UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

"EVALUACIÓN DE TRICHODERMA (*Trichoderma harzianum*) Y MICROORGANISMOS EFICIENTES COMO ANTAGONISTAS DEL FUSARIUM (*Fusarium spp.)* EN LA FASE VEGETATIVA DEL CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD CANARIO, DISTRITO DE ABANCAY – APURÍMAC"

Presentado por:

WALDIMAR RAMOS GUIZADO

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Abancay – Apurímac – Perú

2022

Tesis

"Evaluación de Trichoderma (*Trichoderma harzianum*) y microorganismos eficientes como antagonistas del fusarium (*Fusarium spp.)* En la fase vegetativa del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Canario, distrito de Abancay – Apurímac"

Línea de Investigación:

Agricultura y Ambiente

Asesor

Ing. Rosa E. Marrufo Montoya

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

TESIS

"EVALUACIÓN DE TRICHODERMA (*Trichoderma harzianum*) Y MICROORGANISMOS EFICIENTES COMO ANTAGONISTAS DEL FUSARIUM (*Fusarium spp.)* EN LA FASE VEGETATIVA DEL CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD CANARIO, DISTRITO DE ABANCAY – APURÍMAC"

Presentado por **WALDIMAR RAMOS GUIZADO**, para optar el Título de: **Ingeniero Agrónomo**

Sustentado y aprobado el jueves 13 de enero del 2022, ante el jurado:

Presidente	:	Dr. Francisco Medina Raya
Primer Miembro	:	M. Sc. Juan Alarcón Camacho
Segundo Miembro	:	Dr. Ely Jesús Acosta Valer
Asesor	:	Ing. Rosa E. Marrufo Montoya

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a DIOS, al señor de Illanya, la Virgen del Carmen, quienes inspiraron mi alma, para concluir mi tesis, la carrera de Agronomía.

A mi padre Braulio que está conmigo siempre y en memoria a mi madre Rosa Victoria que siempre me cuida desde el cielo, me dieron la vida, educación, apoyo y consejos.

A mi esposa Dalia, mis hijas Antonella y Valeria que me dieron paciencia y amor, a mis hermanos Jhon Michael y Marisol, que me dieron motivación y apoyo para realizar mi tesis.

Waldimar

AGRADECIMIENTO

Dios, por su inmensa bondad que me acompaña y me brinda la fuerza todos los días.

Docentes de la carrera profesional de agronomía, que me acompañaron durante este proceso.

A mi asesora, la Ing. Rosa E. Marrufo Montoya, por sus comentarios que han permitido mejorar el presente trabajo de investigación.

Al Ing. Jorge Vilchez Casas, por su tiempo para revisar y brindar sus sugerencias con la intención de mejorar la presentación final de esta tesis.

A la Lic. Julia Farfán Tanaka, por su apoyo incondicional.

Al Mg Sc. Juan Alarcón Camacho, por su tiempo dedicado y conocimientos brindados.

Waldimar

INDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....**I**

POST PORTADA.....**ii**

PAGINA DE JURADOS.....**iii**

DEDICATORIA.....**iv**

AGRADECIMIENTO.....**v**

ÍNDICE DE CUADROS.....**x**

RESUMEN.....**xiii**

ABSTRACT.....**xiv**

INTRODUCCIÓN.....**xv**

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.REALIDAD PROBLEMÁTICA.....**1**

1.2.OBJETIVOS.....**2**

1.2.1. General.....2

1.2.2. Específicos.....2

1.3.JUSTIFICACIÓN.....**3**

1.4.HIPÓTESIS.....**4**

CAPITULO II

REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACION 5

2.1.1. A nivel Internacionales 5
2.1.2 A Nivel Nacionales 6
2.1.3 A nivel Regional 8

2.2. BASES TEORICAS 9

2.2.1. TRICHODERMA (*Trichoderma harzianum*) 9

2.2.4.FUSARIUM (*Fusarium sp.*) 12

2.3. MARCO CONCEPTUAL 12

2.3.1. CARACTERÍSTICA DEL GÉNERO TRICHODERMA 12

2.3.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA 14

2.3.3.USO COMO ANTAGONISTAS DE *TRICHODERMA HARZIANUM* 14

2.3.3.1.Mecanismos de acción de los antagonistas 15

2.3.4.MICROORGANISMOS EFICIENTES COMO ANTAGONISTAS 17

2.3.4.1.Captura de microorganismos 18

2.3.5. CARACTERÍSTICAS DEL GÉNERO FUSARIUM.....20

2.3.6. TAXONOMÍA DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO *FUSARIUM* 20

2.3.7. CICLO DE VIDA DEL *FUSARIUM* 21

2.3.8. MORFOLOGÍA DE *FUSARIUM SP*.....22

2.3.8.1Macronidios 22
2.3.8.2Micronidios 23
2.3.8.3Clamidosporas.....25

2.3.9. ENFERMEDADES CAUSADAS POR *FUSARIUM SP*.....26

2.3.10. *FUSARIUM SP*. EN EL CULTIVO DE FRIJOL.....26

2.3.10.1Síntomas de *Fusarium* sp. 27

2.3.11. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE FRIJOL.....28

2.3.11.1. Origen.....28
2.3.11.2. Taxonomía.....28
2.3.11.3. Morfología.....29
2.3.11.4. Etapas del desarrollo de la planta de frijol.....34
2.3.11.5. Enfermedades en el cultivo de frijol 36

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN 39

3.1.1 Ubicación Política.....39
3.1.2 Ubicación geográfica 39

3.2. MATERIALES.....40

3.2.1. Materiales Biológicos.....40
3.2.2. Materiales de Campo 40
3.2.3. Muestra de Suelo 41
3.2.4. Equipo para trabajos en Gabinete 41

3.3. METODOLOGÍA.....42

3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....42

3.5. NIVEL O ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....42

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL 42

3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 44

3.8. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO 45

3.9.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....45

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUCIONES

4.1.EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES.....48

4.1.1. Etapa de la germinación en el frijol a los 7 días.....48
4.1.2. Evaluación de la altura de planta de frijol 51
4.1.3. Evaluación del área foliar 54
4.1.4. Profundidad efectiva de la raíz 57
4.1.5. Evaluación de la incidencia de enfermedad.....60

4.2.RESULTADOS DEL ANÁLISIS PATOLÓGICO.....67

4.3.RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MICROBIOLOGÍA 68

CONCLUSIONES.....68

RECOMENDACIONES.....69

BIBLIOGRAFÍA.....71

ANEXOS 78

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de la varianza para la variable germinación de plantas de plantas de fríjol**.** 49

Cuadro 2. Prueba Tukey al 5% para la variable germinación de plantas de frijol. 50

Cuadro 3. Análisis de la varianza para la variable altura de plantas de frijol**.** 52

Cuadro 4. Prueba Tukey al 5% para la variable altura de planta de frijol**.** 53

Cuadro 5. Análisis de la varianza para la variable área foliar. 55

Cuadro 6. Prueba de Tukey al 5% para la variable área foliar. 56

Cuadro 7. Análisis de la varianza con un nivel de confiabilidad del 5% para la variable profundidad efectiva de la raíz. 58

Cuadro 8. Prueba de Tukey al 5% para la variable profundidad efectiva de la raíz. 58

Cuadro 9. Escala de Horsfall y Barrat. 61

Cuadro 10. Análisis de la varianza al 5% para la variable incidencia de la enfermedad. 62

Cuadro 11. Prueba de Tukey al 5% para la variable incidencia de enfermedad del fríjol. 63

Cuadro 12. Análisis de la varianza al 5% para la variable severidad de la enfermedad en el cultivo de fríjol. 65

Cuadro 13. Prueba Tukey al 5% para la variable severidad de la enfermedad en la planta de fríjol. 66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desarrollo de un hongo entomopatógeno. 17

Figura 2. Tallos de frijol. 30

Figura 3. Hojas de frijol. 31

Figura 4. Inflorescencia de frijol. 31

Figura 5. Ataque a tallos de frijol producido por Rhizoctonia. 32

Figura 6. Fruto de frijol. 33

Figura 7. Semilla de frijol. 34

Figura 8. Ataque a tallos de frijol producido por Rhizoctonia. 36

Figura 9. Ataque a tallos de frijol producido por Rhizoctonia. 37

Figura 10. Ataque al cultivo de frijol producido por Fusarium. 37

Figura 11. Ataque a las hojas de frijol producido por roya. 38

Figura 12. Ataque a las hojas de frijol producido por Botrytis. 38

Figura 13. Gráfica de la prueba de Tukey al 5% para la variable germinación de plantas de fríjol. 50

Figura 14. Gráfica de la prueba de Tukey al 5% para la variable altura de plantas de fríjol. 53

Figura 15. Gráfica de la prueba de Tukey al 5% para la variable área foliar. 56

Figura 16. Gráfica de la prueba de Tukey al 5% para la variable altura de raíz de la planta de fríjol. 59

Figura 17. Gráfica de la prueba de Tukey al 5% para la variable incidencia de la enfermedad en la planta de fríjol. 64

Figura 18. Gráfica de la prueba de Tukey al 5% para la variable severidad de la enfermedad en la planta de fríjol. 67

Figura 19. Trichoderma parasitando pythium. 81

Figura 20. Crecimiento de cepas de Trichoderma. 81

Figura 21. Fusarium spp. 82

Figura 22. Macroconidias y clamidosporas de Fusarium. 82

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la aplicación de Trichoderma (*Trichoderma harzianum*) y microorganismos eficientes como antagonistas del fusarium (*Fusarium spp*.) en la fase vegetativa del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Canario, distrito de Abancay – Apurímac.

