
DERECHOS DE AUTOR.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes investigativos.....	2
1.3. Categorías fundamentales	3
1.3.1. Hernia de la col (<i>Plasmodiophora brassicae</i>)	3
1.3.2. Taxonomía	4
1.3.3. Síntomas	4
1.3.4. Condiciones favorables.....	5
1.3.5. Ciclo de vida de la Plasmodiophora	5
1.3.6. Control Cultural	6
1.3.7. Control Biológico	6
1.4. Producto utilizado en el ensayo.....	6
1.4.1. Sauber	6
1.4.1.1. Descripción del producto	7
1.5. Cultivo de Brócoli	8
1.5.1. Origen e importancia.....	8
1.5.2. Morfología	8
1.5.3. Descripción taxonómica	8
1.5.4. Descripción botánica	9
1.5.5. Composición nutricional	10
1.5.6. Variedades	10
1.5.7. Requerimientos edafoclimáticos.....	11
1.6. Manejo del cultivo.....	11
1.6.1. Preparación del terreno	11
1.6.2. Trasplante.....	11
1.6.3. Control de malezas	11

1.6.4.	Riego	12
1.6.5.	Fertilización.....	12
1.6.6.	Plagas y enfermedades	12
1.6.7.	Cosecha	13
1.6.8.	Postcosecha.....	14
1.7.	HIPÓTESIS.....	14
1.8.	OBJETIVOS.....	14
1.8.1.	OBJETIVO GENERAL.....	14
1.8.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
CAPITULO II.....		15
METODOLOGÍA.....		15
2.1.	Ubicación del experimento	15
2.2.	Caracterización del lugar	15
2.2.1.	Clima	15
2.2.2.	Suelo.....	15
2.2.3.	Agua	15
2.3.	Equipos y Materiales	15
2.3.1.	Equipos.....	15
2.3.2.	Materiales.....	16
2.3.2.1.	Material experimental.....	16
2.3.2.2.	Materiales y herramientas	16
2.3.2.3.	Materiales de escritorio.....	16
2.3.2.4.	Productos Biológicos.....	16
2.4.	Factores de estudio.....	17
2.4.1.	Dosis.....	17
2.4.2.	Frecuencia	17
2.5.	Tratamiento	17
2.6.	Diseño Experimental.....	17
2.7.	Manejo del Experimento	18
2.7.1.	Descripción del cultivo	19
2.7.2.	Preparación del terreno	19
2.7.3.	Obtención de plantas de brócoli.....	19
2.7.4.	Trasplante.....	19
2.7.5.	Identificación de Plasmodiophora	19

2.7.6. Inoculación de la enfermedad	19
2.7.7. Riego	20
2.7.8. Deshierbe y aporque.....	20
2.7.9. Fertilización	20
2.7.10. Aplicación de tratamientos	20
2.7.11. Controles Fitosanitarios	20
2.7.12. Cosecha.....	20
2.7.13. Toma y registro de datos	20
2.8. Variables Respuesta	21
2.8.1. Altura de planta.....	21
2.8.2. Peso de la pella.....	21
2.8.3. Volumen radicular.....	21
2.8.4. Rendimiento.....	21
2.8.5. Porcentaje de incidencia de la hernia de las crucíferas	21
2.9. Procesamiento de la información.....	21
CAPITULO III	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
3.1. Análisis y discusión de los resultados	22
3.1.1. Altura de la planta.....	22
3.1.2. Peso de la pella.....	23
3.1.3. Volumen radicular.....	24
3.1.4. Rendimiento.....	25
3.1.5. Incidencia de la enfermedad.....	26
3.1.6. Análisis Económico.....	27
CAPITULO IV.....	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica.	4
Tabla 2. Contenido del producto.	7
Tabla 3. Clasificación taxonómica de brócoli.	9
Tabla 4. Composición nutricional de 100 g de una porción comestible de brócoli.	10
Tabla 5. Factores edafoclimáticos.	11
Tabla 6. Plagas del cultivo de brócoli.	13
Tabla 7. Enfermedades del cultivo de brócoli.	13
Tabla 8. Detalle de los tratamientos en estudio.	17
Tabla 9. Descripción del ensayo.	18
Tabla 10. Esquema de la disposición del ensayo.	18
Tabla 11. Prueba Tukey al 5% para la variable de altura de la planta.	22
Tabla 12. Prueba Tukey al 5% para la variable de peso de la pella.	23
Tabla 13. Prueba Tukey al 5% para la variable de volumen radicular.	24
Tabla 14. Prueba Tukey al 5% para la variable de rendimiento.	25
Tabla 15. Prueba Tukey al 5% para la variable de incidencia de la enfermedad.	26
Tabla 16. Costos de inversión del ensayo.	27
Tabla 17. Costos de inversión por tratamiento.	28
Tabla 18. Ingresos totales por tratamiento.	28
Tabla 19. Relación beneficio – costo.	29

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Síntomas de la <i>Plasmodiophora brassicae</i>	36
Anexo 2. Ciclo de vida de la <i>Plasmodiophora brassicae</i>	36
Anexo 3. Fertilización.....	36
Anexo 4. Preparación del terreno.....	37
Anexo 5. Obtención de plántulas.....	37
Anexo 6. Etiquetado de los tratamientos.....	37
Anexo 7. Trasplante.....	38
Anexo 8. Identificación de <i>Plasmodiophora</i>	38
Anexo 9. Inoculación de la enfermedad.....	38
Anexo 10. Riego.....	39
Anexo 11. Deshierbe y aporque.....	39
Anexo 12. Aplicaciones.....	39
Anexo 13. Cosecha.....	40
Anexo 14. Toma de datos de la variable altura de la planta.....	40
Anexo 15. Toma de datos de la variable peso de pella.....	40
Anexo 16. Toma de datos de la variable volumen radicular.....	41
Anexo 17. Toma de datos de la variable incidencia.....	41
Anexo 18. ADEVA de la variable de altura de planta.....	41
Anexo 19. ADEVA de la variable de peso de la pella.....	41
Anexo 20. ADEVA de la variable de volumen radicular.....	42
Anexo 21. ADEVA de la variable de rendimiento.....	42
Anexo 22. ADEVA de la variable de incidencia.....	42
Anexo 233. Rendimiento en gramos, kilogramos y kilogramos por hectárea.....	42
Anexo 24. Promedio de la toma de datos de las variables que se ingresaron al programa Infostat.....	43
Anexo 25. Costos de Mano de Obra.....	44
Anexo 26. Ingresos totales por tratamiento.....	44

RESUMEN

En este estudio se evaluó la efectividad de la aplicación de microorganismos utilizando el producto Sauber para el control de la hernia de las crucíferas en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Avenger*), los factores de estudio fueron dosis y frecuencia de aplicación. El diseño experimental utilizado fue el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con tres tratamientos por tres repeticiones más un testigo. Las variables evaluadas fueron altura de la planta, peso de la pella, volumen radicular, rendimiento, e incidencia. Se realizó el análisis de varianza (ADEVA) y la prueba de significancia de Tukey al 5% para cada variable. Los tratamientos fueron D1F1, D1F2, D1F3, D2F1, D2F2, D2F3, D3F1, D3F2, D3F3 y Testigo, D1, D2 y D3, dosis de 2.5, 5 y 7.5 cc respectivamente y F1, F2 y F3, frecuencias de ocho, quince, y treinta días respectivamente. Al finalizar el análisis, se determinó que la mejor dosis y frecuencia de aplicación es el tratamiento D3F1, en el que se hizo la aplicación en drench de la dosis de 7.5 cc/ L con una frecuencia de cada ocho días, es el mejor tratamiento debido a que en todas las variables evaluadas presentó mejores resultados en comparación con los demás tratamientos en estudio, esto se debe a que a mayor cantidad de microorganismo mejor control y al tener una buena cantidad de materia orgánica en el suelo ayuda a que la acción de éstos microorganismo sea efectiva.

Palabras clave: Brócoli, drench, *Plasmodiophora brassicae*, Sauber, microorganismos, aplicaciones

ABSTRACT

In this study, the effectiveness of the application of microorganisms was evaluated using the Sauber product for the control of cruciferous hernia in broccoli cultivation (*Brassica oleracea* Var. Avenger), the study factors were dose and frequency of application. The experimental design used was the completely randomized block design (DBCA), with three treatments for three repetitions plus a control. The variables evaluated were plant height, seed weight, root volume, yield, and incidence. Analysis of variance (ADEVA) and Tukey's significance test at 5% were performed for each variable. The treatments were D1F1, D1F2, D1F3, D2F1, D2F2, D2F3, D3F1, D3F2, D3F3 and Control, D1, D2 and D3, doses of 2.5, 5 and 7.5 cc respectively and F1, F2 and F3, frequencies of eight, fifteen, and thirty days respectively. At the end of the analysis, it was determined that the best dose and frequency of application is the D3F1 treatment, in which the dose of 7.5 cc/L was applied in drench with a frequency of every eight days, it is the best treatment due to Because in all the variables evaluated it presented better results compared to the other treatments in the study, this is because the greater the amount of microorganism, the better the control and having a good amount of organic matter in the soil helps the action of these microorganism is effective.

Keywords: Broccoli, drench, *Plasmodiophora brassicae*, Sauber, microorganisms, applications

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Introducción

El cultivo de brócoli es uno de los mayores rubros representativos en cuanto a comercio exterior se refiere ya que abarca el 2% de las exportaciones. En el Ecuador la producción de brócoli se centra en 6 provincias, Cotopaxi con 110.026 t, Tungurahua 15.489 t, Chimborazo 3.151 t, Loja 345 t, Pichincha 114 t y Azuay 12 t, por lo que a más de exportar el brócoli también se lo consume y distribuye a todo el país, es por ello, que 9 toneladas de brócoli es distribuida dentro del país por medio de los mercados, siendo el mercado mayorista de Ambato uno de los lugares de mayor tránsito comercial. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022).

Las estadísticas del Ministerio de Agricultura y Ganadería muestran que la demanda de brócoli ecuatoriano ha incrementado en los países de destino que es Japón y Estados Unidos, exportando el 72% de producción de brócoli solo a estos países, mostrando un crecimiento de toneladas anuales exportadas. En 2020 se exportaron 87.985 toneladas, incrementándose en un 2% llegando a 89.602 toneladas en 2021, llegando hasta 97.522 toneladas en 2022 y hasta marzo de lo que va el año 2023 se han exportado 24.993 toneladas, llegando a un monto anual de 170.518 dólares hasta el año 2022.

