

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**



**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**“Evaluación de *Trichoderma harzianum* para el control de la pudrición blanca  
(*Sclerotium cepivorum*) en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.)”**

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

**AUTOR:**

GLORIA CLAUDINA JAMI TOAPANTA

**TUTOR:**

ING. MG. JORGE DOBRONSKI

**CEVALLOS - ECUADOR**

**2023**



## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“La suscrita, GLORIA CLAUDINA JAMI TOAPANTA, portador de la cédula de identidad número: 185012141-7, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: **“Evaluación de *Trichoderma harzianum* para el control de la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum*) en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.)”** es original, auténtico y personal.

En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas”.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gloria Jami Toapanta', written in a cursive style.

Jami Toapanta Gloria Claudina

## DERECHOS DE AUTOR

“Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación de *Trichoderma harzianum* para el control de la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum*) en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.)**” 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 cualquier 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 de parte de él”



Jami Toapanta Gloria Claudina

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco inmensamente a Dios por prestarme la vida y regalarme la oportunidad de llegar hasta este momento, a mi querido abuelito Víctor Toapanta, porque todo esto empezó con su apoyo, a mis padres Francisco Jami y Serafina Toapanta, principalmente a mi madre por su infinito apoyo.

A la Universidad Técnica de Ambato y a todos los docentes de mi querida facultad con los que cruce mi vida universitaria, por instruirme académica y moralmente, y por siempre compartirnos sus conocimientos y brindarnos su apoyo y amistad.

A mi tutor el Ing. Jorge Dobronski por mostrarme lo que significa realmente, el ser un buen Agrónomo, y sobre todo por su paciencia y predisposición durante la ejecución del proyecto de investigación.

Al Ing. Luis Chungata por ayudarme con lo necesario para la implementación del ensayo experimental en la Granja Agroecológica de Píllaro, de la misma manera a la Ing. Valeria Recalde por brindarme su amistad y su apoyo con el material de laboratorio necesario.

A toda mi familia, a mis grandes amigos de la facultad, a Lizbeth Guamán y Luis Yucailla, a Pablo Quishpe y a personas cercanas e importantes que estuvieron y compartieron conmigo momentos alegres y difíciles durante este proceso de formación.

## **DEDICATORIA**

A Dios por siempre estar presente y enseñarme lo grande que es su bondad y voluntad, por sus lecciones de vida que me han llenada de sabiduría y fé hacia él, por ser mi motivador para culminar con este proyecto de vida.

A mi madre por su esfuerzo y valentía, por ser mi más grande ejemplo de fortaleza, dedicación y amor, por brindarme su compañía y apoyo de madre y ganarse mi respeto y admiración eterna.

A mí por haberme elegido antes que, a nada, por enfrentarme a cualquier adversidad y salir adelante, por hoy estar donde estoy y sentirme orgullosa de mí y sobre todo por saber y creer firmemente que todo es posible cuando realmente se quiere.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD .....	ii
DERECHOS DE AUTOR .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DEDICATORIA .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Antecedentes investigativos .....	3
1.2. OBJETIVOS .....	6
1.2.1. Objetivo general .....	6
1.2.2. Objetivos específicos .....	6
1.3. Categorías fundamentales .....	6
1.3.1. El cultivo de ajo .....	6
1.3.2. Utilidad del ajo.....	7
1.3.3. Importancia económica .....	7
1.3.4. Propagación.....	8
1.3.5. Variedades.....	9
1.4. Requerimientos edafoclimáticos .....	9
1.4.1. Clima.....	9
1.4.2. Suelo – pH – salinidad .....	9
1.4.3. Establecimiento del cultivo.....	9
1.4.4. Densidad de la siembra .....	10
1.4.5. Marco de plantación.....	10
1.4.6. Fertilización.....	10
1.4.7. Riego .....	10
1.4.8. Labores culturales .....	11
1.4.9. Plagas .....	11
1.4.10. Enfermedades .....	11

1.4.11. Cosecha .....	11
1.5. Fitopatología y enfermedad .....	12
1.6. Agente patógeno.....	12
1.7. Sintomatología .....	13
1.8. Propagación.....	14
1.9. Métodos empleados para el control .....	14
1.9.1. Control químico .....	14
1.9.2. Control cultural .....	14
1.9.3. Control biológico .....	15
1.10. El uso de microorganismos en la agricultura .....	15
1.11. El género Trichoderma.....	15
CAPÍTULO II .....	17
2. METODOLOGÍA .....	17
2.1. Materiales y equipos .....	17
2.1.1. Materiales.....	17
2.1.2 Equipos.....	17
2.1.3. Material de oficina .....	17
2.2. Metodología .....	17
2.2.1. Ubicación del experimento .....	17
2.2.2. Características del lugar .....	18
2.2.2.1. Clima .....	18
2.2.2.1.1. Temperatura .....	18
2.2.2.1.2. Precipitación .....	18
2.2.2.1.3. Humedad relativa .....	18
2.2.2.1.4. Evapotranspiración .....	18
2.2.2.1.5. Vientos .....	18
2.2.2.2. Suelos .....	19
2.2.2.2.1. Inceptisoles .....	19
2.2.2.2.2. Molisoles.....	19
2.2.2.2.3. Histosoles.....	19
2.2.3. Factores de estudio .....	19
2.2.4. Dosis.....	20
2.2.5. Frecuencia .....	20
2.2.6. Repeticiones .....	20



2.2.7 Tratamientos.....	20
2.2.8. Diseño experimental.....	21
2.2.9. Unidad experimental .....	21
2.2.10. Disposición del ensayo en campo .....	21
2.2.11. Manejo del experimento.....	22
2.2.11.1. Preparación del área del ensayo experimental .....	22
2.2.11.2. Decontaminación y siembra.....	22
2.2.11.3. Fertilización.....	22
2.2.11.4. Riego .....	22
2.2.11.5. Labores culturales .....	22
2.2.11.6. Manejo fitosanitario .....	23
2.2.11.7. Aplicación de los tratamientos con el biocontrolador.....	23
2.2.11.8. Cosecha .....	23
2.2.11.9. Recolección de datos.....	23
2.2.12. Variables respuesta.....	23
2.2.12.1. Porcentaje de incidencia.....	24
2.2.12.2. Porcentaje de severidad.....	24
2.2.12.3. Rendimiento .....	24
CAPÍTULO III.....	25
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	25
3.1. Porcentaje de incidencia.....	25
3.1.1. Porcentaje de incidencia tomado a los 7 días después de haber cumplido los cuatro meses del cultivo. ....	25
3.1.2. Porcentaje de incidencia tomado a los 14 días después de haber cumplido los cuatro meses del cultivo. ....	25
3.1.3. Porcentaje de incidencia tomado a los 21 días después de haber cumplido los cuatro meses del cultivo. ....	26
3.1.4. Porcentaje de incidencia tomado a los 28 días después de haber cumplido los cuatro meses del cultivo. ....	26
3.2. Porcentaje de severidad.....	28
3.3. Rendimiento .....	29
3. Costos de producción .....	30
CAPÍTULO IV.....	33
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
4.1. Conclusiones .....	33

4.2. Recomendaciones.....	34
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
6. ANEXOS .....	38

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos de estudio.....	20
Tabla 2. Tabla de resultados de las variables analizadas.....	30
Tabla 3. Tabla de los costos de producción del ensayo .....	31
Tabla 4. Tabla de los costos de producción por tratamiento, en dólares .....	32

### ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Preparación del suelo y siembra .....	38
Anexo 2. Labores culturales .....	38
Anexo 3. Preparación del biofungicida .....	39
Anexo 4. Monitoreo y toma de datos .....	39
Anexo 5. Cosecha y recolección de datos .....	40
Anexo 6. Tabla de análisis de varianza del porcentaje de incidencia a los 7 días ..	40
Anexo 7. Tabla de análisis de varianza del porcentaje de incidencia a los 14 días	40
Anexo 8. Tabla de análisis de varianza del porcentaje de incidencia a los 21 días	40
Anexo 9. Tabla de análisis de varianza del porcentaje de incidencia a los 28 días	41
Anexo 10. Tabla de análisis de varianza del porcentaje de severidad .....	41
Anexo 11. Tabla de análisis de varianza del rendimiento .....	41

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del ensayo de investigación en campo .....	21
--------------------------------------------------------------	----

## RESUMEN

Actualmente la agricultura orgánica ofrece el uso de biocontroladores fúngicos que aseguran su efectividad con su uso, por ello este trabajo de investigación está enfocado en probar la capacidad que posee *Trichoderma harzianum* para el control de *Sclerotium cepivorum* en el cultivo de ajo, el ensayo experimental se implementó en una parcela de la Granja Agroecológica y Demostrativa de Píllaro en un área de 107.25m<sup>2</sup>, con 24 unidades experimentales de 3m<sup>2</sup> dispuestos en tres bloques. Los tratamientos consistieron en tres dosis de *Trichoderma harzianum* 2g/L, 4g/L, 6g/L y dos testigos, T1 el testigo con químico y T0 el testigo sin ninguna aplicación probados en dos frecuencias de aplicaciones, cada 15 y 30 días. El diseño experimental del proyecto de investigación fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial 3x2+2 con tres repeticiones, mediante el análisis de varianza (ADEVA) y la prueba de Tukey y Duncan al 5% se obtuvo resultados que expresaron que el mejor tratamiento para el control del patógeno fue el D2F1(4g/L, *Trichoderma harzianum* cada 15 días) tanto para el porcentaje de incidencia, el porcentaje de severidad y el nivel de rendimiento del cultivo. Al procesar los datos se determinó que el hongo antagónico posee una similar eficiencia a los fungicidas químicos utilizados por el agricultor, así como en los costos de producción no hay gran diferencia, sin embargo, los beneficios del uso de microorganismos en el suelo, el ambiente y la calidad de producto supera el uso de cualquier pesticida.

**Palabras claves:** Ajo, Biocontroladores, Microorganismos, *Sclerotium cepivorum*, *Trichoderma harzianum*.

## SUMMARY

Currently organic agriculture offers the use of fungal bio-controllers that ensure their effectiveness with their use, therefore this research work is focused on testing the ability of *Trichoderma harzianum* for the control of *Sclerotium cepivorum* in the garlic crop, the experimental trial was implemented in a plot of the Agroecological and Demonstrative Farm of Píllaro in an area of 107.25m<sup>2</sup>, with 24 experimental units of 3m<sup>2</sup> arranged in three blocks. The treatments consisted of three doses of *Trichoderma harzianum* 2g/L, 4g/L, 6g/L and two controls, T1 the control with chemical and T0 the control without any application tested in two frequencies of applications, every 15 and 30 days. The experimental design of the research project was the Block Design Completely Randomized (DBCA) with factorial arrangement 3x2+2 with three replications, through the analysis of variance (ADEVA) and the Tukey and Duncan test at 5%, results were obtained that expressed that the best treatment for pathogen control was the D2F1 (4g/L, *Trichoderma harzianum* every 15 days) for both the percentage of incidence, the percentage of severity and the level of crop yield. When processing the data, it was determined that the antagonistic fungus has a similar efficiency to the chemical fungicides used by the farmer, as well as in the production costs there is no great difference, however, the benefits of the use of microorganisms in the soil, the environment and the quality of the product surpasses the use of any pesticide.