Para tal propósito se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con cuatro tratamientos: tratamiento testigo, tratamiento *Trichoderma harzianum*, tratamiento Microorganismos eficientes y tratamiento Trichoderma harzianum + microorganismos eficientes.

Para determinar el potencial antagonista de los tratamientos evaluados se recurrió al cálculo de la Incidencia de la enfermedad y de severidad; de los resultados obtenidos se evidencia que el mejor tratamiento como antagonista del Fusarium corresponde a la aplicación combinada de *Trichoderma harzianum* + Microorganismos Eficientes, en segundo lugar, Microorganismos eficientes y por último *Trichoderma harzianum*; por tanto, se concluye que el uso de Trichoderma harzianum y Microorganismos Eficientes resultan eficaces como antagonistas del *Fusarium*.

Palabras clave: antagonista, intensidad, severidad, fase vegetativa.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the application of Trichoderma (*Trichoderma harzianum*) and efficient microorganisms as antagonists of fusarium (*Fusarium spp*.) in the vegetative phase of bean cultivation (*Phaseolus vulgaris* L.) Canario variety, district of Abancay - Apurímac.

For this purpose, a Completely Randomized Design (DCA) was used with four treatments: control treatment, *Trichoderma harzianum* treatment, Efficient Microorganisms treatment and *Trichoderma harzianum* + *Efficient Microorganisms* treatment.

To determine the potential antagonist of the evaluated treatments, the incidence of the disease and severity were calculated; From the results obtained, it is evident that the best treatment as an antagonist of Fusarium corresponds to the combined application of *Trichoderma harzianum* + Efficient Microorganisms, in second place, Efficient Microorganisms and finally *Trichoderma harzianum*; therefore, it is concluded that the use of *Trichoderma harzianum* and Efficient Microorganisms are effective as antagonists of *Fusarium*.

Keys word: antagonist, intensity, severity, vegetative phase.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol en Abancay tiene un lugar de suma importancia en la actividad económica que se desarrolla en los campos agrícolas. Entre los lugares de mayor producción de este cultivo se encuentran, Auquibamba, Quitasol, Valle del Pachachaca, entre otros. No obstante, una problemática en el tema fitosanitario en el cultivo es el *Fusarium spp.*, que tiene la particularidad de ocasionar en su hospedero que sus hojas se tornen de un color amarillo de manera parcial, disminución del crecimiento de la planta y en consecuencia afecte significativamente el rendimiento. Una de las maneras de realizar el control del *Fusarium* es por medio de fungicidas, no obstante, el riesgo de emplear fungicidas de origen sintético es la emergencia de cepas resistentes con el paso del tiempo; lo citado anteriormente es la preocupación de muchos productores porque lidiar con esta enfermedad implica el aumento de los costos de producción y perdida de la utilidad, además de efectos negativos en el medio ambiente.

La limitación existente para el control de esta enfermedad deja abierta la posibilidad de recurrir a otros tipos de control, por ejemplo, el uso de controladores biológicos, que también tienen beneficios de restaurar el equilibrio de los agroecosistemas.

El objetivo de este proyecto fue evaluar la eficacia del *Trichoderma harzianum* y microorganismos eficientes como antagonistas del fitopatógeno fusarium (*Fusarium spp*.) en la fase vegetativa de cultivo de frijol.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Uno de los problemas que enfrenta el productor dedicado al cultivo de frijol en la provincia de Abancay es el marchitamiento vascular ocasionado por fusarium (*Fusarium spp*.) que ocasiona la muerte pre emergente y post emergente de plántulas de frijol, reducción de la eficiencia radicular en la absorción de agua y nutrientes de las plantas, por consiguiente, se traduce en disminución del rendimiento por unidad productiva, lo que ocasiona grandes pérdidas económicas en el agricultor dedicado al cultivo de frijol en los lugares de Auquibamba, Quitasol y el Valle Pachachaca. En tal sentido, la manera como los productores de frijol vienen controlando esta enfermedad es a través del manejo convencional, es decir mediante la aplicación de fungicidas químicos que contengan como ingrediente activo el carbendazim, que contrarrestan el avance de organismos fúngicos (tal es el caso del *Fusarium sp*) de los cultivos instalados en las unidades productivas, sin embargo este modo de prevenir y controlar la enfermedad en muchos

casos, resultan insuficientes, incrementan los costos de producción, contribuyen a la degradación de la microflora (microorganismos benéficos) del suelo y la contaminación ambiental. Adicionalmente, en la etapa de siembra, se realiza como tratamiento preventivo la desinfección de semillas mediante el uso de productos fungicidas que son aplicados directamente a las semillas para controlar el inóculo presente en ellas, pero sin efectos contra el patógeno presente en el suelo. Por ello se establece como problema que **existe limitaciones en el manejo de la enfermedad ocasionada por fusarium (*Fusarium spp.*)**. y debido a ello se plantea la siguiente interrogante de investigación: **¿Cuál es el resultado de aplicar *Trichoderma harzianum* y los microorganismos eficientes sobre la incidencia de fusarium (*Fusarium spp.*), para el cultivo de frijol?**

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

Evaluar la eficacia del Trichoderma (*Trichoderma harzianum*) y microorganismos eficientes como antagonistas del fusarium (*Fusarium spp*.) en la fase vegetativa en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en la variedad Canario, distrito de Abancay – Apurímac.

1.2.2. Específicos

- Determinar la eficacia del *Trichoderma harzianum* como antagonista del *Fusarium spp*. en el cultivo de frijol

(*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Canario.

- Determinar la eficacia de los microorganismos eficientes como antagonista del *Fusarium spp*. en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Canario.
- Determinar la eficacia de la acción combinada de *Trichoderma harzianum* y los microorganismos eficientes como antagonista del *Fusarium spp*. en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Canario.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente los productores dedicados al cultivo de frijol para reducir las pérdidas en la producción de su cultivo debido al ataque del patógeno Fusarium recurren al uso de fungicidas químicos de ingrediente activo Carbendazim como estrategia de control, sin embargo, el uso indiscriminado tiene grandes consecuencias en los fitopatógenos, tales como el fusarium, ya que estos van adquiriendo resistencia, por lo que las prácticas convencionales para controlar el fusarium cada vez más se van volviendo difíciles.

Por esa razón nace la necesidad de plantear nuevas alternativas para controlar de manera eficaz los fitopatógenos. Dentro de esta alternativa de control está el empleo de *Trichoderma harzianum* y los microorganismos eficientes para reducir los patógenos presentes sin alterar el balance ecológico.

En tal sentido, se busca un mejor aliado en el control de esta enfermedad y precisamente con el empleo de una gran variedad de microorganismos nativos que son factibles de aislar, propagar, evaluar y sobre todo tienen la capacidad de adaptarse a cualquier condición ambiental.

Bajo el contexto descrito, se necesita de una estrategia promisoria en el manejo de esta enfermedad a través de la introducción de antagonistas, y/o manejar adecuadamente a los microorganismos nativos; no obstante, no sólo dependerá el o los microorganismos adecuados, sino también de las técnicas para mantenerlo en el campo de cultivo.

Por tanto, es necesario realizar la investigación que radica en la experimentación de *Trichoderma harzianum* y los microorganismos eficientes como antagonistas del fusarium, en el cultivo de frijol, a fin de evaluar el tratamiento de la enfermedad en forma natural y disminuyendo el uso indiscriminado de fungicidas, contribuyendo económicamente y socialmente hacia el bienestar del productor agrícola.

1.4. HIPÓTESIS

La aplicación de Trichoderma (*Trichoderma harzianum)* un Antagonista, conjuntamente con microorganismos eficientes, resultan eficaces como antagonistas del fusarium (*Fusarium spp*.) en la fase vegetativa del cultivo de frijol.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACION

2.1.1. A nivel Internacionales

Walter Alexis Madrid López, (Universidad de El Salvador, San Salvador 2017) **Efectividad de *Trichoderma spp*., en el control biológico de patógenos fúngicos de la semilla de *Phaseolus vulgaris* L. "frijol común".**

De acuerdo con los resultados y discusión durante este proyecto, se alcanzó a los siguientes resultados:

Al quinto día, las semillas de frijol tratadas con *Trichoderma spp*., el porcentaje de germinación, fue superior.