El brócoli ecuatoriano es uno de los más cotizados en el mercado, debido a que los rayos del sol caen perpendicularmente sobre el cultivo y su excelente ubicación geográfica en la mitad del mundo dando como resultado que la luz que reciben los cultivos de brócoli es única en el mundo, por esa razón el Ecuador produce brócoli durante todo el año, hasta 25 t/ha dependiendo de la variedad, tipo de riego y semillas. El ciclo productivo del brócoli va de 12 a 15 semanas llegando a obtener hasta tres cosechas anuales, siendo esta una de las ventajas más competitivas en relación con otros países, otra de las ventajas es que al ubicar el cultivo de brócoli a una altura de 2700 a 3200 msnm hace que la presencia de plagas sea limitada. Estos factores hacen que el brócoli producido en el Ecuador obtenga características particulares como es el color verde brillante, el sabor dulce, compacidad óptima, otorgándole así la calidad de un buen producto (Cobos & Hwang, 2022).

Las enfermedades que afectan al brócoli son *Micosphaerella brassicicola*, *Xanthomonas campestris*, *Alternaria sp*, *Erysiphe sp.*, *Pectobacterium carotovorum*, *Rhizoctonia solani*, pero la que causa pérdidas importantes es la *Plasmodiophora brassicae* debido a que sus zoosporangios permanecen con vida alrededor de 10 años en el suelo y solo se activan con la presencia de cultivo de brasicas, una vez dentro de la raíz el patógenos hace que las células de la planta se multipliquen dando así el origen de la hernia, provocando una obstrucción que evita que la planta se alimente correctamente, por lo que una de las soluciones es la utilización de productos biológicos, tanto bacterias como hongos para el control de esta enfermedad, *Azotobacter spp.*, *Bacillus spp.*, *Streptomyces spp.*, *Flavobacterium balustinum*, *Pseudomonas spp.*, *Enterobacter spp.*, *Trichoderma spp.*, *Penicilliums spp.*, *Gliocadium virens* (Martínez, 2018).

Tomando en cuenta la información anterior, para esta investigación se utilizará el producto biológico SAUBER que es un complejo microbiano de naturaleza fúngica y metabolitos secundarios que combate enfermedades radiculares debido a que posee moléculas bioactivas que ayudan al incremento radicular y regeneración celular, el cual posee *Paecilomyces spp.*, *Arthrobotrys spp.*, *Trichodermas spp.*, *Dactilella spp.* y *B. Penetrans*, como alternativa para el control de *Plasmodiophora* siendo esta una solución más natural y evitar así el uso de fungicidas que no solo combaten el hongo, sino que también destruyen los microorganismos benéficos propios del suelo de la zona.

1.2. Antecedentes investigativos

(Castellanos et al., 2019) en su investigación “Comparación de la eficacia de tres antagonistas comerciales para el control de *Plasmodiophora brassicae* Wororin en condiciones de laboratorio” , se evidencia que los tratamientos de *Trichoderma harzianum* en dosis de 2 ml en 18 ml de agua destilada y de 2 ml en 36 ml de agua destilada contrarresta efectivamente el número de quistes de *Plasmodiophora brassicae* a los tres y siete días mostrando que el *Trichoderma* es un hongo beneficioso muy versátil y de imprescindible presencia en los cultivos y suelos, aunque menciona también que es necesario hacer pruebas con nuevos productos comerciales tratando de incorporar más alternativas biológicas para el control de la *Plasmodiophora* siendo esta una solución más económica.

En los estudios realizados por (Castro et al., 2020) menciona que en la aplicación de Fertibiol y Microorganismos de montaña, el mejor método efectivo para el control de *Plasmodiophora brassicae* podría ser el de Macroorganismos de montaña ya que en la toma de datos fue la que presentó valores de severidad menores, en el caso del Fertibiol que posee los microorganismos *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Azotobacter* que según información de literatura funcionaban como agentes de control biológico para *Plasmodiophora brassicae*, en este estudio no se observaron buenos resultados.

En la investigación “Alternativas para el control de la hernia de las crucíferas en coliflor en el municipio Mutiscua, provincia de Pamplona, Norte de Santander” realizada por (Castellanos et al., 2019) en la que utilizó 8 tratamientos de los cuales recomienda el tratamiento con Cal en aplicaciones de 3kg, *Trichoderma harzianum* dosis normal 16,2 g y Hormonagro comercial Ácido Naftalenacético 0,45 cm³ a los 8 días del trasplante y periodicidad de cada semana ya que presentó buenos resultados en la altura de la planta.

(Viñansaca, 2019) en su investigación “Alternativas de manejo de la hernia de la col (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) en la parroquia de San Joaquín, Cuenca – Ecuador”, en la que comparó *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii* en aplicaciones de 1×10^6 y 1×10^8 ufc/cm³ y Quintozeno en aplicaciones de 15 y 30 Kg/ha, recomienda como el mejor tratamiento el uso del hongo antagonista *Trichoderma koningii* aplicaciones de 1×10^6 ufc/cm³ ya que es capaz de controlar la Hernia de las crucíferas hasta en un 100% así como también favorece el desarrollo radicular, peso fresco de la planta, mayor diámetro del tallo, buen crecimiento, así también logró demostrar que el uso de *Trichoderma spp.* son tratamientos más económicos.

1.3. Categorías fundamentales

1.3.1. Hernia de la col (*Plasmodiophora brassicae*)

Telenchana Paucar (2015), menciona que la hernia de la col es la enfermedad más peligrosa en el cultivo de brócoli y el agente causal es la *Plasmodiophora brassicae*, como característica para identificar esta enfermedad no es del todo clara y es difícil distinguir ya que llega a presentarse de la misma manera de una deshidratación, con las hojas de color amarillento o verde pálido y la planta en días soleados tiende a agobiarse y vuelve aparentemente a la normalidad cuando la intensidad del sol ha disminuido.

González, Fuentes, & Mondragón (2019), describe que el protozoo *Plasmodiophora brassicae* se comporta como un parásito obligado que puede sobrevivir hasta 20 años en ausencia de un hospedero y provoca afecciones en las raíces de las plantas de la familia brassicaceae, presentado división celular en los hipocótilos, elongación y formación de agallas dando como resultado la baja obtención de nutrientes y agua. La *Plasmodiophora* para su diseminación y sobrevivencia necesita la presencia de sus esporas de resistencia que al estar en contacto con un hospedero rápidamente germinan. Para germinar necesitan suelos con alta humedad y es ahí donde se generan las zoosporas móviles que infectan a las nuevas plantas, posteriormente se forman los Plasmodios que son estructuras microscópicas que forman agallas o tumores al ser invadidas las células de las raíces con este patógeno, y por último la nueva generación de esporas que se genera y reinfectan las raíces de las plantas más cercanas.

1.3.2. Taxonomía

Tabla 1. Clasificación taxonómica.

Reino	<i>Protozoa</i>
Dominio	<i>Eucariota</i>
División	<i>Myxomycota</i>
Clase	<i>Plasmodiophoromycetes</i>
Orden	<i>Plasmodiophorales</i>
Género	<i>Plasmodiophora</i>
Especie	<i>Brassicae</i>

Fuente: Telenchana Paucar (2015).

1.3.3. Síntomas

Almachi Paneluisa (2013), señala que el síntoma más notorio de la enfermedad es la presencia de tumores anormales en las raíces principales que van de 2 a 5 cm, en las raíces secundarias se forman tumores alargados y en el tallo subterráneo se forman tumores globosos, otro de los síntomas que presenta la planta infestada es la presencia de clorosis en sus hojas y marchitamiento en las horas de mayor intensidad solar llegando a recuperarse en la noche, todo esto debido a que la absorción de agua y nutrientes queda obstruida por la presencia de este patógeno dando como resultado que el eje principal de la raíz quede detenido haciendo que la planta genere nuevas raicillas, fibromas, largas y

anormales produce enanismo debido a que no puede alimentarse, así también puede causar la muerte de la planta ya que su aparición sucede a las 4 y 5 semanas del trasplante.

1.3.4. Condiciones favorables

Orozco Arce (2015), señala que para que la enfermedad se desarrolle adecuadamente necesita:

- Humedad. - la enfermedad se desarrolla de mejor manera y es más extremo en suelos húmedos, con humedad de entre 30 y 90 % de la capacidad de campo, aunque el óptimo está entre 45 y 70 %.
- Acidez del suelo. - la enfermedad se desarrolla mejor en suelo con pH de 5.7 es decir suelos ácidos ya que favorece que las zoosporas penetren en las raíces y que los zoosporangios germinan, en cuanto a la actividad del patógeno prefiere pH de 5.2 a 6.2 y con un pH de 7.8 o mayor se inhibe por completo.
- Temperatura. - la enfermedad tiene un buen desarrollo a 18 y 24°C, aunque también se presenta en temperaturas desde 9 hasta 30°C.

1.3.5. Ciclo de vida de la Plasmodiophora

Cajo Ajo (2023), menciona que la Plasmodiophora brassicae posee su ciclo de vida dividido en tres etapas; sobrevivencia en el suelo, infección en los pelos radiculares e infección cortical (Anexo 2).

Sobrevivencia en el suelo. - la hembra de las crucíferas para sobrevivir largos periodos en el suelo produce estructuras llamados quistes que son estimulados y provocado por las exudaciones de las raíces para que las esporas de descanso germinen.

Infección en los pelos radiculares. - se presenta por lo general al realizar el trasplante, las zoosporas (esporas móviles) infectan las raicillas de las plántulas, lo que provoca que en el citoplasma de la célula del huésped se inyecte el contenido parasitario que antes la pared celular del pelo radicular fue perforada por las zoosporas.