**Keywords:** Garlic, Biocontrollers, Microorganisms, *Sclerotium cepivorum*, *Trichoderma harzianum*.

## INTRODUCCIÓN

La producción de ajo, *Allium sativum* L., en el Ecuador presenta un rendimiento muy por debajo de otros países latinoamericanos, la baja producción se debe a la alta incidencia de patógenos, específicamente la llamada pudrición blanca ocasionada por el hongo *Sclerotium cepivorum* que afecta directamente al cultivo y ocasiona pérdidas hasta del 100% de producción (Jacome Espinosa, 2016).

Según Rivera Méndez et al. (2015), *S. cepivorum* es un hongo que afecta principalmente a las plantas del género *Allium*, este patógeno coloniza las raíces e infecta el bulbo provocando la descomposición del tejido dejándolo cubierto por un micelio blanquecino, en la parte superior de la planta se observa signos de marchitez, enanismo y hojas necrosadas.

Prieto Navarrete (2016) menciona que el control químico es el método más utilizado para el control de la pudrición blanca, sin embargo, ésta forma de control cada vez es menos eficiente, ya que los microorganismos patógenos del suelo adquieren tolerancia y degradan los compuestos químicos aplicados.

Por otra parte, el control biológico ofrece otra forma de control mediante el uso de microorganismos antagonistas, como es el caso de los hongos del género *Trichoderma* que por su habilidad para crecer en la rizosfera y como parásito en hongos patógenos lo convierte en un biofungicida ideal (Rivera et al., 2015).

Mediante el uso de *Trichoderma harzianum* se ha logrado controlar *S. cepivorum* y reducir el nivel de inóculo en el suelo, ya que este microorganismo benéfico, tiene la capacidad de colonizar las raíces, estimular el crecimiento e inducir la activación de los mecanismos de defensas de la planta, mejorando su resistencia ante enfermedades ocasionada por diferentes patógenos (Jiménez et al., 2012).

El uso de *Trichoderma harzianum* para el control de *Sclerotium cepivorum* en el presente trabajo pretende comprobar su efectividad de control mediante aplicaciones de tres dosis en dos frecuencias diferentes durante el ciclo del cultivo, ayudando así a establecer el tratamiento ideal que debe ser aplicado en el cultivo de ajo para el control de la pudrición blanca, permitiendo a su vez determinar los costos de producción al

utilizar productos químicos en comparación a los biológicos. Adicionalmente con este trabajo de investigación se busca establecer alternativas de control amigables con el medio ambiente y promover a los agricultores al uso de un fungicida biológico para cambiar las prácticas de control dentro de la agricultura tradicional y alcanzar mejores prácticas agrícolas que garantice la sustentabilidad agraria.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes investigativos

Según los estudios que hicieron Ulacio *et al.* (2011) en Carache, estado Trujillo Venezuela donde se evaluó el efecto de aplicaciones con *Trichoderma harzianum* combinado con otros factores como extractos vegetales, nitrato de calcio, solarización y tebuconazol, para poder determinar la densidad inicial y final de esclerocios, la viabilidad inicial y final, la incidencia de *Sclerotium cepivorum* y el rendimiento del ajo en dos ciclos de siembra. Como resultados se obtuvo que en el primer ciclo el uso de Tebuconazol mostro buena eficiencia en reducir esclerocios, evitar incidencia y mayor rendimiento, pero en el segundo ciclo con los tratamientos combinados con *Trichoderma harzianum*, extractos vegetales y nitrato de calcio presentaron menor cantidad de esclerocios viables, menor incidencia y mayor rendimiento siendo cuatro veces superior al testigo. Concluyendo que el manejo de la pudrición blanca si es posible mediante el manejo integrado y a la vez se puede recuperar suelos agrícolas para la siembra de ajo.

Según Espinosa (2013), existe una actividad antagónica notable de *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus* y *Penicilium* sp. sobre *Sclerotium cepivorum* los resultados de una investigación realizada a nivel de laboratorio mostraron una buena eficiencia antagónica, siendo así que *Trichoderma harzianum* destruyó las hifas e inhibió el crecimiento del hongo patógeno en un 65,6 % mientras que *Paecilomyces lilacinus* y *Penicilium* sp. redujeron las colonias de *Sclerotium cepivorum* en 60,3 % siendo evidente la actividad antagónica de este biocontrolador.

Según Rojas *et al.* (2010), con el objetivo de evaluar la densidad y viabilidad de *Sclerotium cepivorum* en un cultivo de ajo aplicando prácticas culturales y biológicas se estableció tratamientos a base de brócoli, calcio y *Trichoderma harzianum* en el Estado de Lara, Venezuela. Estos tres factores fueron aplicados por separado y en combinación. El brócoli fue adquirido y cortado en trozos de 2 cm e incorporado en el suelo 15 días antes de la siembra, al ser evaluado este tratamiento después la cosecha de los ajos se evidenció que redujo la viabilidad y densidad de los esclerocios

significativamente, mientras que la aplicación de nitrato de calcio se realizó cada 15 días durante 60 días del cultivo, este tratamiento ayudo al engrosamiento de la pared celular notando así que los tejidos de los ajos eran más grueso imposibilitando que el hongo pueda penetrar fácilmente y reduciendo así la viabilidad del patógeno, de la misma manera las aplicaciones de *Trichoderma* se realizaron cada 0, 30, 60, 90 días durante el desarrollo del cultivo este tratamiento ayudó a reducir desde 46,9 a 61,2% la densidad y viabilidad del patógeno. *Trichoderma* fue el único tratamiento que aplicado solo pudo disminuir la densidad y viabilidad de los esclerocios, seguido por la aplicación del brócoli. Finalmente, la combinación de estos tres factores presentó la mayor potencialidad entre todos los tratamientos aplicados para el control de *Sclerotium cepivorum*, siendo una alternativa que se puede implementar dentro de un programa de manejo integrado efectivo.

Según Rivera *et al.* (2016), el uso de *Trichoderma* sp. representa una alternativa viable para el control de *Sclerotium cepivorum*, de acuerdo con los resultados de la investigación realizada con tratamientos a base de *Trichoderma asperellum* y fungicidas químicos tradicionales utilizados por los agricultores, los tratamientos con el biocontrolador en campo tuvieron una similar eficiencia en comparación a los tratamientos con productos químicos, reduciendo un porcentaje considerable de esclerocios del hongo patógeno, esto se comprobó mediante el conteo de los esclerocios en el suelo del ensayo y mediante el porcentaje de mortalidad durante el ciclo del cultivo.

Según Astorga (2014), la evaluación para comprobar el antagonismo *in vitro* de *Trichoderma* sp. y *Bacillus subtilis* contra tres principales patógenos del ajo *Sclerotium cepivorum*, *Penicillium* sp. y *Pseudomonas marginalis*, los controladores biológicos fueron aislados e identificados con pruebas bioquímicas y claves taxonómicas y se determinó su actividad antagónica y capacidad inhibidora mediante el crecimiento en platos duales. Obteniendo como resultados que *B. subtilis* mostró un potencial bajo frente a *S. cepivorum* y *Penicillium* sp.; por otra parte, *Trichoderma* sp. presentó altos valores en su potencialidad contra *S. cepivorum*, *Penicillium* sp. y *P. marginalis*. Las cepas de *Trichoderma* sp. utilizadas para la prueba presentaron un alto poder antibiótico, de competencia, antibiosis y parasitismo *in vitro* contra los tres



patógenos analizados convirtiéndolo en un buen biocontrolador de *Sclerotium cepivorum*.

Rivera *et al.* (2018), mencionan que la aplicación de *Trichoderma* sp. en cultivos del género *Allium* ayuda a combatir a *Sclerotium cepivorum* la principal enfermedad de estas plantas. En esta investigación se buscó determinar el efecto de una cepa nativa de *Trichoderma asperellum* y un filtrado de metabolitos secundarios en dos concentraciones cada uno al 100 y 50 % en almácigos de cebolla *Allium cepa*. Estos tratamientos se aplicaron cada 10 días durante dos ciclos. En el primer ciclo se aplicaron 4 tratamientos resultando el mejor el *Trichoderma asperellum* aplicado al 100%, durante el segundo ciclo se aumentó dos tratamientos más dentro de los cuales los mejores tratamientos resultaron ser *Trichoderma asperellum* a 100 y 50 % y el filtrado en una concentración de 50 %. Estos tratamientos contribuyeron en la elongación, tamaño y peso radicular esto gracias a la protección que otorga este microorganismo y a su vez los metabolitos secundarios que son producidos por las esporas de estos biocontroladores que no solo ayudan en el buen crecimiento y desarrollo de la planta si no que son capaces de activar las defensas sistémicas o locales en las plantas al estar frente un patógeno.

Sarmiento y Monsalve (2013), en su investigación mencionan que la gallinaza posee hongos y bacterias con capacidad antagónica para el biocontrol de *Sclerotium cepivorum in vitro* y en invernadero. De dos tipos de gallinaza la pura y la compuesta se realizaron aislamientos de hongos y bacterias y cada colonia fue evaluada por separado para observar y determinar cuál de ellas afectaba en mayor porcentaje el crecimiento de *S. cepivorum in vitro* y en invernadero, de todos los aislamientos se eligió aislamientos de *Trichoderma* sp y *Penicillium* y *Bacillus*, al observar los efectos de control se determinó que a los 95 días los síntomas de la enfermedad en los cajas Petri y en plántulas de cebolla en invernadero mostraban 20 % de incidencia, en el testigo con 70 % y 40 % de plantas muertas. La investigación demuestra que la gallinaza es una fuente de numerosos microorganismos biocontroladores de *S. cepivorum*.

Granados y Wang (2008), evaluaron el efecto de *Trichoderma* sp., *Clonostachys* spp. y *Beauveria bassiana* sobre la incidencia de *Sclerotium cepivorum* en la cebolla *Allium*

*cepa* en invernadero en Cartago, Costa Rica. Las plántulas de cebolla fueron plantadas en un suelo infectado por esclerocios que fueron aislados previamente de suelos contaminados, se aplicaron tres veces con los biocontroladores individualmente o en combinación. La primera aplicación fue durante la plantación, a los 30 días la segunda y a los 60 días la tercera aplicación. A los 126 días se evaluó la incidencia de la enfermedad, *Trichoderma sp.* 0 %, *Clonostachys spp.* 7,1 y 8, 3% y *Beauveria bassiana* 17 % y el y testigo sin biocontrolador mostro 46% de incidencia, demostrando que *Trichoderma* es un controlar biológico ideal de *Sclerotium cepivorum*.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de control de *Trichoderma harzianum* sobre *Sclerotium cepivorum* en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L).