Las pruebas de invernadero se evidenció la virulencia del hongo *Trichoderma sp*. Cepa 1, la cual, demostró positivamente para controlar al hongo Fusarium sp., en plántulas que tenían 10 días de crecimiento y S. bataticola en plántulas con 20 días de crecimiento. Es de suma importancia mencionar que, a los 20

días el control sobre *Fusarium sp*., fue deficiente, pero comparada con la Cepa 2, fue la que ejerció mejor control.

De las plantas que crecieron a partir de las semillas tratadas con ambas cepas de *Trichoderma spp*., se obtuvieron raíces más profundas y con mucha presencia de raíces secundarias, contrario a las tratadas con el Fungicida comercial y el Testigo. Esto probablemente se deba a la protección del sistema radicular por las cepas de *Trichoderma spp*., contra las pudriciones de raíces causadas por patógenos fúngicos como *Fusarium sp*. y S. bataticola ya que fueron los hongos de mayor presencia durante esta 64 investigación. Esto también se evidenció anteriormente en los aislamientos de plántulas con 10 y 20 días de crecimiento.

2.1.2 A Nivel Nacionales

Jholy Margot Borja Espinoza, Alexander Rivera Meza, Universidad Nacional "Daniel Alcides Carrión" (2018), Influencia del hongo *Trichoderma harzianum* en la producción de plantas de café (Coffea. arabicavar. laurina caturra)

Plantas de café a las 16 semanas de la siembra, el terapeuta dijo que la altura de T1 fue de 31,0 cm. Utilizando *Trichoderma* harzianum a una dosis de 20 g/m2 y el procedimiento mostró que la altura más baja de la planta como testigo (T5) fue de 25,75 cm. Deduciendo que aumentando la dosis de *Trichoderma harzianum*

en el cultivo de plantas de café a nivel de vivero, regula el crecimiento de la planta y lo confirmamos con la prueba estadística de Tukey que mostró tres subespecies hay diferencia en el valor de la altura. De la fábrica. Aceptación de la hipótesis alternativa para nuestro proyecto de tesis.

En el caso del grosor de tallo, el tratamiento con mayor grosor de tallo fue T1 a dosis de 3,69 mm, a dosis de 20 g/m2, *Trichoderma harzianum*, y el tratamiento que presentó menor grosor de tallo fue el testigo sin ninguna dosis de *Trichoderma harzianum* (T5) con un tamaño de 2,46 mm, y cabe señalar que los coeficientes T1, T2 y T3 presentaron el mayor grosor de tallo en el cultivo de café, en comparación con el testigo y T4. Infer that a dose of Crecimiento de las *Trichoderma harzianum* en el growvo de cafetos en el vivero afecta en el grosor del Tallo de las Plants y lo Confirmamos con la prueba estadística de Tukey, que demuestra tres sub gropos destilación pour la gros trees. Determinar la hipótesis alternativa para nuestro proyecto de tesis.

Jhon Jaime Morales Lobatón, Daniel Quispe Sánchez, (Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – 2019) Respuesta de los antagonistas *Trichoderma harzianum*, Tricho D y el bioestimulante orgabiol en el cultivo de coliflor

(Brassica oleracea var. botrytis) en el Distrito de Yanahuanca.

De los resultados obtenidos:

Se reportan conclusiones sobre el antagonista *Trichoderma harzianum* y Tricho D y el bioestimulante Orgabiol en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) en la región de Yanahuanca. El tratamiento T2 (Trichoderma (D)) dio los mejores resultados con 59,72 ton/ha en la producción de coliflor.

Eficacia del antifúngico *Trichoderma harzianum*, (*Trichoderma* (D) y del bioestimulante Orgabiol; con respecto a las propiedades agronómicas de la coliflor, los controles excluidos mostraron una conclusión favorable. Mejor en cuanto a número de granos con 24,10 y peso de gránulos de 1,67 kg, que forman parte del componente de cultivo del brócoli.

2.1.3 A nivel Regional

Recharte (2015) en su estudio denominado “Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*. Mill) en San Gabriel – Abancay” plantea como objetivo Evaluación del efecto del uso de microorganismos locales efectivos sobre el rendimiento de la planta de tomate. Para ellos se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con un orden factorial de un

control 1 de 3x3, los factores se evaluaron como dosis bacterianas efectivas con 3 niveles de aplicación: 12.5 cc, 25 cc y 50 cc; Y la frecuencia de la aplicación en tres niveles: una vez cada 7 días, cada 14 días y cada 21 días. Sus resultados indicaron que el rendimiento de las aplicaciones de tratamiento en plantas de tomate les permitió alcanzar un rendimiento de 5440,90 kg/ha en comparación con un rendimiento de control de 3198,50 kg/ha. Concluyendo que las aplicaciones de microorganismos eficientes autóctonos resultan una alternativa de fertilización frente a los fertilizantes sintéticos.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1 TRICHODERMA (*Trichoderma harzianum*)

Barnett (1972) y Dikinson (1987), señalan que *Trichoderma* presenta conidióforos hialinos, de coloración blanquecina usualmente, no verticilados, phialides simples o en grupos; conidias (phialosporas) hialinas, unicelulares, ovoide que reposan en diminutos racimos terminales; la manera de reconocerlo es por el acelerado crecimiento y la coloración verde de las conidias que presenta. De acuerdo con **Larrinaga y Coronado (1999),** *Trichoderma* es un hongo beneficioso, polifacético y muy versátil que está presente en los suelos. No hay reporte de que *Trichoderma* actué como patógeno de

alguna especie vegetal, sin embargo, se sabe que tiene la propiedad de actuar como estimulante del crecimiento vegetal.

2.2.2 TRICHODERMA EN EL BIOCONTROL

La capacidad de antagonista de *Trichoderma* para el control de enfermedades fungosas a campo abierto ha sido demostrada, por ejemplo, en el manejo de enfermedades que causan marchitamientos y pudriciones radiculares como *Sarocladium sp, Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia* en cultivos de arroz, papa, hortalizas, flores, frijol y frutales. También actúan de antagonistas frente a *Botrytis cinérea* en flores y *Fusarium oxysporum* en clavel; además de reducir la incidencia de *Phytopthora nicotianae* var. *Nicotianae* conocida como “pata prieta”.

Adicionar Gliocladium y Trichoderma previamente a la siembra, en suelos infestados por *R. solani*, reduce notablemente la incidencia y severidad de esta enfermedad en múltiples cultivos tales como el frijol. La zanahoria, la papa, el clavel y el tomate. Con esta práctica se obtiene buenos resultados porque se logra el incremento de las poblaciones de *Trichoderma* y otros microorganismos que tienen la capacidad de antagonistas frente a *Rhizoctonia solani* y, en esa interacción resulta probable que se liberen unos compuestos químicos fungitóxicos **(Agrios y *et al*., 1998)**.

Por su parte, Cook y Baker lograron distinguir muchas especies de *Trichoderma*: *T viride, T. harmatum, T. koningue, T. polyspermun y T harzianum,* como medida de control para hongos fitopatógenos (Chet y *et al*., 1980).

Al momento de realizar aplicaciones de *Trichoderma* en campo se tienen que considerar muchos aspectos de importancia que posibiliten su adecuada expresión, es decir la interacción planta hospedante – fitopatógeno susceptible – ambiente favorable (humedad, temperatura del suelo, pH y presencia de oxígeno) también está las condiciones del suelo (nutrientes, materia orgánica y estructura) y por último el tiempo **(Villegas, 2005)**.

2.2.3 MICROORGANISMOS EFICIENTES

Granda *et al*., (2013) indica que los microorganismos eficientes están compuestos de bacterias benéficas naturales, solo visibles por medio de microscopio, que tiene la capacidad de mejorar tanto la fertilidad como la estructura del suelo, además de reforzar la capacidad de las plantas contra plagas y enfermedades, así como la extracción de nutrientes. Por su parte, **Higa (1997)** afirma que el modo de acción de los microorganismos eficientes está basado en la presencia de sustancias antioxidantes, ácidos orgánicos, vitaminas, minerales y quelatos, todas ellas producidas cuando los microorganismos entran en contacto con la materia orgánica.

2.2.4. FUSARIUM (*Fusarium sp.*)

Fusarium oxysporum resulta una enfermedad difícilmente de controlar, tiene la ventaja de diseminarse a campo abierto mediante cualquier órgano de propagación que está infectado y por la remoción del suelo con presencia de clamidosporas. Otra de las razones para que *Fusarium oxysporum* sea difícil de controlar es su capacidad de sobrevivir hasta 20 años.