Infección cortical. – esta tercera fase es producida por las zoosporas secundarias y se produce dentro de los pelos radiculares pasando a las raíces principales a través del tejido cortical, aquí se forman los plasmodios que se dividen en zoosporangios y se liberan en el suelo de 4 a 16 zoosporangios para continuar con el ciclo infeccioso,

1.3.6. Control Cultural

Orozco Arce (2015), señala que la prevención es la mejor acción para evitar que la enfermedad llegue a donde no existe, por tal razón se recomienda:

- Adquirir y sembrar plántulas que no estén infestadas. Asegurarse que no esté presente la enfermedad en las plantas provenientes de semilleros o que el sustrato haya sido esterilizado 14 o 21 días antes de sembrar.
- Sembrar en terrenos que no han presentado la enfermedad y que tengan un buen drenaje
- Utilizar en los suelos contaminados desinfectantes como formol y cloro, así como también no es recomendado el uso de gallinaza, esto crea condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad.
- No regar con agua que atraviese contaminados campos.
- No dejar que personas y animales se paseen por sus tierras si provienen de suelo contaminado ya que pueden transportar partículas de suelo con patógenos.
- Respetar el tiempo de riego ya que puede favorecer a la enfermedad el exceso de agua.
- Realizar rotaciones de cultivo durante 7 o 10 años sin usar plantas crucíferas.
- Para que la enfermedad no se traslade a su cultivo de crucíferas es recomendable destruir las malezas crucíferas en donde el patógeno vive.
- Usar variedades resistentes
- Controlar el pH del suelo en 7,2 o más ya que al subir el pH controlamos la enfermedad evitando que las esporas de resistencia germinen.

1.3.7. Control Biológico

Para la regulación de *Plasmodiphora brassicae* ha resultado efectivo el uso de *Trichoderma harzianum* al igual que *Bacillus subtilis* que han tomado un papel importante en el control de la hernia.

1.4. Producto utilizado en el ensayo

1.4.1. Sauber

1.4.1.1. Descripción del producto

Complejo microbiano de naturaleza fúngica y metabolitos secundarios de acción nematicida, rica en complejos botánicos y nanoenzimas destructoras de la corteza y metabolitos proteicos, obstruyendo las rutas metabólicas de vitalidad, producción de los nemátodos patógenos, regenerando las condiciones medioambientales de la rizosfera por su compuesto botánico (Ecuazyme Laboratories,2022).

Tabla 2. *Contenido del producto.*

Paecilomyces spp	1x10 ⁹
Arthrobotrys spp	1x10 ⁹
Trichodermas spp	1x10 ⁹
Dactylella spp	1x10 ⁹
B. Penetrans	1x10 ⁹
Azadirachtanin	0.5%
Nanoenzimas	2%
Biopolímeros	3%

Fuente: (Ecuazyme Laboratories,2022).

Características:

- 100% orgánico, biorregulador e inhibidor de nemátodos fitopatógenos radiculares del género Meloidogyne, Hemicriconemoides, Longidorus, Heterodera, Globodera, Paratilenchus, entre otros.
- Nemato inhibidor de amplio espectro, por su complejo enzimático de hongos, que trabajan sinérgicamente en contra de nematodos.
- Combate enfermedades radiculares aplicando periódicamente desde la siembra
- Gracias a su fórmula de moléculas bioactivas, ayuda a la regeneración celular e incremento radicular.
- Rico en azúcares, aminoácidos hidrolizados, carbohidratos, vitaminas, enzimas y coloides.
- Amigable con el suelo, agua, planta, animales y hombre.

1.5. Cultivo de Brócoli

1.5.1. Origen e importancia

El cultivo de brócoli se origina hace 2500 años aproximadamente en el Mediterráneo Oriental y gran parte del Oriente Próximo de Asia Menor, Líbano, Siria en donde su ubicación dentro de una cuenca es capaz de mantener un clima templado que ha sido un factor importante en la adaptabilidad y facilidad en el crecimiento del cultivo, siendo los romanos unos de los primeros en cultivar y consumir esta especie. En el siglo XX la producción de esta hortaliza llega a Europa y Estados Unidos sin embargo un siglo antes, en el siglo XIX se inicia la expansión y comercialización con otros pueblos, llegando hasta el día de hoy a ser cultivada en varios países alrededor del mundo (Acosta, Acosta, Martínez, Cerdá, Ferrández, & Núñez, 2018).

Dentro del Ecuador este producto empezó a ser cultivado en la zona andina alrededor del año 1990 en grandes parcelas siendo una de las metas exportar a otros países, es así que en 1997 se llegó a exportar 10 mil toneladas a la Unión Europea, en la actualidad es el noveno país productor de uno de los cultivos más apetecidos en lo que a exportación se refiere a países como Alemania, Estados Unidos, Japón y a nivel nacional ha aumentado en un 43.79% hasta el año 2012 el cultivo de esta hortaliza (Guamán Bastidas, 2016).

Según, Coronado Bermeo (2015), el brócoli variedad Avenger es una planta alógama muy apetecida por su gran adaptabilidad y rendimiento, por poseer cabezas bien formadas, vigorosa, buen peso, grano fino y un color verde azulado muy atractivo

1.5.2. Morfología

Toledo, J. (2003), menciona que el brócoli es un cultivo anual de naturaleza herbácea, perteneciente a la familia Crucífera, es una hortaliza que tiene hojas lobuladas y la superficie de la lámina posee una cerosa cutícula impermeable, su inflorescencia principal se ubica en la parte superior del tallo.

1.5.3. Descripción taxonómica

El brócoli es una hortaliza que pertenece a la familia de las Brassicaceae (crucíferas), su taxonomía se describe en la siguiente tabla.

Tabla 3. Clasificación taxonómica de brócoli.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caprales
Familia	Brassicaceae
Genero	Brassica
Especie	Oleracea
Variedad	Avenger
Nombre vulgar	Brócoli

Fuente: (Heredia Noroña, 2022).

1.5.4. Descripción botánica

Las características botánicas de *Brassica oleracea* Var. Avenger según (Ortiz Huamani, 2019), se puede resumir y detallar de la siguiente manera:

- **Raíz:** el sistema radicular presente en el brócoli es pivotante (axonomorfa) que llega a medir hasta 80 cm de profundidad y de característica leñosa, las raíces secundarias, raicillas y raíces terciarias están mayormente presentes en los primeros 40 a 60 cm de profundidad.
- **Tallo:** presenta un tallo grueso con entrenudos cortos que forman una roseta de hojas, de 2 a 6 cm de diámetro y de 20 a 50 cm de longitud que termina en una inflorescencia.
- **Hojas:** son grandes, algo estrechas, llegando a medir hasta 30 cm de ancho y 50 cm de longitud, posee nervaduras blancas y bien marcadas, un limbo hendido, una lámina lobulada, ceras epicuticulares y muestra bordes más ondulados.
- **Inflorescencia:** conformado por un grupo de flores inmaduras que se encuentra principalmente en la parte superior del tallo, dispuestas en un corimbo que en su mayoría es de color verde, muy compacta y más granulada.
- **Flor:** presentan 4 pétalos libres, dispuestos en forma de cruz, actinomorfas, de color amarillo, perfectas, pero a pesar de tener esta condición presenta también problemas de autoincompatibilidad por lo que necesita la ayuda de insectos como las moscas y abejas para realizar la polinización cruzada que necesita para ser fertilizada.
- **Fruto y Semilla:** es una silicua de entre 3 a 4 cm de un color verde oscuro que posee alrededor de diez mil semillas redondas de entre 2 a 3 mm de diámetro de

color rojizo en sus valvas ligeramente convexas que tienen un solo nervio longitudinal.

1.5.5. Composición nutricional

(Ortiz Huamani, (2019), menciona el alto valor nutricional del brócoli en el contenido de vitaminas C, A y E, potasio, aminoácidos y zinc es lo que potencializa sus propiedades anticancerígenas en especial previniendo el cáncer de mama, cáncer de órganos internos como colon, próstata, útero, riñones, intestinos e hígado, además que es uno de los alimentos que ayudan a proteger el corazón.

Tabla 4. Composición nutricional de 100 g de una porción comestible de brócoli.

Nutriente	Valor
Agua (%)	89.30
Energía (kcal)	34
Proteína (g)	2.82
Grasas (g)	0.37
Carbohidrato (g)	6.64
Fibra (g)	2.60
Ca (mg)	47
P (mg)	66
Fe (g)	0.73
Na (g)	27
K g)	316
Vitamina A (mcg)	31
Tiamina (mg)	0.07
Riboflavina (mg)	0.12
Niacina (mg)	0.64
Ácido ascórbico (mg)	93.2
Vitamina B6 (mg)	0.17
Vitamina C (mg)	65

Fuente: (Cují, 2022).

1.5.6. Variedades

Entre variedades más comunes que se reconocen en nuestro entorno son: Legacy, Batavia, Mónaco y Avenger, siendo este último el líder de los híbridos en el mercado debido a su continuo rendimiento y adaptación, apetecido en el mercado nacional e internacional de la industria de congelados y en fresco gracias a su vigorosidad, grano fino, buen peso, uniformidad y compactación de sus cabezas, y por el color verde azulado que permite que su vida en percha sea más duradera (Rosero Bustos, 2015).

1.5.7. Requerimientos edafoclimáticos

Según (Corrales Gutiérrez, 2017), los factores edafoclimáticos de *Brassica oleracea* Var. Avenger, se detalla en la tabla 3.

Tabla 5. Factores edafoclimáticos.

Altitud	1800msnm a 2800 msnm
Temperatura	15°C a 24°C
Humedad relativa	60% a 80%
Suelo	Francos
pH	5.5 a 6.5
Clima	Templado
Luminosidad	11 a 13 horas

Fuente: (Corrales Gutiérrez, 2017).

1.6. Manejo del cultivo

1.6.1. Preparación del terreno

Fierro Vélez (2013), menciona que un buen terreno para la siembra de brócoli es aquel que previamente ha sido limpiado y esté libre de malezas, pedregosidad y un correcto balance de sal y acidez, debe estar abastecido de agua, tener una buena nivelación, realizar una aplicación de abono orgánico y debe ser un suelo suelto que tenga buen movimiento.

1.6.2. Trasplante

Ortiz Huamani (2019), indica, que la siembra se realiza en bandejas plásticas con almácigo, siendo de 45 y 55 días los adecuados para realizar el trasplante después de la siembra, cuando la planta tenga una longitud de 10 a 15 cm y de 4 a 5 hojas verdaderas, hay que tener cuidado con doblar las raíces al momento de plantarlas.

1.6.3. Control de malezas

Montalvo Pisco (2012), señala que el control de malezas es necesario para el correcto desarrollo del cultivo, ya que la maleza es el principal enemigo debido a la competencia que ejerce por luz, nutrientes y agua, además de que es un lugar adecuado para hospedar enfermedades y plagas, por lo que se recomienda realizar una práctica básica de mecanización o deshierbe 30 días antes de la siembra y posterior a la siembra realizada hacer un control cada 30 días.