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar la mejor dosis de aplicación de *T. harzianum* en el control de *S. cepivorum*.
- Identificar la mejor frecuencia de aplicación de *T. harzianum* para el control de *S. cepivorum*.
- Establecer los costos de producción al utilizar un fungicida biológico y un fungicida químico.

## **1.3. Categorías fundamentales**

### **1.3.1. El cultivo de ajo**

El ajo, *Allium sativum*, es una hortaliza cuyo término *Allium* proviene de la palabra *All*, que significa "ardiente o caliente" y *sativum* que vienen del latín que quiere decir cultivado. Su origen se deriva en Asia Central, de manera silvestre se ubicó en la India, el Cauca y Occidente, más tarde se difundió en Europa, seguido por África y mediante la conquista llegó a América (Ramírez Concepcion *et al.*, 2016).

El ajo pertenece a la familia de las Aliaceas, del género *Allium*, es una planta monocotiledónea, herbácea, bulbosa y bianual, puede alcanzar una altura de 100 cm, sus raíces son tipo fasciculadas, el bulbo está formado por varios discos que contiene a los dientes, su tallo es blando en el ciclo temprano y semileñoso durante la madurez, posee hojas delgadas y largas, solo algunas especies forman el escapo floral ya que el ajo generalmente no forma semilla (Carbajal Cruz, 2018)

### **1.3.2. Utilidad del ajo**

De las hortalizas más importantes del género *Allium*, el ajo ocupa el segundo lugar con una producción anual de 11,79 millones de toneladas, en la actualidad presenta una apreciable valorización gracias a sus cualidades como condimento esencial para mejorar el sabor y olor de diferentes platos culinarios de cocinas extranjeras y nacionales y por sus propiedades medicinales y su utilidad en la industria (Carbajal Cruz, 2018).

En el campo médico es muy reconocido por su relación con la prevención y tratamiento de diferentes patologías cardiovasculares, pulmonares, cáncer y por su efecto antibiótico, el ajo previene la oxidación celular gracias a la actividad antioxidante de la S-alil-cisteína y alicina, posee efectos antimicrobianos provocando la muerte de diferentes tipos de bacterias que ponen en riesgo la salud humana (Brenez Madriz y Guillen Watson, 2014).

En la agricultura orgánica se usa como repelente para insectos plaga, de acuerdo a estudios realizados los extractos de ajo también evita el crecimiento y desarrollo de varias especies de hongos fitopatógenos, además estos preparados resultan tóxicos para algunos nematodos parásitos (Escobar *et al.*, 2012).

### **1.3.3. Importancia económica**

El ajo constituye una de las hortalizas más consumidas por el ser humano desde la antigüedad por sus cualidades tanto culinarias como medicinales, en la actualidad presenta una gran demanda de producción y comercialización en varios países del mundo por su consumo en fresco, deshidratado, preparados en polvo, tabletas, agua,

aceite o formulaciones a base de etanol como fuente importante de compuestos organosulfurados como la alicina (Brenez Madriz y Guillen Watson, 2014).

Este cultivo es producido en más de cien países del mundo, en su mayoría del continente asiático y en menor proporción en países del continente americano iniciando en Estados Unidos hasta Chile. El principal país productor de ajo es China con un 78 % de producción seguido de países como India con 6 %, Bangladesh con un 1,6 %, República de Corea 1,2 %; en países americanos Estados Unidos presenta 0,9 %, Argentina 0,7 %, Brasil 0,4 % al igual que Perú, México 0,3 %, entre otros (MINAGRI, 2020).

En el Ecuador su producción se concentra principalmente en tres provincias: Chimborazo, Tungurahua y Azuay con un rendimiento promedio de 1,3 tm/ha, muy por debajo en comparación de otros países latinoamericanos, por ejemplo, Perú donde alcanza un promedio de 10 tm/ha; la baja producción en Ecuador se debe a la alta incidencia de patógenos que afectan directamente al cultivo y ocasionan pérdidas que llegan al 50 % y en ocasiones hasta el 100 % de la producción (Jacome Espinosa, 2016).

#### **1.3.4. Propagación**

El ajo es una hortaliza que como se manifestó es cultivada desde la antigüedad por el ser humano, al ser históricamente cultivado en diferentes regiones, el ajo se acopló a varios climas generando así su resistencia al frío y desarrollando bulbos más grandes. Los agricultores para obtener bulbos más grandes eliminaban los tallos de las flores o se seleccionaban variedades con bajo nivel de floración. Debido a los miles de años de selección activa por parte del hombre, el ajo perdió su fertilidad y en la actualidad la mayoría de las variedades de ajo son estériles y no generan semillas (Sethi *et al.*, 2014).

El ajo es una especie agámica que no dispone de semilla botánica por lo que su forma de propagación tradicional es mediante los bulbillos o dientes, esto ha provocado que exista una mayor transmisión de hongos, bacterias y virus que atacan directamente al cultivo y ocasionan reducciones considerables en la producción y la calidad del cultivo (Carbajal Cruz, 2018).

### **1.3.5. Variedades**

Los cultivares de ajo generalmente se clasifican por el color del bulbo, el tamaño, la forma, el porte vegetativo y el número, forma y color de los dientes, el nivel de pungencia (picor) y las características organolépticas, nutraceuticas e industriales (Prieto Navarrete, 2016).

En nuestro país las variedades conocidas son el nacional, el morado y el blanco peruano, dentro de las cuales se conocen como hembras y machos, los más cultivados son el ajo hembra por su mayor rendimiento en la producción; sin embargo, el ajo macho tiene mayor valor nutricional y el precio es mucho mayor al del ajo hembra en los diferentes mercados de las ciudades del Ecuador (Álvarez Fuertes, 2018).

## **1.4. Requerimientos edafoclimáticos**

### **1.4.1. Clima**

El ajo es un cultivo de invierno puede ser sembrado en épocas de otoño o primavera, requiere de temperaturas de entre 13°C a 24°C, siendo 7°C la temperatura mínima requerida y la máxima 30°C. Es recomendable exponer a los dientes de ajo o plántulas a temperaturas menores de 10°C, ya que esto ayuda a la formación de bulbos en menor tiempo (Zamora, 2016).

### **1.4.2. Suelo – pH – salinidad**

El cultivo de ajo se desarrolla en suelos de diferentes texturas, pero se adapta mejor en suelos franco-arenosos con buen drenaje para evitar encharcamientos, deficiencia en la formación del bulbo y alta humedad para la propagación de enfermedades. El ajo tolera un pH levemente ácido entre 5,5 a 6,8 y una salinidad de 3,9 dS/m (Zamora, 2016).

### **1.4.3. Establecimiento del cultivo**

Posterior a la preparación del terreno mediante el respectivo arado, nivelado y abonado, se procede a desgranar los dientes de ajo para la siembra, esta actividad se debe realizar de cinco a diez días antes, para evitar un largo tiempo de almacenamiento

de la semilla y evitar la deshidratación, reducción del nivel germinativo y la pérdida de vigor de los dientes de ajo.

Antes de sembrar el material vegetativo se deben seleccionar los dientes de ajo por tamaño y es muy recomendable utilizar los grandes y medianos para asegurar obtener buenas plantas en el cultivo, así mismo deben ser desinfectados previamente para reducir el daño que podría causar cualquier agente fitopatógeno que puede estar inmerso en los dientes de ajo (Zamora, 2016).

#### **1.4.4. Densidad de la siembra**

La densidad de siembra depende mucho del tamaño y peso de los dientes de ajo, comúnmente se utiliza de 800 a 1000 kg/ha y se obtiene de 250.000 a 500.000 plantas (Zamora, 2016).

#### **1.4.5. Marco de plantación**

Para la siembra, los dientes de ajo se colocan a una profundidad de 4-5 cm, una distancia de siembra de 25 cm entre surco y de 5 a 7 cm entre planta, solo si se siembra en camellones la distancia de plantación será de 90 a 100 cm (Zamora, 2016).

#### **1.4.6. Fertilización**

El ajo requiere de los principales macroelementos 220 kg/ha N, 115 kg/ha P y 220 kg/ha, siendo el más absorbido el N, seguido por el K y finalmente el P. De los macronutrientes secundarios mejor absorbidos son el Ca, S y Mg. Así mismo el ajo requiere de pequeñas cantidades de micronutrientes como el Fe, B, Mn, Zn y Cu para complementar sus necesidades nutrimentales (Torres Torres, 2018)

#### **1.4.7. Riego**

Los riegos son generalmente por gravedad o por goteo, el número de riegos depende del tipo de suelos, las condiciones climáticas y la presencia de lluvias durante el ciclo del cultivo. En suelos franco-arcillosos se requieren 6 riegos, en suelos arcillo-arenosos de 7 a 8 riegos, en suelos franco arcillo-arenoso de 9 a 10 y en suelos franco-

arenosos se requiere de 11 a 15 riegos. El último riego del ciclo se aplica a los 15 a 20 días antes de la cosecha (Zamora, 2016).

#### **1.4.8. Labores culturales**

En el cultivo de ajo se realizan deshierbas constantes para eliminar malezas que compiten por agua, luz, nutrientes y son portadores de plagas y enfermedades, también requiere de aporques con el objetivo de remover la tierra para una mejor absorción de agua y nutrientes para el buen desarrollo de bulbo (Zamora, 2016).

#### **1.4.9. Plagas**

Entre los insectos plaga que atacan al cultivo de ajo, están el trips de la cebolla *Trips tabaci*, el gusano de la cebolla *Hylemia antiqua*, ácaros como el *Aceria tulipae*, entre otros (Zamora, 2016).

#### **1.4.10. Enfermedades**

Las enfermedades que atacan mayormente al ajo son: la mancha púrpura *Alternaria porri*, mildew veloso *Peronospora destructor*, la pudrición blanca *Sclerotium cepivorum*, pudrición del cuello *Botrytis spp*, pudrición por *Fusarium spp*, roya *Puccinia spp*, pudrición rosada *Pyrenochaeta terrestres*, moho negro *Aspergillus niger* y virus como el virus del mosaico del ajo (GMV), virus latente del ajo (GLV), virus del estriado amarillo del ajo (Zamora, 2016).