Haglund y Kraft, (2001) manifiestan que este patógeno son capaces de penetrar en los haces vasculares del centro de la raíz y es allí donde producen oclusión y son difundidas fácilmente, esta habilidad del patógeno las hace indetectables por el sistema de defensa del huésped **(Beckman y Roberts, 1995)**.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. CARACTERÍSTICA DEL GÉNERO TRICHODERMA

Cruz (2007), el género *Trichoderma* se conforma de hongos que son aislados generalmente del suelo; se tiene identificado veinticinco especies. *Trichoderma* hongo filamentoso anamórfico, heterótrofo, se desarrollan sin la presencia de oxígeno, su pared celular se compone de quitina, poseen acelerado crecimiento y tienen la capacidad de emplear una amplia diversidad de sustratos como el almidón y la quitina.

Harman y *et al*., (1981), las temperaturas entre 25 °C y 30°C son propicias para un óptimo crecimiento de *Trichoderma*. Los

medios líquidos y sólidos son idóneos para un crecimiento efectivo de las cepas de *Trichoderma y* crecen en suelos ácidos.

En cuanto a sus condiciones de crecimiento tenemos:

1. Fototropía

   La mayor parte de especies de *Trichoderma*, son sensibles a la luz con una mayor esporulación cuando son expuestos a esta, favorable la colonización de Trichoderma en distintos sustratos sólidos **(Astudillo y Blanco, 1999)**.

2. Esporulación

   Trichoderma tiene la facilidad de esporular en múltiples sustratos de origen natural y artificial como en la oscuridad y luz diurna, dando lugar que los conidiósporos se produzcan en la fase de la luz **(Astudillo y Blanco, 1999)**.

3. Germinación

   Trichoderma hace uso de enzimas como amilasas, α – glucosidasas, endo y exocelulasas que permite la germinación en distintos sustratos de cultivo, a través de la hidrólisis que permite la germinación **(Moore, 1996)**.

4. Salinidad

   En el proceso de desarrollo del *Trichoderma* sucede por el resultado de elevadas dosis del cloruro de sodio (80g/l aproximadamente), además puede tolerar dosis hasta 60 g/l.

Lo señalado anteriormente podrían desencadenar mutaciones causando al bajar considerablemente **(Moore, 1996)**.

5. pH

Las especies de *Trichoderma* poseen amplio rango de pH para su desarrollo; entre esos rangos están los valores de 2.0 y 9.0 de pH óptimo situados en cuatro y siete, hay procesos, entre ellos la multiplicación, son influenciados la falta de nutrientes y por valores de pH superior a nueve **(Cruz, 2007)**.

2.3.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Agrios (1996) indica la siguiente clasificación taxonómica:

Sub – división : Deuteromycotina

Clase : Hyphomycetes

Orden : Hyphales (Moniliales)

Género : Trichoderma

Especie : harzianum.

2.3.3. USO COMO ANTAGONISTAS DE *TRICHODERMA HARZIANUM*

Harman *et al*., (2004) manifiestan, *Trichoderma* es un hongo benéfico de vida libre, encontrado comúnmente en el suelo y asociado a las raíces de las plantas. Es avirulento, capaz de producir antibióticos y enzimas líticas corno celulasas, hemicelulasas, xilasas y quitinasas de interés industrial para la protección de cultivos.

Benítez *et al*., (2004) y Porras (2000) señalan, las especies de *Trichoderma* pueden ejercer el biocontrol de hongos fitopatógenos indirectamente, compitiendo por el espacio y los nutrientes.

Por su parte **Stefanova (1998)** nos dice, las especies de *Trichoderma* más ampliamente representadas son: *Trichoderma koningii*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma pubescens*, *Trichoderma reesei*, *Trichoderma viride, Trichoderma virens y Trichoderma hamatum*. Estas especies del género Trichoderma son eficaces en el control de *Fusarium spp*., *Rhizoctonia spp*., *Rosellinia spp*., *Botrytis spp*., *Pythium spp*., *Sclerotium spp*., *Alternaria spp*., *Phytophthora spp*. y *Armillaria spp*., además de otros.

2.3.3.1. Mecanismos de acción de los antagonistas

De acuerdo a **Fernández y Larrea (2001)**, se identificaron muchos mecanismos de cómo actúan estos antagonistas en la supresión del crecimiento de muchos patógenos. Por ejemplo, se encuentra la antibiosis, lucha de nutrimentos o espacio, lisis enzimática y micoparasitismo además de inducir a la resistencia. Es difícil establecer con certeza los mecanismos que forman parte de las interacciones que suceden con los patógenos y antagonistas en la planta.

Generalmente, estos antagonistas presentan muchas maneras de actuar y de multiplicarse siendo su elección como controlador.

Agente seleccionado como controlador biológico tiene muchas maneras de accionar entonces desarrolla resistencia. Otra manera de minimizar el riesgo de resistencia es a través de combinaciones de antagonistas que tengan diferentes maneras de accionar.

2.3.3.1.1 Competencia

Es un mecanismo antagónico de mucha importancia. La definición más exacta sería el desigual comportamiento de dos o más organismos ante necesidad similar, en la medida que la demanda por esa necesidad por cualquiera de los organismos agote la cantidad disponible para los demás.

2.3.3.1.2 Interacción directa con el patógeno

El parasitismo también es un modo de interacción directa que ocurre entre el antagonista y el patógeno **(Lecuona 1996)**. Se entiende como parasitismo al modo de accionar de un antagonista parasitando a

otro y se define como la simbiosis antagónica entre organismos, en consecuencia, el antagonista se alimenta del patógeno. Los casos más notables de hongos hiperparásitos están en los géneros de Gliocladium y *Trichoderma*.

Figura 1. Desarrollo de un hongo entomopatógeno.

Fuente: INIA – Quilamapu.

2.3.4. MICROORGANISMOS EFICIENTES COMO ANTAGONISTAS

Granda y *et al*., (2013) sostienen, las bacterias *Lactobacillus* spp., poseen la propiedad de eliminar microorganismos perjudiciales para las plantas. También tienen la particularidad de acelerar la descomposición de la materia orgánica y que luego serán aprovechados por los cultivos. **Obregón (2000)** sostienen que los *Lactobacillus* spp son antagonistas con la gran mayoría de microorganismos que causan pudrición; por ejemplo la producción de nisina, antibiótico que producen las bacterias lácticas, tienen efectos nocivos en *Erwinia* sp.

Por otro lado, **Quiroz y *et al*., (2004)** señalan que los *lactobacillus* cumplen un rol de importancia para controlar *Fusarium* sp. ya que este patógeno causa grandes pérdidas en los semilleros de tomate; también *lactobacillus* controla al hongo *Rhizoctonia* sp., llamado comúnmente el mal del talluelo.

2.3.4.1. Captura de microorganismos

La Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense (2005) señala como capturar microorganismos y bacterias acido lácticas de la siguiente manera:

- Microorganismos del bosque con levaduras y *lactobacilus*.

<u>Microorganismos del bosque</u>

1. Ponga a cocinar 1/2 kg de arroz después deje enfriar en pequeños recipientes para posteriormente trasladarlo a un bosque; una vez ubicado la zona de interés se coloca los recipientes contenidos de arroz a ras de suelo y luego se colocan hojas del lugar con la finalidad de cubrir en su totalidad los recipientes.
2. Posterior a 5 días se recolectan los recipientes que fueron colocados al ras de

suelo para luego seleccionar las cepas de microorganismos contenidos en el arroz; de estas cepas seleccionadas se descartan las que presentan una coloración oscura. Finalmente, las cepas son mezcladas con melaza y colocadas al ambiente por un tiempo de 5 días.

Lactobacilus

1. Agregue una cantidad pequeña de agua de arroz dentro de un recipiente y taparlo con paño muy fino y dejar en reposo por un espacio de 4 días.
2. Utilice leche de vaca recién ordeñada en la cantidad de 1 litro posteriormente añada tres gotas de la preparación detallada en el paso 1 y dejarlo reposar hasta que se obtengan dos capas: nata y suero.

   Luego de las dos capas obtenidas, utilice la de suero y mezcle con una cantidad similar de melaza y dejarlo reposar por un tiempo de 6 días; al culminar el tiempo el suero deberá presentar una coloración ámbar lo cual implica que ya está listo para ser usado.

2.3.5 CARACTERÍSTICAS DEL GÉNERO FUSARIUM

Las especies que componen este género se encuentran ampliamente distribuidas; esta capacidad de distribuirse ampliamente se debe a la propiedad de crecer múltiples vínculos y su eficaz mecanismo de separación. El rol que cumple en la naturaleza es la degradación de madera de árboles muertos, por consiguiente, utilización de materia orgánica. No obstante, es normal hallarlo en sistemas agrícolas actuando de manera saprofita en rastrojos de los cultivos que están descompuestos **(Armentrout, 1988; Subramanian, 1983)**.

Conforme con **Agrios (1996)**, las especies que integran este género resultan importantes porque son agentes fitopatógenos que atacan cualquier cultivo, entre las más importantes están los árboles frutales, hortalizas, malezas y flores.