1.6.4. Riego

Orozco Arce (2015), manifiesta que el suelo debe tener una humedad de 60% a 80% como máximo de la capacidad de campo, que es adecuado para tener un buen rendimiento en el cultivo, por otro lado el rendimiento puede llegar a disminuir en un 25 y 30% en zonas poco lluviosas ya que la humedad desciende a 50% de la capacidad de campo, por lo que en estas zonas se recomienda regar la tierra al trasplante y prolongadamente durante todo el ciclo ya que el déficit de agua puede causar que repentinamente las cabezas revienten, quedando pequeñas y no aptas para comercializar.

1.6.5. Fertilización

Cují Bunsí (2022), señala que el nitrógeno (N) como fertilizante es liberado en el suelo alrededor de 30 días posterior a su aplicación, en cuanto al fósforo (P_2O_5) es muy importante ya que es el encargado de la formación y crecimiento de las raíces en su fase temprana, actúa en el proceso de la fotosíntesis y en la división celular, así como también es el encargado de la cantidad y calidad de ramificaciones en las hortalizas de este tipo. El uso de azufre ayuda en el metabolismo de proteínas, carbohidratos y lípidos que son importantes para la síntesis de clorofila que benefician el desarrollo y crecimiento. El potasio (K) es mejor asimilable en la planta y este ayuda a inhibir la absorción de magnesio, así también interviene en el transporte de azúcares y síntesis de los pigmentos que ayudan en la producción.

1.6.6. Plagas y enfermedades

En la tabla 6 se enlistan las plagas más recurrentes en el cultivo de brócoli; como la palomilla, gusano falso medidor y gusano del corazón de la col las cuales son plagas destructivas en los cultivos, donde el estado de sus larvas succiona la sabia destruyendo la planta, como método de control químico se usa carbaril y metiocarb. (Hernández Arriaga, 2013)

Una de las plagas que más daño directo causa en el cultivo es la Chinche arlequín, pulgón verde y pulgón de la col, alteran la base hormonal de planta extrayendo los nutrientes que posee y son capaz de transmitir enfermedades virales causando deformaciones e incluso ocasionar la muerte de la planta, como método biológico de control se usan depredadores como *Chrysopa Formosa* y *Chrysoperla carnae* (Cují Bunsí, 2022).

Insectos provocan perforaciones en flores y frutos debido a su aparato bucal haustelado, causando abscisión y deformación de ambos órganos, llamado comúnmente como chinche ligus, así también la mariposa se alimenta vorazmente de las hojas, estas plagas se tratan realizando rotaciones de cultivo, usando bioinsecticidas y destruyendo los restos de las cosechas (Hernández Arriaga, 2013).

Tabla 6. *Plagas del cultivo de brócoli.*

Nombre Común	Nombre Científico
Palomilla dorso de diamante	<i>Plutella xylostella</i>
Pulgón de la col	<i>Brevicoryne brassicae</i>
Pulgón Verde	<i>Myzus persicae</i>
Gusano falso medidor	<i>Trichoplusia ni</i>
Mariposa blanca de la col	<i>Pieris rapae</i>
Chinche arlequín	<i>Murgantia histrionica</i>
Chinche ligus	<i>Lygus lineolaris</i>
Gusano del corazón de la col	<i>Copitarsia decolora</i>

Fuente: (Hernández Arriaga, 2013).

En cuanto a las enfermedades principales se enlista en la tabla 7, el factor causal son los insectos ya que al existir heridas causadas en la planta por estas plagas es mucho más fácil que la planta se contagie ya sea de hongos, bacterias y microorganismos, los síntomas que llega a presentar la planta el estar enferma es en su gran mayoría presencia de manchas ya sean de color negro y amarillo, marchitez y en otros casos protuberancias en las raíces, lo recomendable para prevenir este tipo de enfermedades es realizar una rotación de cultivo, usar variedades resistente y hacer una desinfección al suelo con productos autorizados (Rosero Bustos, 2015).

Tabla 7. *Enfermedades del cultivo de brócoli.*

Nombre Común	Nombre Científico
Alternaria	<i>Alternaria brassicae</i>
Hernia de la col	<i>Plasmodiophora brassicae</i>
Mancha angular	<i>Mycosphaerella brassicicola</i>
Mildiu	<i>Peronospora brassicae</i>

Fuente: (Rosero Bustos, 2015).

1.6.7. Cosecha

Según Toledo (2003), menciona que la cosecha del cultivo de brócoli se debe realizar de preferencia en las horas de la mañana cuando la humedad es máxima y el calor es menor, evitando el contacto directo de la radiación solar ya que esto provoca que las

inflorescencias se calienten y con ello se deshidraten, la cosecha se realiza de manera manual con ayuda de un cuchillo, sin el tallo si es destinado a la industria de congelados y con tallos de hasta 22.86 cm de longitud si es destinado a exportación y la cosecha se realiza cuando las cabezas han alcanzado una buena compactación, un buen tamaño y las flores individuales no han abierto, poseen una tonalidad verde oscura llegando en algunos cultivares a una tonalidad púrpura.

1.6.8. Postcosecha

Después de la cosecha para conservar la vida útil del brócoli se debe mantener a baja temperatura y alta humedad, esto debido a la alta tasa de respiración que tiene el producto, por lo que rápidamente luego de la cosecha se debe pre enfriar, uno de los métodos es el de sumergir las inflorescencias en agua bien fría con hielos. Por otra parte, si lo que se requiere es almacenar se debe hacer con humedad de 90 y 95°C y a una temperatura de 0°C (Rosero Bustos, 2015).

1.7. HIPÓTESIS

Al menos una de las dosis del producto biológico disminuye la incidencia de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Avenger) e influye en la calidad de la pella y el rendimiento del cultivo.

1.8. OBJETIVOS

1.8.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad del producto biológico en el control de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Avenger).

1.8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la dosis y la frecuencia más efectiva de SAUBER para el control de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Avenger).
- Determinar el rendimiento del cultivo de brócoli.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

El ensayo se realizó en la propiedad de la Sra. Carmen Cruz, ubicada en la Parroquia de Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua; a 7 Km al sur del cantón Ambato, con una altitud de 2 600 m.s.n.m. Sus coordenadas geográficas son 1° 16' 24" de latitud Sur y 78° 34' 49" de longitud Oeste (Sistema de posicionamiento global GPS).

2.2. Caracterización del lugar

2.2.1. Clima

Según la Estación Meteorológica “Chiquihurco”, la temperatura media es 8°C, humedad relativa 89%, precipitación anual de 400 mm y velocidad del viento de 2,2 m/s.

2.2.2. Suelo

Los suelos para uso Agrícola son moderadamente profundos a profundos, de fertilidad media a alta y poseen un buen drenaje, de textura franco-arenosa y arenosa, posee un relieve plano ondulado y un 2% de pendiente (Cholota, 2013).

2.2.3. Agua

El agua de riego proviene del módulo 28 del canal Ambato – Huachi – Pelileo, tiene un pH de 7,9 y un caudal de 28 L/s (Cholota, 2013).

2.3. Equipos y Materiales

2.3.1. Equipos

- Balanza
- Flexómetro
- Probeta

2.3.2. Materiales

2.3.2.1. Material experimental

El material vegetal para la presente investigación fueron Plantas de Brócoli (*Brassica oleracea*) Variedad Avenger.

2.3.2.2. Materiales y herramientas

- Azadilla
- Rastrillo
- Piola
- Tijera
- Tanque de 200 Litros
- Baldes
- Agua
- Bomba de Mochila
- Regaderas

2.3.2.3. Materiales de escritorio

- Computador
- Cámara fotográfica
- Esfero, lápices
- Marcadores indelebles
- Cintas fosforescentes
- Etiquetas impermeables tipo T
- Libreta de campo
- Hojas de papel bond

2.3.2.4. Productos Biológicos

- P1: SAUBER

2.4. Factores de estudio

El presente proyecto investigativo tubo los siguientes factores de estudio:

2.4.1. Dosis

- **D1:** 2.5 cc/L
- **D2:** 5 cc/L
- **D3:** 7.5 cc/L

2.4.2. Frecuencia

- **F1:** cada 8 días
- **F2:** cada 15 días
- **F3:** cada 30 días

2.5. Tratamiento

Tabla 8. Detalle de los tratamientos en estudio.

Nº	Tratamiento	Frecuencia	Plan de manejo	Productos	Dosis
1	D1	F1	Drench	SAUBER	2.5 cc/L
2	D1	F2	Drench	SAUBER	2.5 cc/L
3	D1	F3	Drench	SAUBER	2.5 cc/L
4	D2	F1	Drench	SAUBER	5 cc/L
5	D2	F2	Drench	SAUBER	5 cc/L
6	D2	F3	Drench	SAUBER	5 cc/L
7	D3	F1	Drench	SAUBER	7.5 cc/L
8	D3	F2	Drench	SAUBER	7.5 cc/L
9	D3	F3	Drench	SAUBER	7.5 cc/L
10	T			Testigo	

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

2.6. Diseño Experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), con nueve tratamientos; tres dosis y tres frecuencias, más un testigo absoluto, (3x3+1).

Tabla 9. Descripción del ensayo.

Número parcelas por tratamientos	120
Largo del bloque	2.00 m
Ancho del bloque	1.20 m
Área por bloque	2.40 m ²
Área total de bloques	72.00 m ²
Distancia entre plantas	0,40 m
Distancia entre bloque	0,50 m
Largo del lote	7.50 m
Ancho del lote	17.50 m
Área del lote	131.25 m ²
Número total de bloques	30
Número de plantas por tratamiento	20
Número de plantas a evaluar por tratamiento	6

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Tabla 10. Esquema de la disposición del ensayo.

DISEÑO		
REPETICIONES		
I	II	III
F1D3	F1D1	F3D3
F1D1	T	F1D3
T	F3D3	F1D2
F3D1	F2D1	F2D2
F2D3	F3D1	F2D1
F3D2	F2D3	T
F1D2	F2D2	F3D2
F2D1	F3D2	F2D3
F2D2	F1D2	F1D1
F3D3	F1D3	F3D1

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

2.7. Manejo del Experimento

2.7.1. Descripción del cultivo

La presente investigación se realizó a campo abierto en el cultivo de brócoli, en la propiedad de la Sra. Carmen Cruz, ubicado en la Parroquia de Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

2.7.2. Preparación del terreno

Nivelamos el terreno y retiramos la maleza existente con la ayuda de una azadilla y removimos el suelo hasta una profundidad de 30 cm, por último, realizamos la formación de surcos.