#### **1.4.11. Cosecha**

La cosecha se realiza de forma manual a partir de los 5 a 6 meses del ciclo del cultivo, específicamente el tiempo de cosecha depende de la variedad del ajo cultivado, antes de la cosecha es muy importante determinar la madurez del ajo, para lo cual se debe tener en cuenta ciertos criterios de madurez como la caída de hojas o la formación de pequeños bulbillos en la parte media del tallo de la planta, cuando se observa el 50% de la parte aérea seca u observando si las envolturas del bulbo y de los dientes se tornan secas con apariencia de papel o la separación de los dientes del bulbo.

La cosecha inicia con la remoción de la planta, esto se realiza con azadillas o de forma mecánica con un tractor, posteriormente se recogen los bulbos, se forman montones y se cubren con tierra para evitar la decoloración por el sol e inducir para que terminen de formarse, este proceso dura de 8 a 15 días, después se corta la parte foliar y las raíces del ajo para seguidamente clasificarlos por tamaño para su comercialización, tomando en cuenta que existe una mayor demanda y precio por los ajos de mayor tamaño (Zamora, 2016).

### **1.5. Fitopatología y enfermedad**

La fitopatología o patología vegetal es una ciencia que estudia los agentes causales de las diferentes enfermedades de las plantas y busca mantener su supervivencia frente a las condiciones ambientales perjudiciales, hongos, bacterias, virus y micoplasmas causantes de enfermedades. Las enfermedades en las plantas se manifiestan mediante condiciones anormales del metabolismo de las plantas, específicamente son detectados por síntomas como cambios en la apariencia y el rendimiento en la producción y mediante signos que muestran la presencia de agentes patógenos (Rivera y Wright, 2020).

Para que una enfermedad tenga su origen y se desarrolle, la fitopatología ha determinado tres principios fundamentales que los representa en el denominado triángulo de las enfermedades, el primero tiene que ver con la presencia del patógeno, el segundo es el huésped susceptible al patógeno, y el tercero el ambiente adecuado que garantice la temperatura, humedad y disponibilidad para el desarrollo del patógeno; el área del triángulo de enfermedades puede ser cuantificado y determinar qué porcentaje de la enfermedad afecta a las plantas, de ser cero, uno de los componentes del triángulo no puede ser llamado enfermedad (Díaz, 2020).

### **1.6. Agente patógeno**

*Sclerotium cepivorum*, es un hongo que afecta exclusivamente a las especies del género *Allium*, este patógeno se encuentra en todas las regiones donde se cultivan estas especies y puede causar grandes pérdidas económicas, en ocasiones hasta la totalidad de la cosecha. Este hongo produce abundante micelio, de color blanco, marrón a grisáceo. Las hifas son ramificadas y cada ramificación se divide mediante septos,



comúnmente no forma conidios, pero forma una estructura de resistencia llamada esclerocio y presenta coloraciones desde pardo oscuro hasta negro, de apariencia globosa y húmeda en la superficie (Rivera Méndez *et al.*, 2016).

Los esclerocios tienen la capacidad de sobrevivir en el suelo hasta por 20 años sin perder su viabilidad, su germinación responde a los exudados de compuestos sulfatados y a los grupos tiol. Este patógeno comúnmente coloniza las raíces de sus hospederos y en estadios avanzados puede infectar completamente el bulbo, provocando una descomposición blanda del tejido, que se recubre de un micelio blanquecino. A medida que la enfermedad avanza sobre las raíces y bulbos, la planta muestra signos de marchitez, enanismo y las hojas terminan completamente necrosadas (Rivera Méndez *et al.*, 2016).

El crecimiento y desarrollo de este hongo, es posible en condiciones de temperatura adecuadas a partir de los 2°C, la temperatura óptima es de 17-20°C, por encima de esta temperatura su crecimiento es muy lento y cuando la temperatura es de 28-29°C el crecimiento cesa por completo, por otro lado, se sabe que la humedad constante del suelo influye directamente en su desarrollo (Prieto Navarrete, 2016).

### **1.7. Sintomatología**

El patógeno ataca en cualquier estadio de desarrollo de las plantas, sin embargo, los síntomas son más evidentes a partir de los dos meses de siembra cuando las raíces de las plantas están más grandes, la presencia de la pudrición blanca depende mucho de las condiciones climáticas que promueven su desarrollo (Prieto Navarrete, 2016).

La afección en las plantas inician cuando los esclerocios penetran en las raíces de la plantas y empiezan a desarrollarse dentro de las células parenquimáticas de las plantas y generan una diseminación y crecimiento en los tejidos corticales y vasculares de la planta, la infección se da por la poligalacturonasas (PG) y pectin-transeliminadas que son las responsables de degradar la pared celular y asegurar la penetración de la hifas, adicionalmente el ajo produce el ácido oxálico el cual actúa en conjunto con el PG y quelatan el calcio disponible y las células vegetales quedan más vulnerables a la pudrición (Prieto Navarrete, 2016).

Los primeros síntomas se identifican en la parte aérea con la falta de crecimiento de la plantas y clorosis en las hojas viejas hasta que finalmente la planta muere, en la parte subterránea se observa en las raíces crecimiento micelar lanoso de color blanco que al alcanzar su madurez forman esclerocios, a la vez que se presenta una podredumbre basal semiacuosa. Cuando las plantas son atacadas en su ciclo final, no se puede observar ningún síntoma durante la cosecha, sino que se genera una pudrición durante su almacenamiento (Ramos Salas, 2014).

## **1.8. Propagación**

La diseminación de este patógeno se da mediante los bulbos y dientes, en los terrenos los esclerocios son propagados por vientos fuertes, inundaciones o irrigación, por equipos agrícolas y trabajadores dedicados a este cultivo, incluso la semilla misma ayuda a incrementar la distribución del patógeno en todo el terreno y sus alrededores (Prieto Navarrete, 2016).

## **1.9. Métodos empleados para el control**

### **1.9.1. Control químico**

Entre los métodos más empleados para el control de la pudrición blanca, destaca el uso intensivo de fungicidas con diferentes ingredientes químicos; sin embargo, este tipo de control es cada vez menos eficiente ya que los microorganismos del suelo adquieren tolerancia y resistencia a los compuestos químicos. La efectividad del control mediante agroquímicos, depende mucho de la cantidad de esclerocios presentes en el suelo y de la etapa fenológica del cultivo en la que se aplican, por otra parte su aplicación directa sobre raíces provoca fitotoxicidad y causa daños a las partes vegetales (Prieto Navarrete, 2016).

### **1.9.2. Control cultural**

Las formas tradicionales de combatir esta enfermedad incluyen técnicas de rotación de cultivos, el descanso de la tierra, la siembra de crucíferas, el uso de abonos orgánicos tipo compost, la incorporación de material vegetal, la solarización como un tratamiento del suelo y la aplicación de compuestos como el dialil-disulfuro para

provocar la germinación temprana de los esclerocios, prácticas agrícolas que no han tenido los resultados esperados en el control de la enfermedad (Rivera Méndez *et al.*, 2016).

### **1.9.3. Control biológico**

Otra forma de control aplicada a este patógeno es el control biológico mediante el uso de organismos antagonistas que por sus habilidades para crecer en la rizosfera y como parásitos de otros hongos patógenos los convierte en excelentes agentes biocontroladores de diferentes enfermedades. Un claro ejemplo del uso de microorganismos como biofungicida son los hongos del género *Trichoderma* los cuales presentan una amplia variedad de mecanismos de control como el micoparasitismo, la antibiosis, la competencia, la degradación enzimática, la activación de respuestas de defensa y la estimulación de la germinación y el crecimiento de las plantas (Rivera Méndez *et al.*, 2016).

### **1.10. El uso de microorganismos en la agricultura**

La utilización de microorganismos en la agricultura ayuda a reducir los efectos negativos que causan los pesticidas al medio ambiente, permitiendo aportar a la sostenibilidad, y contribuye a prácticas agrícolas más amigables y seguras en cuanto a la salud de los agricultores. El uso de biocontroladores no solo puede ayudar con la situación ambiental, sino que también puede ayudar a reducir los costos de producción (Rivera Méndez *et al.*, 2016).

### **1.11. El género *Trichoderma***

El género *Trichoderma* ejerce la actividad de hiperparásito competitivo con la producción de metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas, que provocan cambios estructurales a nivel celular, sin atacar a las plantas superiores. *T. harzianum* en cultivo líquido, forman endosporas y producen metabolitos secundarios que reducen la posibilidad de desarrollar resistencia por parte del patógeno. También presenta la ventaja de degradarse de forma paulatina para evitar cualquier desequilibrio en la vida microbiana dentro del suelo. El grado de ataque de este antagonista depende de factores como el ambiente, el contenido de materia orgánica en el suelo, el estado del

tejido vegetal y, de la cantidad y calidad del inóculo del hongo patógeno (Astorga Quirós *et al.*, 2014).

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1. Materiales y equipos

##### 2.1.1. Materiales

*Trichoderma harzianum*

50 kg de bulbos de ajo

Materia orgánica

Cinta métrica

Azadón

Estacas

Cuerdas

Baldes

##### 2.1.2 Equipos

Balanza

Bomba de fumigar

##### 2.1.3. Material de oficina

Computador

Cuaderno de campo

Calculadora

Teléfono celular

Esferos

#### 2.2. Metodología

##### 2.2.1. Ubicación del experimento

El ensayo se realizará en el sector Ciudad Nueva en la Granja Agroecológica Demostrativa del cantón Píllaro, provincia Tungurahua ubicada a 2766,2 msnm, 1° 10' 5490" S, 78° 33' 5780" O.

## **2.2.2. Características del lugar**

### **2.2.2.1. Clima**

#### **2.2.2.1.1. Temperatura**

La temperatura es variable, la mayor extensión del territorio presenta temperaturas entre 7-8°C cubriendo el 23 % del territorio, de 6-7°C que corresponde al 20,5 % del territorio y de 11-12°C correspondiente al 13.3 % del territorio del cantón (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Píllaro GADM, 2015).

#### **2.2.2.1.2. Precipitación**

Las precipitaciones en sentido Norte-Sur mantienen un nivel de uniformidad en cada uno de los pisos altitudinales, mientras que en el sentido Oeste-Este no supera los 400 mm, la meseta central del cantón donde se centran las actividades agropecuarias tiene una precipitación de 600 a 750 mm y en la zona del parque los Llanganates superan los 1500 mm de precipitación (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Píllaro GADM, 2015).

#### **2.2.2.1.3. Humedad relativa**

El cantón Píllaro cuenta con una humedad relativa máxima de 100% y la humedad mínima es del 52,7 % (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Píllaro GADM, 2015).

#### **2.2.2.1.4. Evapotranspiración**

La mayor área del cantón cuenta con una evapotranspiración que va desde los rangos de 600 - 750 mm equivalente a más del 50 %, razón para la permanente demanda de riego en la zona (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Píllaro GADM, 2015).