2.3.6 TAXONOMÍA DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO *FUSARIUM*

Estas especies de patógenos forman la clase *Hyphomycetes*, las cuales están ampliamente repartidos por todo el planeta, especialmente en las zonas tropicales. Están compuestos de mitosporas las cuales les ayuda a propagarse y dispersarse por medio del agua, viento, en otros **(Subramanian, 1983)**.

Deuteromicotina es la subdivisión que integra el género *Fusarium* y se caracterizan debido a que estos hongos son imperfectos

porque no cuentan con estructura que les permita **(Agrios, 1996)**.

De acuerdo a **Agrios (1996)** y **Subramanian (1983)** *Fusarium* está clasificado taxonómica de acuerdo a:

Reino : Fungi

Phylum : Ascomycota

Clase : Ascomicetos filamentosos

Sub clase : Deuteromycetes

Género : *Fusarium*

2.3.7 CICLO DE VIDA DEL *FUSARIUM*

Fusarium parte del complejo de hongos del suelo y puede hallarse habitando como saprofito, sobre restos vegetales en descomposición o como estructura de resistencia (clamidospora) en las partículas del suelo. Al estar en un cultivo y si las condiciones medioambientales ayudan a este hongo, pueden provocar dificultades en las plantas en crecimiento.

Fusarium en su avance, libera toxinas y los síntomas más frecuentes que presenta la planta son marchitez vascular, clorosis de hojas, enanismo y producción seca de túberos. En el momento de la cosecha, es común tener tubérculos contaminados que, al momento de ser llevados al almacén pueden propagar el patógeno hacia otros tubérculos que están sanos; de allí que al ser empleados los tubérculos almacenados

como semillas transmiten la enfermedad al suelo y el ciclo se repite **(Armentrout, 1988)**.

El desarrollo favorable de Fusarium se da cuando la temperatura esta entre 20 – 25 °C y el contenido de humedad relativa está entre el 75 y 95%. También la alta densidad de siembra e intensidad lumínica juegan en la propagación del Fusarium.

De otra parte, el manejo agronómico del cultivo, elevadas concentraciones de nitrógeno al fertilizar, **(Paulitz y Belanger, 2001)**.

No obstante **Agrios (1997)**, señala que la consecuencia de la enfermedad, no tiene que ver con la dosis de nitrógeno que se le aplique, sino de la forma química que se adicione. Para *Fusarium* el nitrógeno aplicado como amoniaco incrementa el ataque de este hongo en el cultivo y se ve disminuido cuando se aplica en forma de nitrato.

2.3.8 MORFOLOGÍA DE *FUSARIUM SP*.

2.3.8.1 Macronidios

Una de las características morfológicas de mayor importancia que permite identificar las especies de *Fusarium* son los macronidios; la mayoría de casos con los macronidios basta para ubicar a las especies de un cultivo.

La longitud ya sea corto o largo sin considerar la curvatura o anchura, el tamaño representa el primer carácter macroconidial. En primer lugar, los macroconidios no son rectos, y cuando son delgadas tienen forma de aguja. La que sigue son macroconidios que presentan curvatura dorsiventral a lo largo de toda la espora o una parte de esta. No siempre se da el caso, estas esporas contienen aproximadamente la misma extensión a lo largo de toda su longitud.

La parte extrema de las hialinas resultan numerosos para las identificaciones morfológicas. Además, otros delimitadores importantes de especies vienen a ser la forma tanto apical y del pie de la célula.

De otra parte, la célula basal, o el pie, se caracteriza por presentar las siguientes formas, que usualmente son cuatro: la forma de pie alargado, en forma de pie, con marcas y sin marcas.

Esta célula basal generalmente presenta una menor curvatura de la espora. **(Leslie y Summerell, 2006)**.

2.3.8.2 Micronidios

Microconidios no es producido por todas las especies de *Fusarium* sp por lo que su mera presencia es una característica importante. Las características

potencialmente importantes del diagnóstico son: las células homocigotas donde surgen, la disposición de las microsporas dentro y alrededor de la célula homocigota.

El número de esporangios para microsporas varía de 0 a 1, sin embargo, es cierto que las especies productoras de esporas tienen dos septos.

Entre las formas más comunes de microsporas: ovalada, ovalada, ovalada con base cortada, cáñamo (gnabo-corm), en forma de pera, esférica, fusiforme (en forma de huso). Se sabe que un solo cultivo tiene la capacidad de producir microconidios de múltiples formas, pero, hay casos donde las esporas con diferentes formas pueden variar.

Hay dos tipos básicos de células conidiógenas: monofialides y polifialides. Ambos se caracterizan por la cantidad de aberturas en cada celda a través de las cuales se producen las esporas. Los monocitos tienen solo una ranura por célula, por otro lado, las polifialides presentan muchas. La gran mayoría de especies se caracterizan por producir polifialides, tal es el caso de *F. proliferatum* que tiene la capacidad de producir más monofialides de lo que hacen las polifialides.

Las microsporas se pueden organizar en fílidos individuales, en cadenas o en pseudocabezas. El alargamiento de las cadenas puede variar desde unas pocas esporas hasta una bobina muy larga. La formación de cadenas está regulada por el tipo de sustrato utilizado.

2.3.8.3 Clamidosporas

Vera (2013), En las descripciones de *Fusarium* sp las clamidosporas cumplen una función muy importante, no obstante, las clamidosporas que son producidas por aquellas que tiene la capacidad de hacerlo podrían vincularse con aquellas especies que no lo hacen. Al momento de formarse las clamidosporas puede ocurrir que sea por separado, grupos y cadenas las mismas que pueden tardar demasiado (usualmente por encima de las 6 semanas) en reproducirse, con la limitante de poder producirse a mayores cantidades. Las clamidosporas normalmente tienen a formarse sin restricciones en el medio agar especial (SNA) que en CLA, sin embargo, hay ocasiones donde en un medio con mayor especialización (agar suelo) requiere mayor observación. Es probable que las clamidosporas se hallen en micelio aéreo o embebido en agar, entonces,

donde se ubique resulta oportuno para la identificación de especies.

2.3.9 ENFERMEDADES CAUSADAS POR *FUSARIUM SP*.

(Alexopoulos y *et al*., 1996), Los síntomas causados por Fusarium pueden confundirse con otros patógenos de plantas, hongos y bacterias.

Agrios (1996), *Fusarium* puede afectar diferentes etapas de crecimiento de las plantas y en sus diferentes regiones. Durante la emergencia de las plántulas, los representantes de este género pueden intervenir bloqueando el cuello de la planta, lo que provoca una emergencia fallida. En plantas maduras, los problemas más comunes son la marchitez vascular y la pudrición del tubérculo.

Cullison (2003), La patogenicidad del fusarium también se debe a la producción de toxinas. Estos son de dos tipos: micotoxinas que afectan negativamente la salud de animales y humanos, y fitotóxicos que afectan el crecimiento de las plantas.

Carrillo (1999), Estas sustancias son el resultado del metabolismo secundario de los hongos y pueden producirse en condiciones de estrés.

2.3.10 *FUSARIUM SP*. EN EL CULTIVO DE FRIJOL

Campos (1987) menciona, que *Fusarium* induce pudriciones en el sistema radicular lo que ocasiona cuantiosas pérdidas; este

patógeno infecta justo en el momento de la siembra y permanece en el frijol hasta que alcancen la adultez. Los síntomas de esta enfermedad se agravan en la medida que los suelos agrícolas presentan un inadecuado drenaje, bajo contenido de materia orgánica y una mala estructura.

2.3.10.1 Síntomas de *Fusarium* sp.

Abawi (1989) manifiesta, que al inicio se evidencia pudriciones de raíces con estrías longitudinales de coloración rojiza que aparecen en la raíz primaria e hipocótilo. A medida que avanza la infección se evidencia en el sistema radicular lesiones superficiales de coloración café rojizo, a veces suele presentarse fisuras causando que la raíz sea hueca. Cuando la raíz principal ha muerto la planta ser marchita con defoliación temprana. Los síntomas de pudriciones radicales por Fusarium se pueden confundir con plantas que carecen de fósforo, en las que las hojas inferiores se vuelven amarillas y marchitas. Las raíces son de color marrón rojizo y pueden extenderse hasta el tallo.

Agrios (1996) Indica, *fusarium* raíz y podredumbre del tallo aumentan su severidad, cuando las plantas que están expuestas al patógeno sufren agobio fisiológico (stress) por las bajas temperaturas, sequía intermitente

o excesiva cantidad de agua en el suelo, herbicidas, compactación de la superficie del suelo debida a las ruedas del tractor que limitan el crecimiento de las raíces de las plantas.

2.3.11. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE FRIJOL

2.3.11.1 Origen

Debouck (1986) afirma que el origen del frijol considerando como como argumentos la botánica, morfología, ecología, arqueología además de la bioquímica; se concluye que tiene tres centros de origen:

- Mesoamericano: La parte sur oeste de Estados Unidos, Guatemala, México, Panamá y Costa Rica.
- Andes del Norte: Andes del Este en Colombia.
- Andes del Sur: Argentina, Norte de Chile y Perú.