2.7.3. Obtención de plantas de brócoli

Las plántulas de brócoli de la variedad Avenger se obtuvo del establecimiento “Plantines Israel” ubicada en la parroquia Montalvo del cantón Ambato, de 28 días de emergencia con tres hojas verdaderas.

2.7.4. Trasplante

El trasplante se realizó a los 28 días de emergencia la planta y se hizo una siembra manual en horas de la tarde para evitar el contacto directo de la plántula con el sol mientras se adapta a la nueva ubicación, a una distancia 0,40 m entre plántula.

2.7.5. Identificación de *Plasmodiophora*

La identificación se realizó en el laboratorio, primero se obtuvo una planta infectada con *Plasmodiophora*, se realizó un corte en un tumor de la raíz del brócoli y posterior se raspó el interior para obtener un poco de tejido y se colocó en el microscopio, se observó e identificamos la *Plasmodiophora*, todo este procedimiento se lo realizó con ayuda de una tabla de identificación del laboratorio de microbiología.

2.7.6. Inoculación de la enfermedad

Se recolectaron plantas con suelo infectado de *Plasmodiophora* y se diluyó 3kg/20L de agua de lluvia, luego se procedió a inocular en las plantas previstas para el ensayo, en forma de drench

ocho días después del trasplante, inoculando 0.3 ml de agua con *Plasmodiophora* por planta, con el objetivo de unificar la presencia de *Plasmodiophora* en los bloques de estudio.

2.7.7. Riego

El riego se realizó cada 8 días y de acuerdo con el requerimiento del cultivo.

2.7.8. Deshierbe y aporque

Se realizó el deshierbe manual, el primero a los 30 días después del trasplante para la primera aplicación y sucesivamente mientras el cultivo lo requería.

2.7.9. Fertilización

Se realizó una aplicación de materia orgánica antes del trasplante.

2.7.10. Aplicación de tratamientos

- **D1:** La primera aplicación se realizó cada 8 días después de la inoculación.
- **D2:** La segunda aplicación se realizó cada 15 días después de la inoculación.
- **D3:** La tercera aplicación se realizó cada 30 días después de la inoculación.
- **T:** No se realizó aplicaciones.

2.7.11. Controles Fitosanitarios

Dejando de lado la presencia de *Plasmodiophora*, los controles fitosanitarios, no se realizaron ya que no existió presencia de otra enfermedad.

2.7.12. Cosecha

Se cosechó al final del ciclo del cultivo cuando la planta alcanzó su madurez fisiológica y eso oscila entre los 85 a 92 días después del trasplante.

2.7.13. Toma y registro de datos

La toma de datos de las variables se realizó al finalizar el ensayo.

2.8. Variables Respuesta

2.8.1. Altura de planta

La altura de la planta se midió con la ayuda de un flexómetro, desde la hoja bandera hasta la zona de cambio del tallo y la raíz. Se tomó al final del ensayo.

2.8.2. Peso de la pella

Con una balanza se pesaron 6 pellas de cada repetición por tratamiento.

2.8.3. Volumen radicular

El volumen radicular se obtuvo en mililitros (ml) de 6 raíces de cada repetición por tratamiento con la ayuda de una probeta llena de agua, utilizamos el método de Arquímedes.

2.8.4. Rendimiento

Se utilizó una balanza digital para determinar el peso en gramos que después se transformó a Kg.

2.8.5. Porcentaje de incidencia de la hernia de las crucíferas

Al finalizar el ensayo se calculó el porcentaje de incidencia de la hernia de las crucíferas, de las 20 plantas por repetición de cada tratamiento. Se utilizó la siguiente fórmula propuesta por (Orozco, 2015)

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número total de plantas}} \times 100$$

2.9. Procesamiento de la información

Una vez obtenida la información se realizó el procesamiento e inferencia de los resultados obtenidos, para lo cual se realizó el análisis de varianza y la prueba de significación de Tukey al 5%.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Altura de la planta

Realizando el análisis de varianza de la variable altura de la planta (anexo 18) se observa la diferencia significativa para tratamientos con (p -valor = 0.0001) y un coeficiente de variación de 7.36%.

Mediante la Prueba Tukey al 5% (Tabla 11) se puede observar seis rangos de varianza, en el rango A con mayor altura de la planta se ubica el tratamiento D3F1 siendo el mejor con un valor promedio de 56.73 cm, seguido por los tratamientos D2F1, D3F2, D1F1, D2F2, D1F, D2F2, D1F2, D2F, D2F3, D3F3, D1F3 que comparten simultáneamente los rangos A, B, C, D y E. Finalmente en el rango F el testigo (T) con un valor promedio de 23.64 cm, presentó la mejor altura de la planta.

Tabla 11. Prueba Tukey al 5% para la variable de altura de la planta.

Tratamientos	Medias (cm)	Rangos
D3F1	56,73	A
D2F1	50,97	A B
D3F2	48,46	A B
D1F1	47,98	A B C
D2F2	47,83	A B C
D1F2	45,60	B C D
D2F3	37,64	C D E
D3F3	36,50	D E
D1F3	32,28	E F
T	23,64	F

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Con los resultados obtenidos de la aplicación de Sauber en el cultivo de brócoli nos permite concluir que tiene efecto directo en el desarrollo de la planta aplicando el tratamiento D3F1, 7.5 cc cada ocho días, por lo que se puede inferir que la presencia de microorganismos antagonistas ayuda a asimilar mucho mejor el nitrógeno presente en el suelo, estos valores son parecidos a la investigación realizada por Xiu Canche, (2018), indica que al aplicar microorganismos en cantidades mayoritarias proporciona mayor

altura, esto debido a que los microorganismos son antagonistas de enfermedades de la raíz, por lo que el crecimiento vegetativo será más vigoroso.

3.1.2. Peso de la pella

Realizando el análisis de varianza de la variable peso de la pella (anexo 19), se puede observar diferencia significativa para tratamientos con (p -valor = 0.0001) y un coeficiente de varianza de 17.46%.

Mediante la Prueba Tukey al 5% (Tabla 12) se pudo observar seis rangos de significancia, en el rango A el tratamiento D3F1 obtuvo el mejor peso de la pella con un valor promedio de 935.00 g, seguidamente comparten los rangos B, C, D, E y F los tratamientos D2F1, D3F2, D1F1, D2F2, D1F2, D3F3, D2F3 y D1F3 respectivamente. Finalmente, el tratamiento con menor peso es el testigo (sin aplicación) con un valor promedio de 53.44 g en el peso de la pella, ubicándose en el rango F.

Tabla 12. Prueba Tukey al 5% para la variable de peso de la pella.

Tratamientos	Medias (g)	Rangos				
D3F1	935,00	A				
D2F1	656,89	B				
D3F2	554,72	B	C			
D1F1	552,50	B	C			
D2F2	383,72	C		D		
D1F2	301,56			D	E	
D3F3	228,92			D	E	F
D2F3	141,17				E	F
D1F3	135,78				E	F
T	53,44					F

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Con los resultados obtenidos de los diferentes tratamientos se puede observar un mayor tamaño y por ende un mayor peso en la pella en el tratamiento D3F1 (7.5 cc cada 8 días), por lo que se puede inferir que debido a que en las raíces no se presentan obstrucciones la absorción de agua y potasio es adecuada lo que se corrobora con Flores, (2014), manifiesta que la aplicación de microorganismos aumento el peso de la pella, porque todos los tratamientos rebasaron al testigo en su promedio, constituyendo en la calidad de la pella uno de los pilares más importantes, el peso de la pella está directamente

relacionado con la forma de aplicación de microorganismos, la dosis y las variedades aplicadas.

3.1.3. Volumen radicular

Realizado el análisis de varianza de la variable volumen radicular (anexo 20) con un valor de (p-valor= 0.0001) y un coeficiente de variación de 7.45% se determina que existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Mediante la Prueba Tukey al 5% (Tabla 13) se pudo determinar que el tratamiento D3F1 en el rango A es el que mayor volumen radicular presentó con un promedio de 149.72 ml, seguido por los tratamientos D2F1, D1F1, D3F2, D2F2, D1F2, D3F3, D2F3 y D1F3 que comparten los rangos B, C y D. Finalmente con un valor promedio de 52.50 ml se ubica el testigo (sin aplicación) que comparte el rango D, pero numéricamente es el que presentó menor volumen radicular.

Tabla 13. Prueba Tukey al 5% para la variable de volumen radicular.

Tratamientos	Medias (mm)	Rangos
D3F1	149,72	A
D2F1	130,33	A
D1F1	105,17	B
D3F2	100,11	B
D2F2	88,89	B C
D1F2	72,78	C D
D3F3	71,50	C D
D2F3	65,83	D
D1F3	53,06	D
T	52,50	D

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Conforme a los resultados registrados de la aplicación de Sauber 7.5 cc cada ocho días (D3F1), nos permite concluir que este producto tiene una relación estrecha en el volumen radicular, debido a que se activa la capacidad inmunológica de la planta incrementando la resistencia natural trabajando de forma sistémica y de contacto, por otro lado también al aplicar microorganismos en forma de drench es más asimilable para la planta ya que es una aplicación directa hacia la raíz y llegando a tener relación con García, Riera, Zambrano, & Gutiérrez, (2006), en donde menciona que el *Trichoderma harzianum*, además de tener un porcentaje menor de plantas con heria de las crucíferas también

proporcionando a la planta una mayor proliferación de raíces e incrementa la tolerancia de la planta al estrés, ampliando así el área posible de infestación y también generando que la planta absorba nutrientes y agua sin que genere algún tipo de obstrucción las raíces infestadas, así como también inactiva las enzimas de los patógenos.

3.1.4. Rendimiento

Realizado el análisis de varianza para la variable de rendimiento (anexo 21) nos indica que con un (p-valor= 0.0001) y un coeficiente de variación de 14.21 % los tratamientos son estadísticamente diferentes.

De acuerdo con el análisis de la Prueba Tukey al 5% (Tabla 14) se pudo observar cinco rangos, en el rango A el tratamiento D3F1 obtuvo el mejor rendimiento de 75195.83 kg/ha, seguido por los tratamientos D2F1, D1F1, D3F2, D2F2, D1F2, D3F3, D2F3, D1F3 y T que comparten los rangos C, D y E respectivamente. En el rango E numéricamente el D2F3 tuvo el rendimiento menor con un valor promedio de 11863.89 kg/ ha.