#### **2.2.2.1.5. Vientos**

La dirección del viento predominante es Sureste con una velocidad promedio de 10,8 km/h. La velocidad máxima ha llegado a 17,6 km/h Sureste (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Píllaro GADM, 2015).

## **2.2.2.2. Suelos**

### **2.2.2.2.1. Inceptisoles**

Poseen alto contenido de materia orgánica pero una baja tasa de descomposición de la materia orgánica por las bajas temperaturas, presentan permafrost, poseen mal drenaje, pH y fertilidad variable dependiente de la zona, la posibilidad de deterioro estructural tanto de forma natural como inducido por el manejo es alta y aumenta cuando son labrados con humedad alta, se encuentran mayormente en las parroquias Marcos Espinel, San José de Poaló y parte de La Matriz (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Píllaro GADM, 2015).

### **2.2.2.2.2. Molisoles**

Son suelos formados mediante sedimentos minerales en climas templados húmedos a semiáridos, que no presentan lixiviación excesiva, son oscuros con buena descomposición de materia orgánica, alta fertilidad, presentan dominancia de arcillas. Son suelos con altos contenidos de nutrientes como calcio, nitratos y magnesio, son los mejores para el desarrollo de las actividades agropecuarias, se encuentran en las parroquias de San Andrés, San José de Poaló, Presidente Urbina, La Matriz, Marcos Espinel, San Miguelito, Emilio María Terán y Baquerizo Moreno (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Píllaro GADM, 2015).

### **2.2.2.2.3. Histosoles**

Son fuertemente orgánicos incluso turbosos, con elevada fertilidad, frecuente encharcamiento y naturaleza anóxica. Estos suelos son de gran importancia porque continuamente reciben aportes de materia orgánica y actúan como sumidero de carbono, aseguran la captación y almacenamiento del agua, son poco aptos para la agricultura, requieren fertilizarse y drenarse para el desarrollo de los cultivos (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Píllaro GADM, 2015).

## **2.2.3. Factores de estudio**

Producto comercial biológico MICO FERT

#### 2.2.4. Dosis

D1: 2ml/L

D2: 4ml/L

D3: 6ml/L

Testigo con aplicación química (T1)

Testigo sin aplicación (T0)

#### 2.2.5. Frecuencia

Cada 15 días

Cada 30 días

#### 2.2.6. Repeticiones

Tres repeticiones

#### 2.2.7 Tratamientos

Los tratamientos surgen de la combinación de los factores de estudio y se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Tratamientos de estudio**

Nº	Tratamiento	Descripción	Dosis
1	D1TF1	<i>Trichoderma harzianum</i> cada 15 días	2 ml/L
2	D1TF2	<i>Trichoderma harzianum</i> cada 30	2 ml/L
3	D2TF1	<i>Trichoderma harzianum</i> cada 15 días	4 ml/L
4	D2TF2	<i>Trichoderma harzianum</i> cada 30 días	4 ml/L
5	D3TF1	<i>Trichoderma harzianum</i> cada 15 días	6 ml/L
6	D3TF2	<i>Trichoderma harzianum</i> cada 30 días	6 ml/L
7	T1	Testigo con fungicida químico	1ml/L
8	T0	Testigo sin aplicación	Ninguna



### 2.2.8. Diseño experimental

En esta investigación se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar DBCA con arreglo factorial 3x2+2 con tres repeticiones, para analizar el control biológico que ejercerá el *Trichoderma harzianum* sobre el patógeno *Sclerotium cepivorum* en el cultivo de ajo mediante el análisis de varianza (ADEVA) y la prueba de comprobación de Tukey y Duncan al 5 % para los resultados obtenidos en campo.

### 2.2.9. Unidad experimental

Área total del ensayo (largo x ancho): 107,25 m<sup>2</sup>

Numero de UE: 24 parcelas

Área de las UE (largo x ancho): 3 m<sup>2</sup>

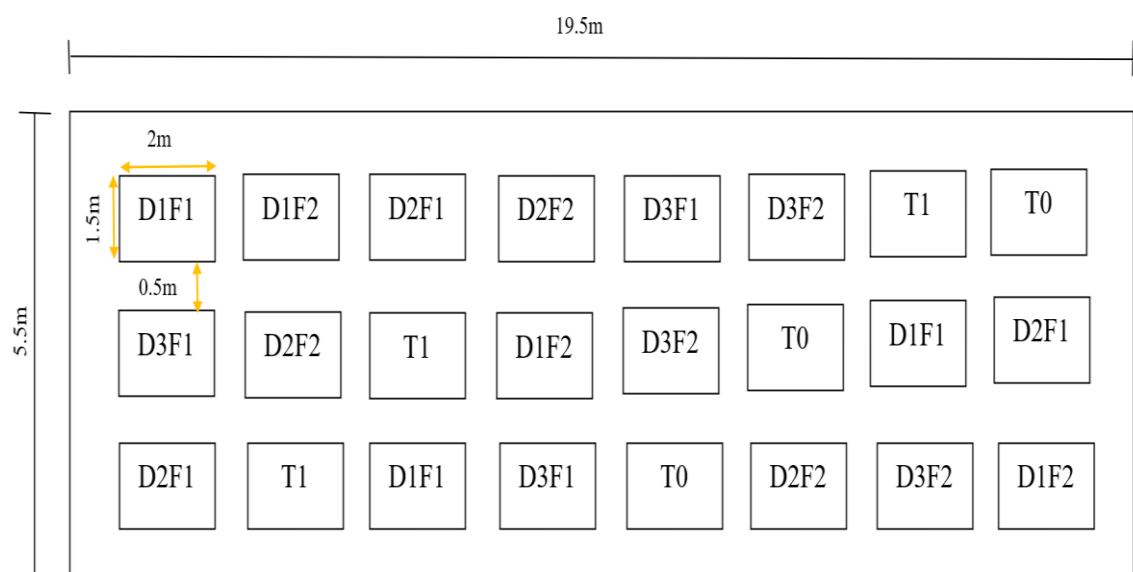
Número de plantas en el ensayo: 1920 plantas

Número de plantas por UE: 80 plantas

Número de plantas a muestrear por UE: 20 plantas

### 2.2.10. Disposición del ensayo en campo

**Figura 1.** Esquema del ensayo de investigación en campo



## **2.2.11. Manejo del experimento**

### **2.2.11.1. Preparación del área del ensayo experimental**

La preparación del suelo se realizó de forma manual con azadones, una vez removido el suelo se procedió a la incorporación de la materia orgánica y nivelación del área experimental, con el suelo preparado se procedió a la formación de camas disponiendo las 24 parcelas de estudio en tres bloques, cada uno con ocho parcelas de 1,5 m por 2 con un espacio de 0,5 m, ya con las camas formadas se realizaron cuatro surcos por parcela, para todo este proceso se utilizaron: estacas, cinta métrica, piolas y azadón.

### **2.2.11.2. Decontaminación y siembra**

Para la siembra de los dientes de ajo primeramente se procedió a decontaminar el suelo con un fungicida a base del ingrediente activo metalaxil y posteriormente se desinfectó los dientes de ajo que serían utilizadas como semilla con el mismo fungicida. Se sembró cada diente de ajo a una distancia de 6 cm entre planta y a una profundidad de 5 cm y se colocó las señaléticas en cada parcela de acuerdo con los tratamientos que fueron aplicados.

### **2.2.11.3. Fertilización**

Se fertilizó cada mes a nivel edáfico durante la etapa de crecimiento y madurez y de manera foliar en su etapa de desarrollo, las aplicaciones fueron de acuerdo con el requerimiento y área del cultivo.

### **2.2.11.4. Riego**

Para satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo se aplicó el método de riego por microaspersión durante la etapa de crecimiento del cultivo y el método por gravedad durante el desarrollo y madurez del cultivo hasta la cosecha, procurando siempre que el suelo este en capacidad de campo y evitando encharcamientos.

### **2.2.11.5. Labores culturales**

Entre las labores culturales que mayormente exige el cultivo son las deshierbas por ello se realizó cada que fuera necesario desde la implementación del ensayo investigativo para evitar la competencia por nutrientes, agua o luz entre el cultivo y las

arvenses, de la misma manera el aporque se realizó durante las dos etapas que necesitó el cultivo.

#### **2.2.11.6. Manejo fitosanitario**

En cuanto a plagas se aplicaron insecticidas con ingredientes químicos de sello azul como Abamectina a 1ml/L una aplicación cada mes, para las enfermedades no se aplicó ningún fungicida químico para evitar alteraciones en los resultados con los tratamientos aplicados, excepto en el testigo químico para el cual se utilizaron fungicidas como Iprodione (1ml/L), Carbendazim (1ml/L) y Tebuconazol (1ml/L) en cada aplicación. Y caldo bordelés durante la etapa de maduración para controlar la fuerte concentración de roya en las hojas en todo el cultivo.

#### **2.2.11.7. Aplicación de los tratamientos con el biocontrolador**

Los tratamientos se aplicaron de acuerdo con las 3 dosis y 2 frecuencias establecidas durante los 4 meses del cultivo, se aplicó vía drench y como biocontrolador se usó *Trichoderma harzianum* del producto comercial MICO FERT.

#### **2.2.11.8. Cosecha**

Cumplidos los 5 meses del cultivo se procedió a la cosecha, mediante el uso de una azadilla para remover el suelo y cuchillos para cortar los tallos, las hojas secas y las raíces del ajo, dejando únicamente la parte del bulbo que fueron recogidos en bolsas plásticas de cada unidad experimental para su posterior pesaje y obtención de datos para la variable rendimiento.

#### **2.2.11.9. Recolección de datos**

La recolección de datos se realizó posterior a los cuatro meses de terminar con las aplicaciones de los tratamientos planteados, se monitoreo y se recolectó datos cada 7 días durante un mes para la variable incidencia, mientras que para la variable severidad y rendimiento se tomaron los datos al final del ciclo del cultivo, durante la cosecha.