2.3.11.2 Taxonomía

Marechal (1988) muestra la siguiente clasificación de frijol común:

Reino	: Vegetal
Clase	: Dicotiledoneae
Sub - clase	: Rosidae
Orden	: Fabales
Familia	: Leguminosa (Papilionaceae)
Sub - familia	: Litoidea (papilionoidas)

Tribu : Phaseoleae

Sub Tribu : Phaseolinae

Género : Phaseolus

Especie : *Phaseolus vulgaris* L.

Nombre común : Frijol, frejol, caraota, poroto, friosol, fagiol, feijao, judia, bean, habichuiela y alubia.

2.3.11.3 Morfología

Espinosa (1990) describe las partes morfológicas del frijol *(Phasulus vulgaris L).* Es una planta anual y herbácea fechada cortos además tiene distintos hábitos de crecimiento (semipostrado o arbustivo), de estatura variable entre 50 a 90 cm dependiendo de la variedad y las propiedades del suelo. La forma y posición de los tallos son las que condicionan el porte de la planta.

1. **Raíz**

   Las bacterias (simbióticas), cuyas propiedades son la fijación de nitrógeno atmosférico, son albergadas en la raíz del frijol.

2. **Tallos y Ramas**

   El tronco forma el eje principal del árbol y tiene forma cilíndrica; hecho de botones, yemas y yemas axilares. Los frijoles tienen crecimiento claro (tienen una inflorescencia

al final) mientras que los de crecimiento indeterminado (trepadores o guía).

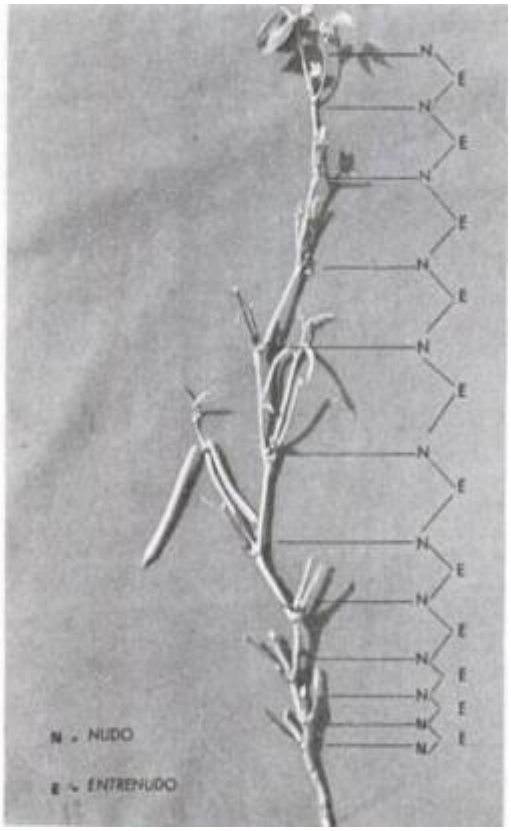


Figura 2. Tallos de frijol.

Fuente: CIAT (1983).

3. Hojas

Sobre sus hojas: los folíolos principales o menores son muy simples, son alternas, trifoliadas (formadas por tres folíolos con puntas puntiagudas) y levantadas, en forma de corazón.

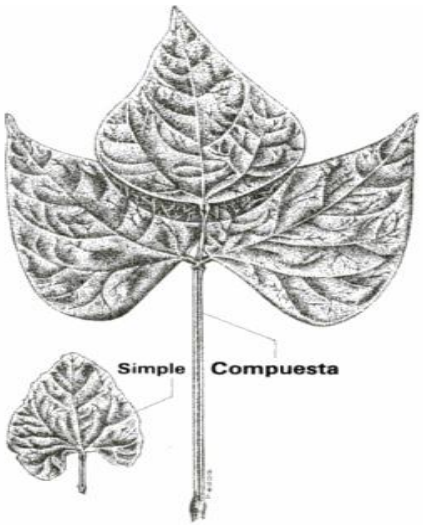


Figura 3. Hojas de frijol. ***Fuente: CIAT (1983).***

4. La Inflorescencia

La ubicación de la inflorescencia elemental puede ser axilar o terminal. El final ocurre en frijoles con un hábito de crecimiento Tipo I.

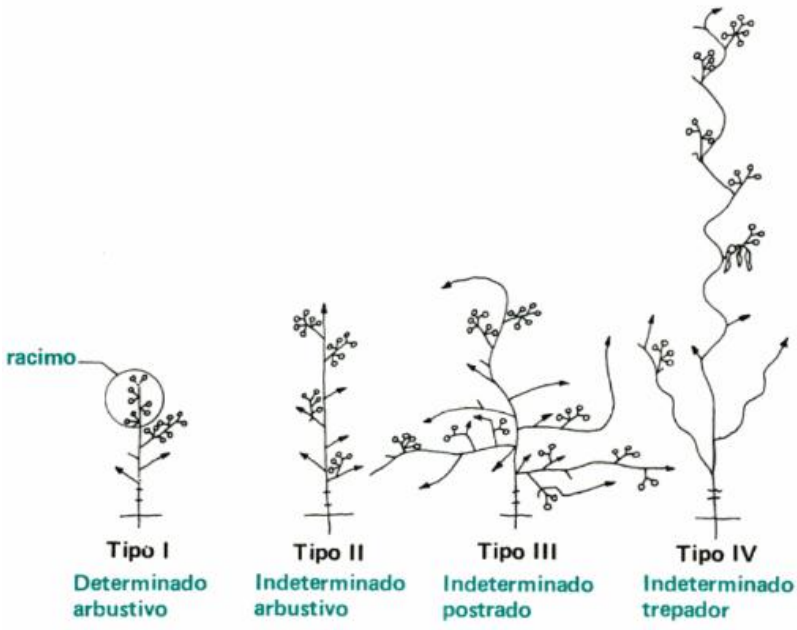


Figura 4. Inflorescencia de frijol. ***Fuente: CIAT (1983).***

5. La flor

Es una familia típica (mariposa) de las papilonacáceas, anulares (miembros masculinos y femeninos de la misma flor) y carpelos (con una corola y un cáliz), flores hermafroditas. Cáliz. - Consta de 5 pétalos libres, el más grande de los cuales se llama "bandera", los dos del medio se llaman "pétalos", y los pétalos más pequeños se unen y forman la llamada "quilla".

La receta de los guisantes es:

K(5), K3 A(9) 1, J1

C3 (2) significa que 3 pétalos están libres y 2 adherentes; A (9) 1 significa los diez estambres, 9 combinados y 1 libre.

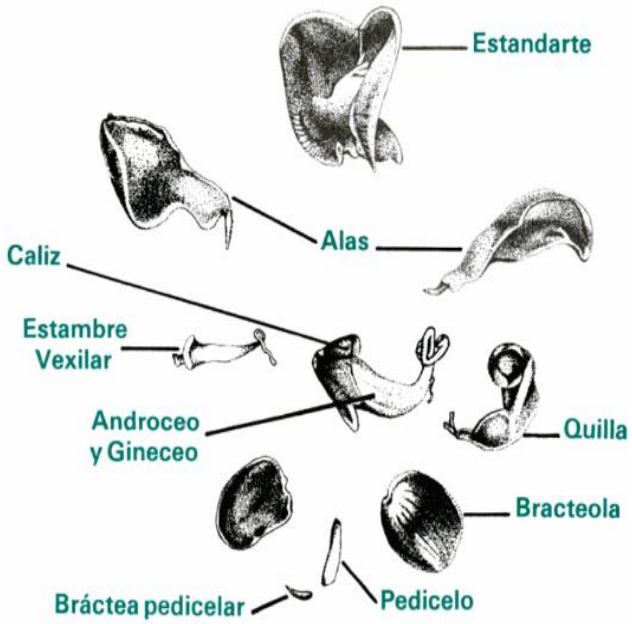


Figura 5. Ataque a tallos de frijol producido por Rhizoctonia.

Fuente: CIAT (1983).

6. Fruto o Vaina

Es un fruto con dos valvas, por lo que se considera una legumbre de tamaño variable que puede medir de 6 a 12 cm. largo. Son frutos de diferentes tamaños, que contienen de 3 a 5 semillas, según la variedad, de forma oblonga y ovalada.