Tabla 14. Prueba Tukey al 5% para la variable de rendimiento.

Tratamientos	Medias (Kg /Ha)	Rangos		
D3F1	75195,83	A		
D2F1	54226,39	B		
D1F1	45116,67	B	C	
D3F2	44869,44	B	C	
D2F2	32038,89	C		D
D1F2	24643,06	D		E
D3F3	19201,39	D		E
T	16083,33	E		
D1F3	12154,17	E		
D2F3	11863,89	E		

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Los valores observados en el rendimiento nos permite determinar que con la aplicación de Sauber, 7.5 cc cada ocho días, los microorganismos aplicados a la raíz biostimulan el desarrollo de la planta y por lo tanto hubo mejor absorción de nutrientes debido a una alta inducción de raíces libres de enfermedades que se corrobora con Flores (2014), quien indica que la aplicación de mayor dosis está relacionada con el rendimiento, quien estudio el efecto de *Trichoderma viride* y *Trichoderma harzianum*, señalando que 15.000 Kg/ha son los rendimientos normales.

3.1.5. Incidencia de la enfermedad

Realizado el análisis de varianza de incidencia (anexo 22) se observa la diferencia significativa para tratamientos (p-valor= 0.0203) con un coeficiente de variación de 24.59%

De acuerdo con el análisis de la Prueba Tukey al 5% (Tabla 15) se observan tres rangos de varianza, en donde el tratamiento D3F1 con un valor promedio de 6.67% obtuvo el menor porcentaje de incidencia de hernia de las crucíferas ubicándose en el rango A, los tratamientos D1F1, D2F1, D3F2, D1F2, D2F3, D2F2, D1F3 y D3F3 se ubican en los rangos D y C. Finalmente el Testigo (sin aplicación) con valores promedio de 21.67 y % siendo este último el que presentó mayor incidencia de la hernia ubicado en el rango C.

Tabla 15. Prueba Tukey al 5% para la variable de incidencia de la enfermedad.

Tratamientos	Medias (%)	Rangos
D3F1	6.67	A
D1F1	15.00	A B
D2F1	16.67	A B
D3F2	16.67	A B
D1F2	18.33	A B
D2F3	20.00	A B
D2F2	20.00	A B
D1F3	21.67	A B
D3F3	21.67	B C
T	35.00	B C

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Evaluando los resultados de la variable incidencia de la enfermedad al finalizar el cultivo de brócoli es posible deducir que la aplicación de Sauber D3F1 (7.5 cc cada 8 días) reportó menos incidencia de hernia de las crucíferas concluyendo que controlan la infestación de las raíces con *Plasmodiophora*, esto concuerda con la investigación realizada por González, Fuentes, & Mondragón (2019), donde el tratamiento que obtuvo mejor porcentaje de incidencia fue al que aplicaron mayor cantidad de *Trichoderma harzianum* 1/100, lo cual indicó un mayor control en cuanto a contrarrestar el número de quistes inactivos de *Plasmodiophora brassicae* y esto se debe a que las hifas del micoparásito se enrollan alrededor del patógeno al hacer contacto físico con su huésped.

3.1.6. Análisis Económico

Para evaluar económicamente la utilización de microorganismos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Avenger), se determinó los costos de producción para el total del ensayo (Tabla 16), considerando valores como: \$ 160.00 mano de obra, \$ 188.00 costo de materiales, dando un total de \$ 348.00.

La tabla 17, indica los costos de inversión por cada tratamiento. Los costos varían según las dosis y frecuencias aplicadas en cada tratamiento. Los costos de inversión por tratamiento se detallan en los siguientes rubros: mano de obra, materiales y la aplicación del producto en el cultivo.

La tabla 18, indica los ingresos totales por cada tratamiento. Los ingresos se calcularon mediante la venta de las pellas cosechadas por tratamiento, considerando que el valor de un kilogramo de pellas estuvo a \$ 0.60 en el mercado mayorista de Ambato, pero al ser un cultivo libre de pesticidas tiene un valor diferente que es de \$ 2.00. El valor por kilogramo puede variar de acuerdo con la época de venta.

Tabla 16. Costos de inversión del ensayo.

Labores	Mano de obra			Materiales					
	No.	Costo unit. \$	Sub total \$	Nombre	Unid.	Cant.	Costo unit.	Sub total \$	Costo total \$
Arriendo de lote				Lote	Unidad	1	20	20	20,00
Fertilización	1	10	10	Abono	Kg	250	0,16	40	50,00
Surcado	1	10	10	Azadilla	Unidad	1	0,2	0,20	10,20
Trasplante	1	10	10	Plantulas	Unidad	600	0,02	10,20	20,20
Deshierbes	2	10	20	Azadilla	Día	2	0,20	0,40	20,40
Controles fit.	7	10	70	Sauber	Cc	3240	0,03	97,20	167,20
Cosecha	5	5	25	Gabetas	Unidad	10	2	20,00	45,00
Riego	3	5	15						
Total			160					188,00	348,00

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Tabla 17. Costos de inversión por tratamiento.

Tratamientos	Mano de obra	Materiales	Aplicación de producto	Costo Total
D1F1	23,26	9,08	9,90	42,24
D1F2	15,48	9,08	4,50	29,06
D1F3	11,59	9,08	1,80	22,47
D2F1	23,26	9,08	19,80	52,14
D2F2	15,48	9,08	9,00	33,56
D2F3	11,59	9,08	3,60	24,27
D3F1	23,26	9,08	29,70	62,04
D3F2	15,48	9,08	13,50	38,06
D3F3	11,59	9,08	5,40	26,07
Testigo	9,00	9,08	0	18,08
Total				348,00

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Tabla 18. Ingresos totales por tratamiento.

Tratamientos	Rendimiento Kg	Precio kg de pellas \$	Ingreso total \$
D1F1	32,48	2,00	64,968
D1F2	17,74	2,00	35,486
D1F3	8,75	2,00	17,502
D2F1	39,04	2,00	78,086
D2F2	23,07	2,00	46,136
D2F3	8,54	2,00	17,084
D3F1	54,14	2,00	108,282
D3F2	32,31	2,00	64,612
D3F3	13,83	2,00	27,650
Testigo	3,86	2,00	7,720

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

En la tabla 19, se calcularon los beneficios netos actualizados con los valores de costo e ingresos del área de terreno del estudio, teniendo valores positivos en los diez tratamientos evaluados. Para la actualización de costos se utilizó una tasa de interés bancaria del 12% anual y tres meses que fue el tiempo que duró el ensayo.

En la relación beneficio costo, se observan valores negativos y positivos, encontrando que el tratamiento D3F1 (7.5cc cada 8 días) alcanzo la mayor relación beneficio costo de 0.242 en donde los beneficios netos fueron 0.242 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad.

Tabla 19. Cálculo de la Relación beneficio – costo de los tratamientos con tasa de interés al 12%.

Tratamientos	Ingreso total \$	Costo total \$	Facto de actual.	Costo total, actual.	Beneficio neto actual.	RBC
D1F1	64,97	42,24	0,71	59,34	5,62	0,095
D1F2	35,49	29,06	0,71	40,83	-5,34	-0,131
D1F3	17,50	22,47	0,71	31,57	-14,07	-0,446
D2F1	78,09	52,14	0,71	73,25	4,83	0,066
D2F2	46,14	33,56	0,71	47,15	-1,02	-0,022
D2F3	17,08	24,27	0,71	34,10	-17,02	-0,499
D3F1	108,28	62,04	0,71	87,16	21,12	0,242
D3F2	64,61	38,06	0,71	53,47	11,14	0,208
D3F3	27,65	26,07	0,71	36,63	-8,98	-0,245
Testigo	7,72	18,08	0,71	25,40	-17,68	-0,696

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

$$\text{Factor de actualización } Fa = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Tasa de interés anual $i= 12\%$ a Diciembre del 2023

Periodo $n=$ tres meses del ensayo

$$\text{RBC} = \frac{\text{Beneficio neto actualizado}}{\text{Costo total actualizado}}$$

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Al finalizar el trabajo de investigación “Evaluación de microorganismos para el control de hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Avenger*)” se concluye que:

La aplicación de Sauber tiene un índice alto en el control de la incidencia de la hernia de las crucíferas, pues se redujo la enfermedad considerablemente, por lo que se recomienda su aplicación para mejorar las condiciones de desarrollo y emisión de raíces de la planta.

Sauber con una dosis de 7.5 cc/L y con frecuencia aplicación de cada 8 días mejora considerablemente el peso de las pellas llegando en el mejor de los casos a pesar en valor promedio de 935 g, ya que la bioestimulación de la planta y el buen desarrollo radicular mejora las condiciones para la absorción de nutrientes.

El tratamiento D3F1 se destacó por tener los mejores resultados, controlando de mejor manera la *Plasmodiophora brassicae*, lo que permitió mejorar las condiciones de desarrollo dando como resultado la obtención de pellas de calidad, de buen color, forma y con mayor peso. Esto quiere decir que a mayor cantidad de microorganismos mejor control y rendimiento.

Del análisis económico del ensayo, evaluando las diferentes dosis y frecuencias del producto Sauber se concluye que, el tratamiento D3F1 (7.5 cc cada 8 días), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,242 en donde los beneficios netos obtenidos fueron 0,242 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad.

4.2. Recomendaciones

Aplicar la propuesta adjunta, la misma que ha sido elaborada en base a los mejores resultados obtenidos en el ensayo.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se recomienda la evaluación de más especies de microorganismos como *Metarhizium*, *Bauveria*, *Bascillus*, *Hererovhabditis*, *Dactylella*, *Paecilomyces*, *Arthrobotrys* y *Trichodermas*, con diferentes dosis a campo abierto para evaluar la efectividad de uno de ellos para el control de la hernia, así como el crecimiento y desarrollo de la planta en cada etapa, esto debido a que son antagonistas de gusanos, larvas, escarabajos, orugas del suelo que son causantes de heridas en las raíces que facilitan la infección de *Plasmodiophora* y de otras enfermedades.