#### **2.2.12. Variables respuesta**

### **2.2.12.1. Porcentaje de incidencia**

Para obtener los datos de esta variable se observó la parte foliar de las plantas, basándose principalmente en los diferentes efectos que muestran las hojas de las plantas que son atacadas en la parte del bulbo por *S. cepivorum*, esto para evitar interrumpir el ciclo del cultivo y posteriormente poder determinar los datos de la variable rendimiento. La recolección de datos se desarrolló en cuatro etapas cada 7 días después de haber cumplido los 4 meses del cultivo, considerando 20 plantas de cada unidad experimental y se determinó el porcentaje de incidencia mediante la fórmula sugerida por (Lavilla y Ivancovich, 2016).

$$\% \text{ Incidencia} = \text{Número de plantas enfermas} / \text{Total de plantas} * 100$$

### **2.2.12.2. Porcentaje de severidad**

En respuesta a esta variable de la misma manera se recolectaron los datos, pero a nivel del bulbo después de la cosecha y en las 20 plantas muestreadas de cada parcela experimental, determinándose el porcentaje de severidad a través de la fórmula sugerida por (Lavilla y Ivancovich, 2016).

$$\% \text{ Severidad} = \text{Área vegetal} / \text{Área total} * 100$$

### **2.2.12.3. Rendimiento**

La determinación del rendimiento del cultivo se realizó mediante la cosecha del ajo de cada unidad experimental, y con ayuda de una balanza se obtuvieron los datos correspondientes a los resultados del rendimiento en kg.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Porcentaje de incidencia

##### 3.1.1. Porcentaje de incidencia tomado a los 7 días después de haber cumplido los cuatro meses del cultivo.

El porcentaje de incidencia determinado de forma general en la primera toma de datos a los 7 días fue de 13,33 % expresando así que el cultivo fue atacado por *Sclerotium cepivorum* de forma moderada. Mediante el análisis de varianza, los datos del coeficiente de variación y el p-valor de los tratamientos obtenidos mediante la transformación de datos con la expresión  $\sqrt{x + 1}$  los valores resultaron ser superiores al nivel de significancia 5 % de la prueba de Tukey por lo que no existen diferencias estadísticas significativas para esta variable y todos los tratamientos comparten un mismo rango de clasificación (Tabla 2). Sin embargo, matemáticamente existen diferencias importantes entre los tratamientos, durante esta etapa de resultados, el tratamiento D2F2 (4ml/L, *Trichoderma harzianum* cada 30 días) mostró el más bajo porcentaje de incidencia, con 6,67 %, al igual que el testigo con químico T1 con el mismo porcentaje.

##### 3.1.2. Porcentaje de incidencia tomado a los 14 días después de haber cumplido los cuatro meses del cultivo.

A los 14 días el porcentaje de incidencia resultó de 9,37 %, en esta etapa el cultivo tuvo un menor ataque por *Sclerotium cepivorum*, con el análisis de varianza y los valores obtenidos en el coeficiente de variación y el p-valor a través de la transformación de datos con la expresión  $\sqrt{x + 1}$  se observaron datos mayores al nivel de significancia 5 % en la prueba de Tukey mostrando así que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para el porcentaje de incidencia y todos los tratamientos comparten el mismo rango de clasificación (Tabla 2). Durante los 14 días numéricamente el tratamiento que mejor controló fue D3F1 (6ml/L *Trichoderma harzianum* cada 15 días) con 6,67 %, que presentó el menor porcentaje

de incidencia, siendo superado por el tratamiento con químico T1 que presentó 5 % de incidencia.

### **3.1.3. Porcentaje de incidencia tomado a los 21 días después de haber cumplido los cuatro meses del cultivo.**

Durante los 21 días el porcentaje de incidencia del cultivo fue de 9,37 % determinando así que el cultivo mantuvo el nivel de infección ocasionado por *Sclerotium cepivorum* con el mismo valor que en los 14 días, datos que son evidenciados en la (Tabla 2), mediante el análisis de varianza y con los valores del coeficiente de variación y el p-valor de los tratamientos obtenido con la transformación de datos mediante la expresión  $\sqrt{x + 1}$  y la prueba de Tukey al 5 % de significancia no existen diferencias estadísticas significativas en esta variable y todos los tratamientos ocupan un solo rango de clasificación. El tratamiento sobresaliente durante los 21 días fue el D3F1 (6ml/L, *Trichoderma harzianum* cada 15 días) que mostró 5 % de incidencia al igual que el tratamiento con químico T1 con el mismo porcentaje.

### **3.1.4. Porcentaje de incidencia tomado a los 28 días después de haber cumplido los cuatro meses del cultivo.**

El porcentaje general de incidencia a los 28 días fue de 13,33 % de incidencia, determinando así que el cultivo aumento la infección por *Sclerotium cepivorum*, pero no sobrepaso al nivel de infección que tenía a los 7 días (Tabla 2). El análisis de varianza, el coeficiente de variación y el p-valor de los tratamientos obtenido con la transformación de datos con la expresión  $\sqrt{x + 1}$  los valores resultaron ser superiores al nivel de significancia 5 % en la prueba de Tukey lo que muestra que no existen diferencias estadísticas significativas en esta variable y de nuevo todos los tratamientos se ubican en el mismo rango de clasificación. A los 28 días el tratamiento que tuvo un efecto significativo fue el D2F1(4ml/L, *Trichoderma harzianum* cada 15 días) que mostró un porcentaje de incidencia de 5 %, siendo incluso menor que el testigo químico T1 que resultó con el 10 % de incidencia.

Determinando que el tratamiento D2F1(4ml/L, *Trichoderma harzianum* cada 15 días) fue el mejor, seguido por los tratamientos que mostraron cierta eficiencia, pero se debe

tomar en cuenta que sus resultados corresponden a etapas anteriores a que termine el ciclo del cultivo, y así mismo la cantidad de producto a utilizarse ya que a mayor dosis, mayores serán los costos de producción. Por otra parte, mencionar de igual manera al testigo sin ninguna aplicación T0, como se esperaba resultó ser el peor tratamiento durante cada etapa de recolección de datos, a pesar de ello no superó el 25 % de incidencia en el cultivo.

**Zapata et al. (2022)** realizó un estudio en ajo utilizando microorganismos para controlar *Sclerotium cepivorum* y demostró que el mejor tratamiento fue la aplicación de *Trichoderma koningiopsis* durante la siembra y cada 15 días, dando como resultado una incidencia del 9 %, mientras que el testigo presentó una incidencia de 45 %. Resultados que validan esta investigación, ya que el porcentaje de incidencia con el mejor tratamiento fue del 5 % y el testigo sin químico no superó el 25 % de incidencia, con la única diferencia que se utilizó otra especie del género *Trichoderma*. De la misma manera **Jiménez (2012)** logró una mayor protección frente a la pudrición blanca en ajo al utilizar tratamientos con *Trichoderma koningiopsis*, *Trichoderma koningiopsis* + *Bion* y *Trichoderma harzianum* cada 15, 30, 60, 75 y 90 días, todos los tratamientos redujeron el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) e influenciaron en el retraso de los picos de infección, de esta manera se puede percibir que el género *Trichoderma* sin especificar cual sea, ejerce una eficiencia de control sobre *Sclerotium cepivorum* como también es evidente en la presente investigación.

Por otro lado, **Rivera Méndez et al. (2015)** también evaluaron la efectividad del hongo antagonista *Trichoderma asperellum*, para el patógeno causante de la pudrición blanca del ajo y la cebolla, *Sclerotium cepivorum*, al aplicar tratamientos de *T. asperellum* y el control químico evaluó la concentración de los esclerocios cada 30 días y se registró la mortalidad en cada tratamiento, mostrando al final una eficacia similar entre los tratamientos biológicos y los químicos. No se reporta suficiente información sobre *Trichoderma harzianum* en control de *Sclerotium cepivorum* en ajo, pero si existen investigaciones basadas en otras especies del género *Trichoderma* con resultados de control del patógeno similar y en ocasiones superior al control químico, un ejemplo de ello es el nivel de incidencia que se obtuvo en esta investigación al finalizar el ciclo de cultivo.

### 3.2. Porcentaje de severidad

Un porcentaje general de la severidad en el cultivo a los 150 días terminado el ciclo del cultivo fue 15,24 %, esto se determinó mediante datos tomados en los bulbos durante la cosecha, mediante el análisis de varianza, el coeficiente de variación y tomando en cuenta el p-valor obtenido al realizar la transformación de datos mediante la expresión  $\sqrt{x + 1}$  y la prueba de Tukey al 5 % de significancia se pudo determinar que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos y las interacciones entre los factores de estudio, al igual que los tratamientos comparten el mismo rango de clasificación, no obstante se pudo identificar que el mejor tratamiento fue el D2F1 (4ml/L, *Trichoderma harzianum* cada 15 días) el cual mostró 9,61 % de severidad superando incluso al tratamiento con químico T1 que reflejó un 10,31 % de severidad (Tabla1). El tratamiento D3F1 (6 ml/L, *Trichoderma harzianum* cada 15 días) también puede ser una alternativa considerable a usar porque presentó un bajo porcentaje de severidad 12,77 % en comparación a otros y también tuvo un efecto positivo en cuanto al rendimiento. En el caso del testigo sin aplicación T0 fue el peor tratamiento, pero no sobrepasó los 22 % de severidad en los bulbos de ajo.

De acuerdo con **Muñoz (2016)** para controlar *Sclerotium cepivorum* en cebolla utilizó *Trichoderma harzianum* y de todos los tratamientos el mejor consistía en 6 ml/L de *Trichoderma harzianum* cada 7 días, reflejó un porcentaje de severidad de 4 %. Contrastando los resultados con la investigación mencionada hay que considerar que el ajo y la cebolla pertenecen a la familia *Allium* y se puede referenciar los resultados de ambas investigaciones puesto que el porcentaje de severidad en ajo con el tratamiento D2F (4 ml/L de *Trichoderma harzianum* cada 15 días) se obtuvo 9,61 % de incidencia. Así mismo **García et al. (2006)** para combatir *Sclerotium cepivorum* en ajo comprobó un tipo de control superior del fitopatógeno al usar biopreparados autóctonos de *Trichoderma harzianum* alternando con fungicidas, tanto en plantas como en bulbos de ajo y obtuvo 0,0 % y 0,9 % de severidad correspondientemente en relación con el testigo, que presentó 100 y 97,7 %. Existen varias investigaciones basadas en tratamientos con diferentes especies del género *Trichoderma* que ofrecen y garantizan una eficiencia de control confiable.



### 3.3. Rendimiento

Posterior a las actividades de cosecha se tomaron los datos para conocer el nivel de rendimiento de cada unidad experimental. De acuerdo con el análisis de varianza y la prueba de Duncan al 5 % de significancia estos tratamientos en cuanto al rendimiento muestran que existen diferencias estadísticas significativas notables lo cual agrupan a los tratamientos en tres rangos de clasificación (Tabla 2). De esta manera se logró identificar el porcentaje general de rendimiento que fue de 2.266,66 kg/ha y se determinó el mejor tratamiento siendo el T1 el testigo con químico que obtuvo el rendimiento más alto 2.866,67 kg/ha de ajo seguido por el tratamiento con controlador biológico D2F1 (4 ml/L, *Trichoderma harzianum* cada 15 días) con un rendimiento de 2.588,89 kg/ha de ajo y como era de esperarse el peor tratamiento fue el testigo sin aplicaciones T0 con 1.877,78 kg/ha.