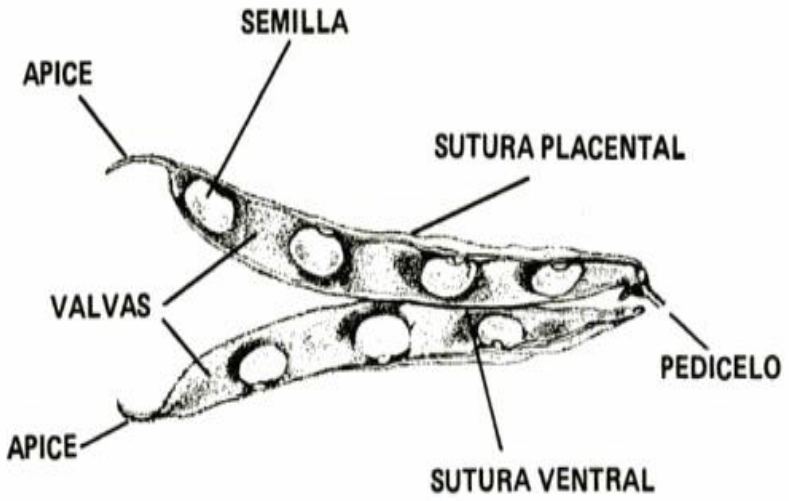


Figura 6. Fruto de frijol.

Fuente: CIAT (1983).

7. Semillas

Procedente de huevos fertilizados, su forma varía de cilíndrica a esférica y brillante, y su color varía de blanco, negro y crema a negro, dependiendo de la raza. Tienen las siguientes secciones:

Plumas (testa), cuerno y mikrill.

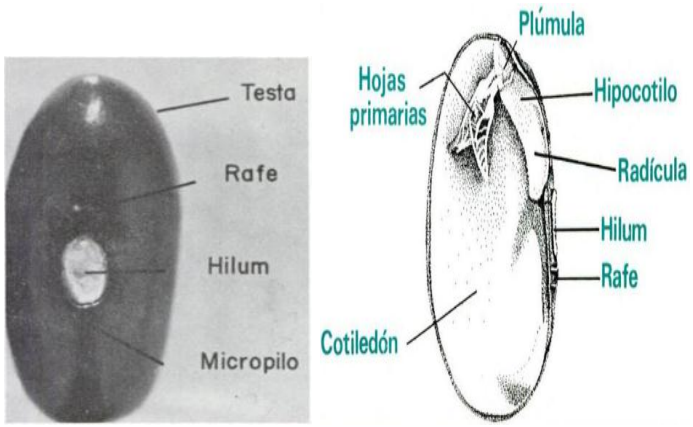


Figura 7. Semilla de frijol.

Fuente: CIAT (1983).

2.3.11.4 Etapas del desarrollo de la planta de frijol

Codificación de las etapas, sus nombres y los hechos que determinan su inicio el **CIAT (1983)** son:

1. **Fase vegetativa**

   Comienza cuando la semilla se deposita en un ambiente propicio para su germinación y finaliza cuando aparecen los primeros botones florales. Consta de 5 pasos:

   - **Etapa VO Germinación:**

     Las semillas obtienen la humedad necesaria para permitir la germinación.

   - **Etapa V1 Emergencia:**

     En esta etapa al ras del suelo se observa los cotiledones.

   - **Etapa V2 Hojas Primaria:**

Los documentos principales están abiertos en este punto.

- **Etapa V3 Primera Hoja Trifoliada:**

  Las hojas trifoliadas se encuentran totalmente desplegada.

- **Etapa V4 Tercera Hoja Trifoliada:**

  Se observa la evolución de la tercera figura.

2. **Fase reproductiva**

   Consta de cinco etapas y son:

   - **Etapa R5 Prefloración:**

     El primer brote aparece en variedades de primera variedad, o el primer grupo en variedades de porte indeterminado.

   - **Etapa R6 Floración:**

     Sucede cuando el árbol florece su primera flor.

   - **Etapa R7 Formación de Vainas:**

     El árbol muestra los primeros frutos con corola caída o recién partida.

   - **Etapa R8 Llenado de Vainas:**

     El árbol comienza a llenar la corteza primero y aparecen ampollas en la corteza cuando se ve a través de la saturación.

   - **Etapa R9 Maduración:**

Las vainas comienzan a decolorarse y secarse primero, y el contenido de humedad se reduce al 15% a medida que las semillas adquieren su color característico.

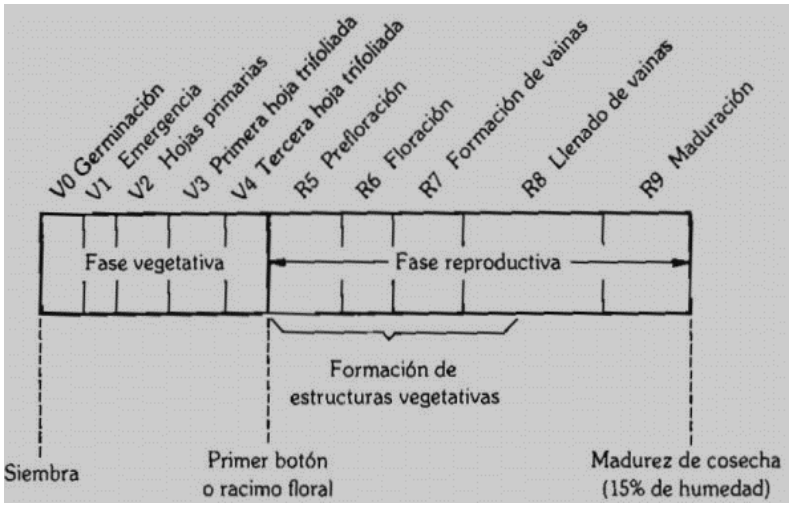


Figura 8. Ataque a tallos de frijol producido por Rhizoctonia.

Fuente: CIAT (1984).

2.3.11.5 Enfermedades en el cultivo de frijol

Valladolid (1993), Se describen como enfermedades muy importantes del cultivo del frijol las siguientes:

1. **Pudriciones radiculares (*Rhizoctonia, Fusarium*)**, aparecen por el ataque de hongos podridos en el tallo como la raíz de las plantas que van brotando; estos daños terminan por ocasionar la muerte en la planta. Esta enfermedad ocurre porque el método de riego parcelario no es conducido de manera óptima,

las semillas no son de buena calidad y son colocadas a mayor profundidad.

Figura 9. Ataque a tallos de frijol producido por Rhizoctonia.

Fuente: http://observatorioredsicta.info/sites/default/files/docplublicaciones/enfermedades_frijol.pdf **(2014).**

Figura 10. Ataque al cultivo de frijol producido por Fusarium.

Fuente: http://observatorioredsicta.info/sites/default/files/docplublicaciones/enfermedades_frijol.pdf **(2014).**

2. **Roya (*Uromyces appendiculatus*)**, hongo que con facilidad se traslada por el viento las esporas, que puede atacar en cualquier etapa de desarrollo de la planta, si los causas empiezan antes de la etapa de floración resultan pérdidas considerables del rendimiento. No se trasmite por semilla. Las hojas

atacadas se vuelven amarillas y se caen. Es mejor usar variedades resistentes.

Figura 11. Ataque a las hojas de frijol producido por roya.

Fuente: http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=1541 **(2014).**

3. **Botritis (*Botritis sp.*)**, llamado también “podredumbre gris”, se presenta en los cultivos que tienen su vaina en el suelo, la forma de reconocer esta enfermedad es por su coloración gris y verde del patógeno que tiene el hábito de colonizar las áreas acuosas causando lesiones en la vaina.

Figura 12. Ataque a las hojas de frijol producido por Botrytis.

Fuente: http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=1541 **(2014).**

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

El experimento se realizó en la zona de Abancay

3.1.1 Ubicación Política

- Región : Apurímac
- Provincia : Abancay
- Distrito : Abancay

3.1.2 Ubicación geográfica

El experimento se realizó en la región de Abancay, ubicada a nivel del mar a una altura de 2.400 m sobre el nivel del mar, dentro del marco geográfico del cantón de Abancay en la región Apurímac.

Geográficamente, ubicado entre las coordenadas

72º52’40’’ longitud Oeste

13º37’37’’ latitud Sur,

(Anexo).

Ubicación hidrográfica

(Bazan y Merino, 2009; INRENA 1995), Una característica de la región de Abancay es el valle interandino ubicado en la cuenca del río Pachaca, ubicado en un área sedimentaria formada por un conglomerado de arena, arcilla y caliza con la composición principal de arena.

3.1.3 Clima

Se introduce en el hábitat de los bosques montanos húmedos subtropicales, con una temperatura media de 18,1°C, precipitación anual de 500-600 mm, con una humedad relativa del 45-55%, es apaciblemente cálido. Tiempo con noches frías.

3.1.4 Ecología

Entre la diversidad vegetal se encuentran las siguientes especies: tara *(Caesalpinia espinosa*), blanda *(Schinus molle*), entre los principales cultivos se encuentran el maíz (*Zea mays*), pallar y *frijol (Phaseolus lunatus y Phaseolus vulgaris*).

3.2. MATERIALES

3.2.1. Materiales Biológicos

- Hongo antagonista *Trichoderma harzianum*.
- Semillas de frijol de la variedad Canario.
- Solución de microorganismos eficientes compuesto de *Lactobacillus* sp. y *Bacillus* sp.