Con la finalidad de que al cultivar un producto seamos amigables con el medio ambiente y a su vez cuidemos el bienestar del consumidor, tratar de usar menor cantidad de productos químicos y tener una buena producción, calidad de pella, buen rendimiento se recomienda suministrar productos biológicos en forma de drench y en cantidades adecuadas ya que a más microorganismos mejor control, por cuanto fue el tratamiento que obtuvo mejores resultados en todas las variables

BIBLIOGRAFÍA

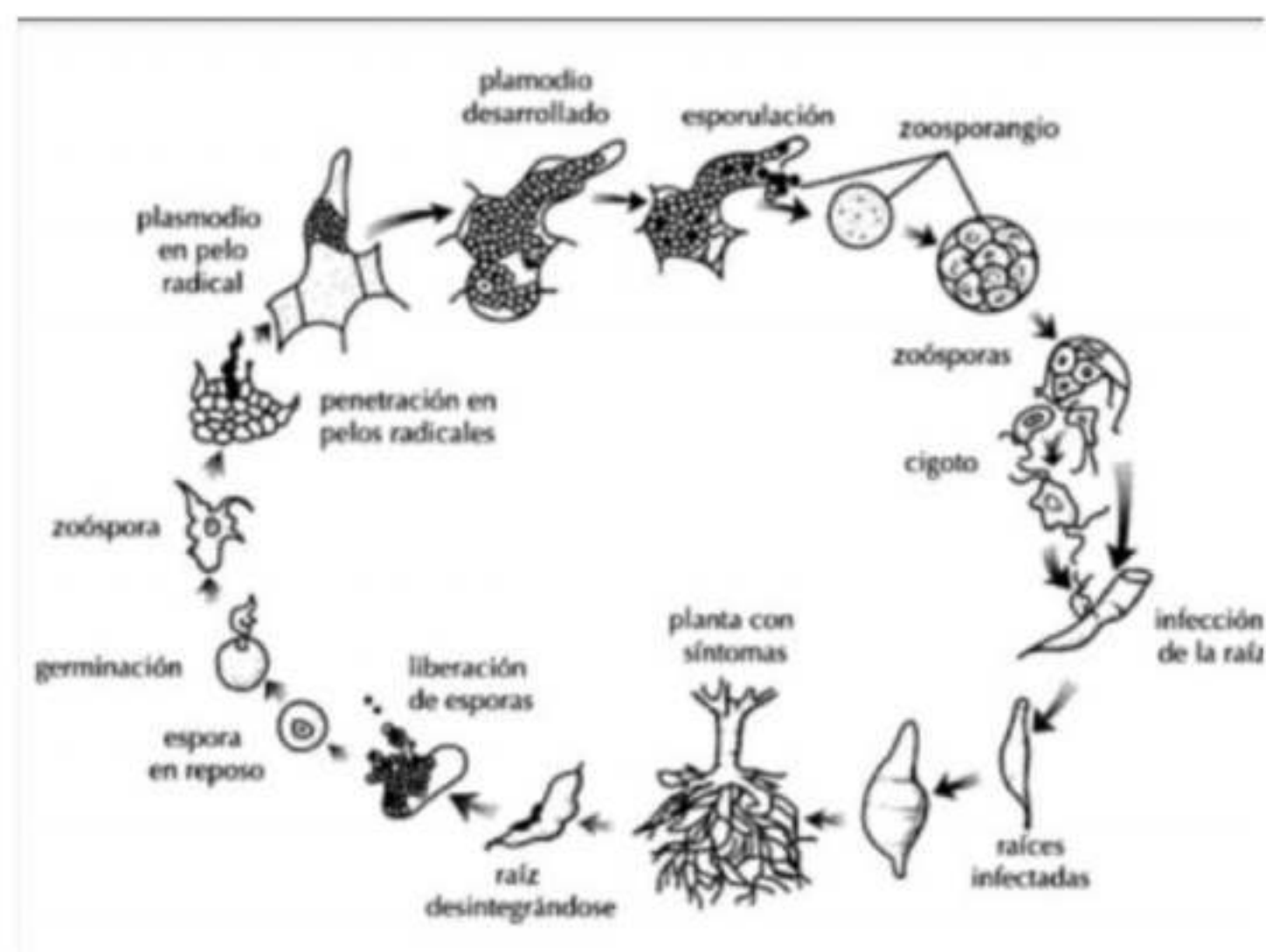
- Acosta, J., Acosta, J., Martínez, B., Cerdá, A., Ferrández, B., & Núñez, E. (2018). Alimentos de la región de murcia: brócoli. 7.
- Almachi Paneluisa, V. E. (2013). Evaluación de dos híbridos de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) a tres Métodos Alternativos, aplicados a dos dosis, para el control de Hernia de la col (*Plasmodiophora brassicae* Wor.)", en la Hacienda Limache–Mulaló–Cotopaxi (Bachelor's thesis, LATACUNGA/UTC/2013).
- Cajo Ajo, C. E. (2023). Evaluación de dos fungicidas y tres bioproductos para el control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin en el rendimiento del brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*).
- Castellanos, L., Fuentes, Y., & Castro, M. H., (2019). Comparación de la eficacia de tres antagonistas comerciales para el control de *Plasmodiophora brassicae* Wororin en condiciones de laboratorio. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 4(1), 22-28
- Castellanos, L., Martínez, G., Castro, M., & Villamizar, C. (2019). Alternativas para el control de la hernia de las crucíferas en coliflor en el municipio Mutiscua, provincia de Pamplona, Norte de Santander: Alternatives for the control of club root disease of crucifers in in broccoli in Mutiscua municipality, Pamplona province, Norte de Santander. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 4(2), 75-81.
- Castro-Barquero, L., Martínez-Vargas, V., Castro-Zuñiga, O., & Blanco-Meneses, M. (2020). Abono Orgánico, Microorganismos de Montaña (MM) y Fertibiol para el control biológico de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* wor.) en el cultivo de mostaza china (*Brassica rapa* sp. *pekinensis* var. Taranko F1). *Agronomía Costarricense*, 44(2), 31-49.
- Cholota, G. O. L. (2013). Evaluación de sustratos para el enraizamiento de plántulas de sábila (*Aloe vera*). *Ecuador: Universidad Técnica de Ambato*.
- Cobos Vera, I. G., & Hwang Molina, A. S. (2022). Estrategias de marketing sostenible para el sector exportador de brócoli frente al alza de los fletes aéreos 2022

- (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil: Facultad de Ciencias Administrativas).
- Coronado Bermeo, J. L. (2015). Efecto de ocho combinaciones de dos bioestimulantes orgánicos foliares con cuatro dosis en el cultivo de brócoli.
- Corrales Gutiérrez, P. A. (2017). Programación de riego para los híbridos domador y avenger de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) (Bachelor's thesis).
- Cuji Bunsí, Y. E. (2022). Adaptabilidad de trece cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica* L.) En el cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi (Bachelor's thesis).
- Fierro Vélez, D. A. (2013). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) híbrido Avenger para mercado de exportación en Cunchibamba, provincia de Tungurahua (Bachelor's thesis, Quito, 2013.).
- Flores Armas, J. (2014). Evaluación de tres dosis de microorganismos benéficos (*Trichoderma harzianum*), para el control de enfermedades en el cultivo de brócoli híbrido (royal favor F-1), bajo condiciones agroecológicas en la provincia de Lamas.
- García, R., Riera, R., Zambrano, C., & Gutiérrez, L. (2006). Desarrollo de un fungicida biológico a base de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum* proveniente de la región andina venezolana. *Fitosanidad*, 10(2), 115-121.
- González, L. C., Fuentes, Y. Y., & Mondragón, Y. D. (2019). Comparación de la eficacia de tres antagonistas comerciales para el control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin en condiciones de laboratorio: Comparison of the efficacy of three commercial antagonists for the control of *Plasmodiophora brassicae* Woronin under laboratory conditions. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 4(1), 22-28.
- Guamán Bastidas, L. A. (2016). Prueba de la eficiencia del fertilizante orgánico biofungi en el rendimiento del cultivo de *Brassica oleracea* L, var. Avenger (Brócoli) (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.).

- Heredia Noroña, C. A. (2022). Evaluación del efecto de algas de diatomeas en cuatro dosis para el control de áfidos (*Brevicoryne brassicae*) en dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) en el sector de Machachi, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha en el año 2022 (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Hernández Arriaga, D. E. (2013). Efectividad biológica de entomopatógenos para control de plagas de brócoli en Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí.
- Martínez Vargas, V. (2018). Uso de abono orgánico, microorganismos de montaña (MM) y Fertibiol para el control biológico de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* wor.) en el cultivo de mostaza china (*Brassica rapa* sp. *pekinensis* var. Taranko F1).
- Ministerio de Agricultura y ganadería, (2022). BOLETÍN SITUACIONAL CULTIVO DE BRÓCOLI.
- Montalvo Pisco, T. (2012). Dosis de magnesita en el cultivo de brócoli (*Brassica Oleracea*) variedad royal favor f-1 hyb provincia de Lamas-San Martín.
- Orozco Arce, C. M. (2015). Evaluación de productos ecológicos para el control de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Avenger), en la parroquia Izamba provincia de Tungurahua (Bachelor's thesis).
- Ortiz Huamani, H. (2019). Abonamiento orgánico y químico en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.) en la comunidad campesina de Los Ángeles, Huancarama-Andahuaylas-Apurímac.
- Rosero Bustos, A. M. (2015). Evaluación de la adaptabilidad de cuatro variedades de brócoli (*Brássica oleracea* var. Itálica) en el Centro Experimental San Francisco Cantón (Bachelor's thesis).
- Telenchana Paucar, N. Y. (2015). Aplicación de productos sello verde en el manejo de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Avenger), en las condiciones agroecológicas de Izamba (Bachelor's thesis).

- Toledo, J. (2003). Cultivo del brócoli. In Manual RI 2003; n. 01. INIA. Estación Experimental Agraria Donoso-Huaral.
- Viñansaca, J. J. E. (2019). Alternativas de manejo de la hernia de la col (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) en la parroquia de San Joaquín, Cuenca – Ecuador. *Universidad de Cuenca*.
- Xiu Canche, P. A. (2018). Efectos de bioles en brócoli (*Brassica oleracea*) y lechuga (*Lactuca sativa*) en la zona hortícola de Cartago, Costa Rica.

ANEXOS

Anexo 1. Síntomas de la Plasmodiophora brassicae.*Anexo 2. Ciclo de vida de la Plasmodiophora brassicae.**Anexo 3. Fertilización.*

Anexo 4. Preparación del terreno.