Según **Rojas et al. (2006)** la emergencia de las plantas de ajo fue uniforme en todo el ensayo, obteniéndose entre un 98 a 100% de germinación y al momento de la cosecha no se observó algún efecto significativo ( $P>0,05$ ) de los tratamientos sobre el rendimiento del cultivo; sin embargo, al agrupar los diferentes tratamientos con brócoli, calcio o *Trichoderma* solos o combinados entre ellos, el rendimiento fue mayor. Todo lo mencionado se replicó en esta investigación desde la siembra hasta la cosecha y fue evidente que el uso de *Trichoderma harzianum* ayudó a obtener un buen rendimiento que clasificó en tres rangos a esta variable lo que permitió identificar al mejor tratamiento.

El tratamiento D2F3 4,0 ml/L de *Trichoderma harzianum* cada 21 días aplicado en el cultivo de cebolla presentó la mayor eficiencia con una media que alcanza el valor de 15,71 lb, seguido por el tratamiento D3F1 6,0 ml/L de *Trichoderma harzianum* cada 7 días con 14,67 lb. Obviamente el testigo tuvo el peor rendimiento llegando a una media de 5,85 lb (**Muñoz, 2016**). Resultados que son relacionados a los de esta investigación, aunque fue superado por el tratamiento con el testigo químico T1, los tratamientos con *Trichoderma harzianum* también resultaron ser buenos ya que no hay mucha diferencia en los kilogramos de ajo que se obtuvo al final del ciclo del cultivo.

**Tabla 2. Tabla de resultados de las variables analizadas**

Tratamientos	Porcentaje de Incidencia (%)				Porcentaje de Severidad (%)	Rendimiento (t)
	7 días	14 días	21 días	28 días		
D1F1	15,00 <sup>a</sup>	11,67 <sup>a</sup>	10,00 <sup>a</sup>	11,67 <sup>a</sup>	18,65 <sup>a</sup>	1,93 <sup>bc</sup>
D1F2	18,33 <sup>a</sup>	11,67 <sup>a</sup>	08,33 <sup>a</sup>	15,00 <sup>a</sup>	13,85 <sup>a</sup>	2,39 <sup>abc</sup>
D2F1	13,33 <sup>a</sup>	13,33 <sup>a</sup>	08,33 <sup>a</sup>	05,00 <sup>a</sup>	09,61 <sup>a</sup>	2,59 <sup>ab</sup>
D2F2	06,67 <sup>a</sup>	10,00 <sup>a</sup>	11,67 <sup>a</sup>	15,00 <sup>a</sup>	15,31 <sup>a</sup>	2,24 <sup>abc</sup>
D3F1	10,00 <sup>a</sup>	06,67 <sup>a</sup>	05,00 <sup>a</sup>	11,67 <sup>a</sup>	12,77 <sup>a</sup>	2,36 <sup>abc</sup>
D3F2	15,00 <sup>a</sup>	08,33 <sup>a</sup>	15,00 <sup>a</sup>	13,33 <sup>a</sup>	19,40 <sup>a</sup>	1,93 <sup>bc</sup>
T1	06,67 <sup>a</sup>	05,00 <sup>a</sup>	05,00 <sup>a</sup>	10,00 <sup>a</sup>	10,31 <sup>a</sup>	2,87 <sup>a</sup>
T0	21,67 <sup>a</sup>	08,33 <sup>a</sup>	11,67 <sup>a</sup>	25,00 <sup>a</sup>	22,00 <sup>a</sup>	1,88 <sup>c</sup>
$\bar{x}$	13,33	09,375	09,375	13,33	15,23	2,26
EE	3,6	3,92	5,40	4,53	3,83	0,19
Valor de p	0,12	0,57	0,84	0,45	0,34	0,04
CV (%)	11,51	14,70	22,05	16,39	8,36	16,11

a-c Medias en la fila seguida de letras diferentes indican diferentes significativas, Tukey y Duncan ( $p > 0.05$ ). D1F1: 2g de *Trichoderma harzianum* cada 15 días. EE: Error estándar. CV: Coeficiente de variación.

### 3.4. Costos de producción

Los costos de producción se muestran en la (Tabla 3), la misma que expresa de forma detallada el precio de cada material, insumo, mano de obra, etc., necesarios para la implementación del ensayo experimental.

**Tabla 3. Tabla de los costos de producción del ensayo**

Rubros de gastos	Nombre	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario \$	Costo total \$
Mano de obra	Trabajador	2	4 jornadas	10	40
Equipos	Bomba de fumigar	1	Unidad	60	60
	Trichoderma harzianum	1	Frasco	20	20
	Semilla de ajo	50	kg	1	50
Insumos y materiales	Materia orgánica	2	Quintal	10	20
	Fungicida	3	Frasco	6,5	19,5
	Insecticida	2	Frasco	6,8	13,60
	Fertilizantes	1/4	Quintal	20	20
	Fertilizantes	2	Frascos	7,5	15
	Cinta métrica	1	Unidad	3	3
	Cuerdas	1	Rollo	2	2
<b>TOTAL</b>					<b>263,1</b>

Los costos de producción del cultivo de ajo *Allium sativum* desde su implementación, labores agrícolas y manejo de enfermedades durante su ciclo de cultivo a través del control biológico y control químico muestra una cierta diferencia en la (Tabla 3). En los tratamientos que se controló *Sclerotium cepivorum* con *Trichoderma harzianum* como control biológico se utilizó el producto comercial MICO FERT de 300 g a un costo de \$ 20,00, el cual fue utilizado durante los 4 meses de tratamientos, mientras que para los tratamientos con fungicidas químicos se adquirió fungicidas a base de Iprodione, Carbendazim y Tebuconazol que fueron aplicados durante los mismos 4 meses, resultando un costo de \$ 19,50.

El tratamiento más rentable a simple vista fue el D1F2 (2 ml/L, *Trichoderma harzianum* cada 30 días) que tuvo un costo de producción de \$ 40,00 más bajo a todos los tratamientos con *Trichoderma harzianum*; sin embargo, los resultados de su rendimiento son bajos por ende no es rentable. De esta manera al relacionar tanto los

costos de producción con el rendimiento, el tratamiento más eficiente que se puede utilizar es el D2F1(4 ml/L, *Trichoderma harzianum* cada 15 días) que tiene como costos de producción \$ 43,12 con un rendimiento de 2.588,89 kg/ha superior a todos los tratamientos con manejo biológico, solo superado por el testigo con químico T1 que tuvo 2.866,67 kg/ha de rendimiento, pero que sus costos de producción son de \$ 58,46. En los resultados se aprecian variaciones en cuanto a costos, no obstante, hay que analizarlos desde el punto de vista de la cantidad de área que ocupa el cultivo, la cantidad de dosis a usarse, el rendimiento y los beneficios o daños que se pueden obtener al optar por el tipo de manejo para el control de enfermedades.

**Tabla 4. Tabla de los costos de producción por tratamiento, en dólares**

Tratamiento	Material	Mano de obra	Fertilizante	Insecticida	Control biológico	Control químico	Total	Rendimiento t/ha
D1F1	27,89	5	4,37	1,7	2,08		41,04	1,93
D1F2	27,89	5	4,37	1,7	1,04		40,00	2,39
D2F1	27,89	5	4,37	1,7	4,16		43,12	2,59
D2F2	27,89	5	4,37	1,7	2,08		41,04	2,24
D3F1	27,89	5	4,37	1,7	6,40		45,44	2,36
D3F2	27,89	5	4,37	1,7	3,20		42,16	1,93
T1	27,89	5	4,37	1,7		19,5	58,46	2,87
T0	27,89	5	4,37	1,7			38,96	1,88

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

A través del porcentaje de incidencia, severidad y el rendimiento se pudo determinar la mejor dosis de *Trichoderma harzianum* que se puede utilizar para el control de *Sclerotium cepivorum* en el cultivo de ajo, la dosis más recomendable usar es la del tratamiento D2F1 (4 ml/L *Trichoderma harzianum* cada 15 días) que mostró un porcentaje de incidencia de apenas el 5%, siendo incluso menor que el testigo químico T1 que presentó 10% de incidencia al final del ciclo del cultivo. De la misma manera para la variable severidad se observó que el tratamiento de D2F1 con 9,61% fue el que menor porcentaje de severidad presentó, siendo incluso menor que el testigo con químico T1 con 10,31% de severidad. En la variable rendimiento también se observó que el tratamiento la D2F1 es el que mejor rendimiento mostró con 2.588,89 kg/ha, solo superado por décimas por el testigo con químico que resultó con 2.866,67 kg/ha de ajo.

Mediante los resultados se concluyó que la mejor frecuencia de aplicación es la F1 (aplicación cada 15 días), esto en base a que el tratamiento D2F1 (4ml/L, *Trichoderma harzianum* cada 15 días) que resultó ser el mejor para las tres variables tanto para porcentaje de incidencia, porcentaje de severidad y nivel de rendimiento comparte la misma frecuencia de aplicación. Sin embargo, cabe mencionar que se puede utilizar también el tratamiento D2F2 (4ml/L, *Trichoderma harzianum* cada 30 días) que según los resultados del ADEVA resulta ser eficiente, pero en menor porcentaje. Por otro lado, resulta imprescindible mencionar que tanto las dosis como las frecuencias de aplicación en ocasiones resultan ser independientes y más bien el grado de eficiencia de control tiene mucho que ver con la concentración de esclerocios del hongo patógeno en el suelo o bien con el nivel de infección de la semilla.

Se determinaron los costos de producción del cultivo de ajo desde la etapa inicial hasta la etapa final del cultivo comparando la totalidad de los gastos en materiales, insumos, equipos, mano de obra, productos de fertilización y pesticidas en el caso de los tratamientos con fungicidas químicos y con el biocontrolador *Trichoderma harzianum*

para el caso de los tratamientos biológicos. El costo de producción del cultivo de ajo con el uso de fungicidas químicos es de USD 58,46 con un nivel de rendimiento de 2.866,67 kg/ha, en un área de 9 m<sup>2</sup> y el costo de producción del cultivo de ajo con el uso de microorganismos con la dosis y frecuencia idónea es de USD 43,12 en un área de 9 m<sup>2</sup> y un rendimiento de 2.588,89 kg/ha el tratamiento más rentable a usarse es el D2F1, es evidente que hay ciertas diferencias en los costos de producción y en cuanto al rendimiento en esta investigación, pero hay que tomar en cuenta que la producción de cultivos se realiza en áreas mayores y por hectáreas entonces el valor de los costos si es significativo y el nivel de producción resulta similar, sin mencionar los beneficios que brindan los microorganismos tanto a los suelos, al ambiente y al ser humano al ser incorporados en el suelo.

#### **4.2. Recomendaciones**

Es recomendable realizar previamente un análisis de suelo para determinar el porcentaje de la vida microbiana del suelo y así poder identificar el porcentaje de microorganismos fitopatógenos y antagonistas e implementar el uso de organismos biológicos de manera óptima y obtener resultados más eficientes.

Se recomienda el uso de *Trichoderma harzianum* para el control de *Sclerotium cepivorum* en el cultivo de ajo (*Allium sativum*) porque representa una alternativa de control amigable con el medio ambiente, que no solo asegura su efectividad, si no que promueve a los agricultores al uso de fungicidas biológicos con el objetivo de alcanzar mejores prácticas agrícolas que ayuden a fomentar la sustentabilidad agraria en el país.

Para que la subsistencia de los microorganismos en el suelo prevalezca, ya sean del género *Trichoderma* o cualquier otro, es importante la incorporación de materia orgánica en los suelos, la práctica de labores culturales que procuren la protección de los recursos hídricos, edáficos y ambientales y evitar en lo posible el uso de plaguicidas de alto espectro.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astorga Quirós, K., Meeneses Montero, K., Zuñiga Vega, C., Brenes Madriz, J., y Rivera Mendez, W. (2013). Evaluación del antagonismo de *Trichoderma* sp. y *Bacillus subtilis* contra tres patógenos del ajo. *Tecnología En Marcha*, 27(2), 1–10. file:///C:/Users/DELL/Downloads/document.pdf
- Alvarez Fuertes, E. A. (2018). “Evaluación de la aplicación de tres tipos de abonos orgánicos en dos variedades del cultivo de ajo (*Allium sativum* L.), en el cantón Mira, provincia del Carchi”, 2018 [Universidad Tecnica de Babahoyo]. [http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4361/TE-UTB-FACIAG-ING\\_AGRON000075.pdf;jsessionid=0C9216A123951B1177FCD447507D011A?sequence=1](http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4361/TE-UTB-FACIAG-ING_AGRON000075.pdf;jsessionid=0C9216A123951B1177FCD447507D011A?sequence=1)
- Brenes Madriz, J., y Guillen Watson, A. (2014). Establecimiento de un protocolo in vitro para el cultivo del ajo ( *Allium sativum* ) en Costa Rica. *Tecnología En Marcha*,27(4),49-57.[https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/2085/1891](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2085/1891)
- Carbajal Cruz, N. N. (2018). Termoterapia y cultivo in vitro de ajo (*Allium sativum* L.) para la eliminación del virus del enanismo amarillo de la cebolla [Universidad Autonoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/15790/1/1080289857.pdf>
- Díaz, I. (2020). Importancia de la fitopatología en la seguridad e inocuidad alimentaria : Revisión de Literatura [Escuela Agricola Panamericana, Zamorano Honduras]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6843/1/CPA-2020-T039.pdf>
- Escobar, H., Pinzon, H., y Parra, M. (2012). Produccion de semilla garantizada de ajo. (Primeraed).[https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/publication/field\\_attached\\_file/pdf-produccion\\_de\\_semilla\\_garantizada\\_de\\_ajo-11-15.pdf](https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/publication/field_attached_file/pdf-produccion_de_semilla_garantizada_de_ajo-11-15.pdf)
- Garcia, R., Riera, R., Zambrano, C. y Gutierrez, L. (2006). Desarrollo de un fungicida biologico a base de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum* proveniente de la region andina venezolana. *Revista FITOSANIDAD*, 10(2), 115-121.

Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209116102005.pdf>

Granados, M., y Wang, A. (2008). Efecto de biocontroladores aislados en fincas productoras de cebolla sobre la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum*). *Agronomía Costarricense*. 32(1). 917. file:///C:/Users/DELL/Downloads/DialnetEfectoDeBiocontroladoresAisladosEnFincasProductora-2737802.pdf

Jacome Espinosa, R. F. (2016). Calidad sanitaria del material vegetal utilizado como semilla y su relación con la productividad del cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) [Universidad Técnica de Ambato]. file:///C:/Users/DELL/Desktop/ARCHIVOS/tesis-059 Maestría en Agroecología y Ambiente - CD 458.pdf

Jiménez, M., Asdrubal, A., Ulacio, D., y Hernández, A. (2012). Evaluación de *Trichoderma* spp. Y Acibenzolar-S-Metil(Bion) como inductores de resistencia a la pudrición blanca *Sclerotium cepivorum* Berk . en ajo (*Allium sativum* L .) bajo Condiciones de campo. *Journal of Selva Andina Research Society*, 3(1), 14–25. [http://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v3n1/v3n1\\_a03.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v3n1/v3n1_a03.pdf)

Lavilla, M. y Ivancovich, A. (2016). Propuesta de escalas para la evaluación, a campo y en laboratorio, del tizon foliar y la mancha purpura de la semilla causal por *Cercopora kikuchii*, en soja. (en línea). Recuperado de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_pergamino\\_propuestas\\_de\\_escalas\\_para\\_la\\_evaluacion\\_a\\_campo\\_y\\_en\\_laboratorio\\_del\\_tizon\\_foliar\\_y\\_la\\_mancha\\_purpura\\_de\\_la\\_semilla\\_en\\_soja.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_propuestas_de_escalas_para_la_evaluacion_a_campo_y_en_laboratorio_del_tizon_foliar_y_la_mancha_purpura_de_la_semilla_en_soja.pdf)

MINAGRI. (2020). El Ajo en el Contexto Mundial y Nacional. In *Nota técnica N° 02-2020*. [https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/2020/04/El\\_Ajo\\_Mercado\\_Mundial.pdf](https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/2020/04/El_Ajo_Mercado_Mundial.pdf)

Muñoz Taha, J.D. (2016). Evaluación de *Trichoderma harzianum* para el control de la pudrición blanca en el cultivo de *Allium cepa* L. (Cebolla de bulbo). Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24791/1/Tesis-144%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20455.pdf>



- Prieto Navarrete, L. P. (2016). Caracterización morfológica y molecular de aislamientos de *Sclerotium cepivorum* asociados a cultivos de aliáceas [Pontificia Universidad Javeriana]. file:///C:/Users/DELL/Downloads/PrietoNavarreraLyndaPatricia2016.pdf
- Ramos Salas, R. S. (2014). Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de un campo de cultivo de ajo y análisis de su capacidad antagonista contra *Sclerotium cepivorum*. [Universidad Católica de Santa María]. <https://core.ac.uk/download/pdf/198120634.pdf>
- Ramírez Concepcion, R., Castro Velasco, L. N., y Martínez Santiago, E. (2016). Efectos Terapéuticos del Ajo (*Allium Sativum*). *Salud y Administración*, 3(8), 39-47.  
[http://www.unsis.edu.mx/revista/doc/vol3num8/A4\\_Efectos\\_Terapeuticos\\_Ajo.pdf](http://www.unsis.edu.mx/revista/doc/vol3num8/A4_Efectos_Terapeuticos_Ajo.pdf)
- Rivera Méndez, W., Zúñiga Vega, C., y Brenes Madriz, J. (2015). Control biológico del hongo *Sclerotium cepivorum* utilizando *Trichoderma asperellum* en el cultivo del ajo en Costa Rica. *En Marcha*, 41–50. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29s3/0379-3982-tem-29-s3-41.pdf>
- Ulacio, D., Jiménez, M.A., y Perdomo, W. (2011). Estrategias de manejo integrado de *Sclerotium cepivorum* Berk., y la pudrición blanca del ajo en carache, estado trujillo, venezuela. *Bioagro*, 23(2), 105-114. Recuperado de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612011000200005&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612011000200005&lng=es&tlng=es)
- Zapata Narvaez, Y.A. y Gomez Marroquin, M.R. (2022). Control de *Sclerotium cepivorum* y promoción del crecimiento en ajo (*Allium sativa*) con microorganismos antagonistas. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 33(2), 1-12. Recuperado de [http://www.mag.go.cr/rev\\_mesov33n02\\_46462.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_mesov33n02_46462.pdf)

## 6. ANEXOS

### Anexo 1. Preparación del suelo y siembra



### Anexo 2. Labores culturales





### Anexo 3. Preparacion del biofungicida



### Anexo 4. Monitoreo y toma de datos



## Anexo 5. Cosecha y recolección de datos



## Anexo 6. Tabla de análisis de varianza del porcentaje de incidencia a los 7 días

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
INCIDENCIA %	7	DIAS	24	0,54	0,25 46,74

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	639,58	9	71,06	1,83	0,1500
BLOQUES	39,58	2	19,79	0,51	0,6115
TRATAMIENTO	600,00	7	85,71	2,21	0,0983
Error	543,75	14	38,84		

Total 1183,33 23

## Anexo 7. Tabla de análisis de varianza del porcentaje de incidencia a los 14 días

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
INCIDENCIA %	14	DIAS	24	0,26	0,00 72,33

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	221,88	9	24,65	0,54	0,8253
BLOQUES	56,25	2	28,13	0,61	0,5563
TRATAMIENTO	165,63	7	23,66	0,51	0,8091
Error	643,75	14	45,98		
Total	865,63	23			

## Anexo 8. Tabla de análisis de varianza del porcentaje de incidencia a los 21 días

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
INCIDENCIA %	21	DIAS	24	0,29	0,00 99,69

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	492,71	9	54,75	0,63	0,7570
BLOQUES	243,75	2	121,88	1,40	0,2802
TRATAMIENTO	248,96	7	35,57	0,41	0,8823
Error	1222,92	14	87,35		
Total	1715,63	23			

**Anexo 9. Tabla de análisis de varianza del porcentaje de incidencia a los 28 días**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aj</u>	<u>CV</u>
INCIDENCIA %	28	DIAS	24	0,57	0,29 58,80

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1122,92	9	124,77	2,03	0,1134
BLOQUES	439,58	2	219,79	3,58	0,0556
TRATAMIENTO	683,33	7	97,62	1,59	0,2182
Error	860,42	14	61,46		
Total	1983,33	23			

**Anexo 10. Tabla de análisis de varianza del porcentaje de severidad**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aj</u>	<u>CV</u>
SEVERIDAD %	24	0,43	0,06	43,58	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	456,32	9	50,70	1,15	0,3930
BLOQUES	40,26	2	20,13	0,46	0,6426
TRATAMIENTO	416,06	7	59,44	1,35	0,2997
Error	617,28	14	44,09		

Total 1073,60 23

**Anexo 11. Tabla de análisis de varianza del rendimiento**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aj</u>	<u>CV</u>
RENDIMIENTO/KG	24	0,76	0,60	16,11	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	4,75	9	0,53	4,86	0,0044
BLOQUES	2,63	2	1,32	12,12	0,0009
TRATAMIENTO	2,11	7	0,30	2,78	0,0490
Error	1,52	14	0,11		
Total	6,27	23			