Anexo 5. Obtención de plántulas.



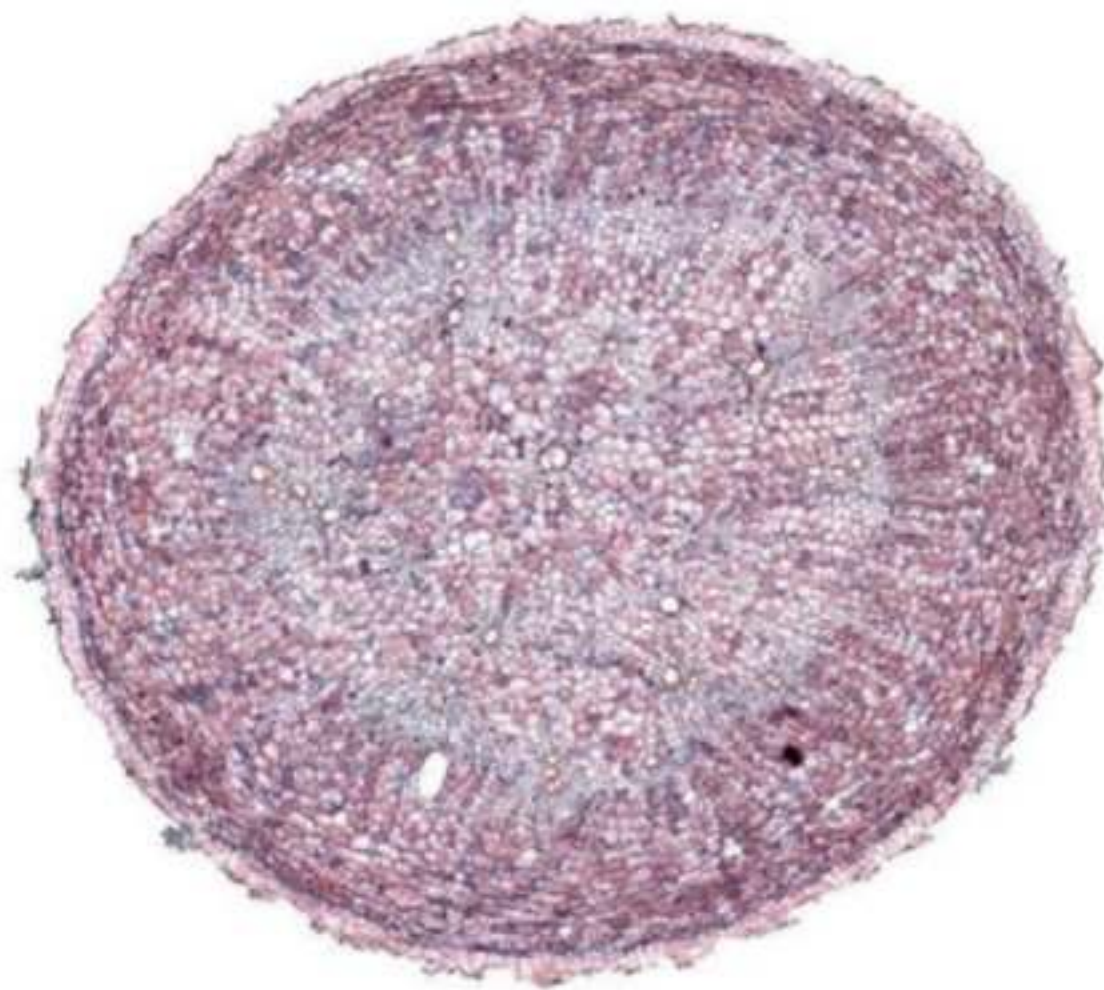
Anexo 6. Etiquetado de los tratamientos.



Anexo 7. Trasplante.



Anexo 8. Identificación de Plasmodiophora.



Anexo 9. Inoculación de la enfermedad.



Anexo 10. Riego.



Anexo 11. Deshierbe y aporque.



Anexo 12. Aplicaciones.



Anexo 13. Cosecha.



Anexo 14. Toma de datos de la variable altura de la planta.



Anexo 15. Toma de datos de la variable peso de pella.



Anexo 16. Toma de datos de la variable volumen radicular.



Anexo 17. Toma de datos de la variable incidencia.



Anexo 18. ADEVA de la variable de altura de planta.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	p-valor
Tratamientos	1472,22	8	184,03	17,47	<0,0001
Error	168,55	16	10,53		
Total	2097,71	27			

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Anexo 19. ADEVA de la variable de peso de la pella.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	p-valor
Tratamientos	1698221,77	8	212277,72	39,72	<0,0001
Error	85509,54	16	5344,35		
Total	1941798,53	27			

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Anexo 20. ADEVA de la variable de volumen radicular.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	p-valor
Tratamientos	24094,36	8	3011,80	64,76	<0,0001
Error	744,15	16	46,51		
Total	26527,87	27			

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Anexo 21. ADEVA de la variable de rendimiento.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	p-valor
Tratamientos	1,70	8	0,21	39,73	<0,0001
Error	0,09	16	0,01		
Total	1,94	27			

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Anexo 22. ADEVA de la variable de incidencia.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	p-valor
Tratamientos	11091186037,83	9	1232354004,20	4,09	<0,0001
Error	390792039,97	16	24424502,50	50,46	
Total	11681656988,74	27			

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Anexo 233. Rendimiento en gramos, kilogramos y kilogramos por hectárea.

Tratamientos	Gramos			Kilogramos			Kilogramos por hectarea			Sumatoria Gramos	Kg tratamiento
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3		
D1F1	11194	10687	10603	11,19	10,7	10,6	46641,67	44529,17	44179,17	32484	32,484
D1F2	5465	5533	6745	5,465	5,53	6,75	22770,83	23054,17	28104,17	17743	17,743
D1F3	2872	2249	3630	2,872	2,25	3,63	11966,67	9370,83	15125,00	8751	8,751
D2F1	12717	12342	13984	12,72	12,3	14	52987,50	51425,00	58266,67	39043	39,043
D2F2	6542	7094	9432	6,542	7,09	9,43	27258,33	29558,33	39300,00	23068	23,068
D2F3	3074	3077	2391	3,074	3,08	2,39	12808,33	12820,83	9962,50	8542	8,542
D3F1	16940	16015	21186	16,94	16	21,2	70583,33	66729,17	88275,00	54141	54,141
D3F2	9781	12075	10450	9,781	12,1	10,5	40754,17	50312,50	43541,67	32306	32,306
D3F3	3810	5790	4225	3,81	5,79	4,23	15875,00	24125,00	17604,17	13825	13,825
Testigo	1758	970	1132	1,758	0,97	1,13	7325,00	4041,67	4716,67	3860	3,86

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Anexo 24. Promedio de la toma de datos de las variables que se ingresaron al programa Infostat.

Bloques	Tratamientos	Altura de la planta (cm)	Peso de la pella (g)	Volúmen radicular (ml)	Rendimiento (Kg/ha)	Incidencia (%)
Bloque 1	D1F1	50,917	574,667	105,500	46641,667	15
Bloque 2	D1F1	45,750	533,333	98,833	44529,167	20
Bloque 3	D1F1	47,283	549,500	111,167	44179,167	10
Bloque 1	D1F2	48,133	269,000	85,833	22770,833	20
Bloque 2	D1F2	45,083	292,833	68,333	23054,167	15
Bloque 3	D1F2	43,583	342,833	64,167	28104,167	20
Bloque 1	D1F3	35,500	143,167	56,667	11966,667	20
Bloque 2	D1F3	30,000	110,000	50,000	9370,8333	20
Bloque 3	D1F3	31,333	154,167	52,500	15125,000	25
Bloque 1	D2F1	55,750	637,500	133,667	52987,5	15
Bloque 2	D2F1	47,667	623,833	131,833	51425	20
Bloque 3	D2F1	49,483	709,333	125,5	58266,667	15
Bloque 1	D2F2	48,5	329	89,167	29558,333	20
Bloque 2	D2F2	48,667	362	86,667	39300	15
Bloque 3	D2F2	46,333	460,167	90,833	12808,333	25
Bloque 1	D2F3	41,25	143,5	66,667	12820,833	20
Bloque 2	D2F3	38,833	158,833	53,333	9962,5	15
Bloque 3	D2F3	32,833	121,167	77,5	70583,333	25
Bloque 1	D3F1	55,167	849,5	148,333	66729,167	10
Bloque 2	D3F1	55,167	812,333	149,167	88275	5
Bloque 3	D3F1	59,867	1143,167	151,667	40754,167	5
Bloque 1	D3F2	48,217	481	99,167	50312,5	10
Bloque 2	D3F2	51,5	654,333	101,167	43541,667	15
Bloque 3	D3F2	45,667	528,833	100	15875	25
Bloque 1	D3F3	31,333	199,333	75	24125	25
Bloque 2	D3F3	39,083	283,5	77,5	17604,167	20
Bloque 3	D3F3	39,083	204	62	7325	20
Bloque 1	TR1	24,167	56	48,333	7325,00	30
Bloque 2	TR2	21,667	48,333	48,333	4041,6667	35
Bloque 3	TR3	25,083	56	60,833	4716,6667	40

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Anexo 25. Costos de Mano de Obra.

Mano de Obra			
Mano de Obra Compartida	Mano de Obra Individual	Mano de Obra Total	
9	\$ 14,26	\$	23,26
9	\$ 6,48	\$	15,48
9	\$ 2,59	\$	11,59
9	\$ 14,26	\$	23,26
9	\$ 6,48	\$	15,48
9	\$ 2,59	\$	11,59
9	\$ 14,26	\$	23,26
9	\$ 6,48	\$	15,48
9	\$ 2,59	\$	11,59
9	0	\$	9,00
90	\$ 70,00	\$	160,00

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano

Anexo 26. Ingresos totales por tratamiento.

Ingresos totales			
Tratamientos	Rendimiento Kg	Precio por pella	Ingreso total
		\$	\$
D1F1	32,48	2	64,968
D1F2	17,74	2	35,486
D1F3	8,75	2	17,502
D2F1	39,04	2	78,086
D2F2	23,07	2	46,136
D2F3	8,54	2	17,084
D3F1	54,14	2	108,282
D3F2	32,31	2	64,612
D3F3	13,83	2	27,650
Testigo	3,86	2	7,720
Total			467,53

Fuente: Elaboración Yesenia Lascano