3.2.2. Materiales de Campo

1. Bandejas germinadoras de especies forestales.
2. Lapiceros.
3. Libreta de campo.
4. Cámara fotográfica.
5. Malla antiáfido (tul).
6. Techo metálico.
7. Franela.
8. Regla.

3.2.3. Muestra de Suelo

Muestras de un suelo agrícola de clase textural franco arcilloso con pH neutro e infectado con los siguientes patógenos: Fusarium *oxysporum, Rhizoctonia solani* y *Pectobacterium carotovorum*

3.2.4. Equipo para trabajos en Gabinete

1. Computadora de escritorio con procesador Intel I3.
2. USB 2 GB, memoria
3. Impresora.

3.2.5. Materiales de escritorio

1. Papel bond A – 4.
2. Lapicero.
3. Cuaderno.
4. Resaltador.

3.3. METODOLOGÍA

Corresponde al método deductivo; porque las conclusiones de esta investigación han sido inferidas por una serie de premisas (marco conceptual).

3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio es de tipo básico porque pretende generar conocimiento referente a la eficacia de *Trichoderma* y microorganismos eficientes como antagonistas del fusarium en el cultivo de frijol.

3.5. NIVEL O ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación es de nivel explicativo porque se establece una relación causa efecto entre la aplicación de *Trichoderma* y microorganismos eficientes sobre el Fusarium.

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la investigación se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro coeficientes y cuatro repeticiones, generando un total de 16 unidades experimentales. El modelo matemático del diseño es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

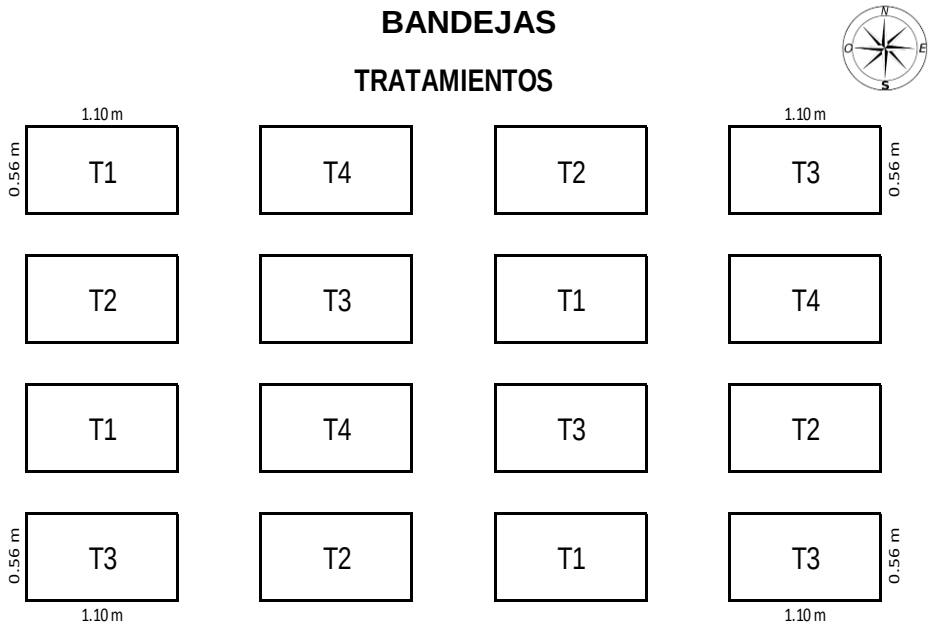
Y_{ij} = Valor del rasgo estudiado por *i* replicas, dosis de *Trichoderma harzianum* y microorganismo efectivo *j*, = efecto total de todas las observaciones;

R_i = efecto temblor ***ε_ij*** = Error de observación por unidad experimental ij.

La distribución de las unidades experimentales fue de acuerdo al siguiente gráfico:

CROQUIS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL TRATAMIENTOS EN BANDEJAS

TRATAMIENTOS



Leyenda
T1. Testigo.
T2. *Trichoderma harzianum* .
T3. Microorganismos eficientes.
T4. *Trichoderma harzianum* + Microorganismos eficientes

- El primer tratamiento (T1) en estudio consistió en el testigo.
- El segundo tratamiento (T2) fue la aplicación de *Trichoderma harzianum* a razón de 10 ml de dosis por planta.
- El tercer tratamiento (T3) fue la aplicación de microorganismos eficientes.

- El cuarto tratamiento (T4) fue la aplicación combinada de microorganismos eficientes y *Trichoderma harzianum a* razón de 10 ml de dosis por planta.

  La primera evaluación se dio a los 14 días que consistió principalmente en el porcentaje de emergencia posterior a la siembra, después se evaluó cada 7 días hasta alcanzar la fase fenológica V4 (donde la planta de frijol tiene la tercera hoja trifoliada).

3.5.1 Área experimental

El experimento fue conducido bajo condiciones controladas, el medio de soporte para que las plantas de frijol puedan desarrollarse fueron bandejas de plástico color negro germinadoras conformadas por 36 celdas con forma piramidal de 0.423 m^2 (0.56 m de ancho y 0.76 m de largo), en total fue de 16 unidades de bandejas germinadoras que ocupó una superficie de 6.81 m^2.

La superficie de cada celda fue en la parte superior con 49 mm de diámetro y en la parte inferior con un diámetro de 20 mm y una altura de 150 mm, que hace un volumen de 120 ml.

3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

a) Variable Independiente

Trichoderma harzianum, Microorganismos Eficientes

b) Variable Dependiente

Cultivo de frijol

Se detallan en la sección anexos.

3.8. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

Población.- La población total contiene de la siguiente manera:

- De los 4 tratamientos contiene 16 bandejas y hacen un total de 1152 plantas.
- Cada tratamiento contiene 4 bandejas hacen un total de 288 plantas por tratamiento.

Muestra.- Por lo tanto en este estudio se evaluó a toda la población, por consiguiente, no hubo la necesidad de trabajar con muestras.

3.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

La técnica empleada en esta investigación fue la “observación” y los instrumentos estuvieron conformados por ficha de registro que se detalla en el anexo 5.

3.10. LABORES AGRONÓMICAS

3.10.1.1. Preparación del sustrato

1. Acumulación del suelo agrícola de una unidad productiva infectada con enfermedades fungosas (resultado de laboratorio Anexo 1). Se realizó el día 15 de febrero del 2015.
2. Instalación de la infraestructura de soporte (caballetes) para las bandejas germinadoras, posteriormente se

realizó el llenado de las bandejas con sustrato, se hizo de manera manual depositando el suelo agrícola en cada celda en la bandeja de yemas, con el fin de apoyar y crear condiciones para el crecimiento de la planta de frijol en el ambiente apropiado. Esta actividad tuvo lugar el 18 de febrero de 2015.

3.10.1.2. Desinfección de semillas

La desinfección de semillas empleando los antagonistas para el control de *Fusarium* sp., de acuerdo a cada tratamiento, con el propósito de garantizar una buena germinación. Esta actividad se realizó el día 10 de abril del 2015.

3.10.1.3. Siembra

Se realizó el día 10 de abril del 2015 posterior a la desinfección. Por cada celda se sembró dos semillas de frijol.

3.10.1.4. Inoculación

Se inoculó la semilla, como preventivo desinfectante a fin de contrarrestar los inóculos patogénicos presentes en la semilla, con los tratamientos respectivos: microorganismos eficientes y *Trichoderma harzianum* a excepción del testigo. Esta actividad se realizó el mismo día que hizo la siembra.

3.10.1.5. Control de malezas

Se realizó durante el ciclo fenológico del cultivo de manera manual, con la finalidad de eliminar competencia por luz y nutrientes entre las malezas y el cultivo de frijol sembrado en bandejas.

3.10.1.6. Fertilización

No se empleó ninguna fuente de fertilización debido a que los análisis realizados al campo agrícola reportaron una fertilidad natural en niveles moderados.

3.10.1.7. Riego

Se hizo el riego con una distancia de 4 a 5 días, la dotación de agua fue aplicada con regaderas.

3.10.1.8. Control fitosanitario

Durante las primeras etapas y el ciclo vegetativo de las plantas, se aplicó los tratamientos en estudio (antagonistas supresores de enfermedades fungosas).

3.10.1.9. Control de plagas

A partir del ciclo vegetativo, la presencia de plagas como “mosca blanca” (*Bemicia tabaci*) y “cigarritas” (*Empoasca kraemeri*) no resultando significativo el daño.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUCIONES

4.1. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES

4.1.1. Etapa de la germinación en el frijol a los 7 días

Para determinar la influencia de los tratamientos bajo estudio sobre la etapa de germinación, se tomó como medida de análisis la media muestral de los porcentajes de germinación de las plantas de frijol.

Se usó un análisis de varianza al nivel de significancia del 5% para probar la diferencia entre cada tratamiento (ver Cuadro 1). Después de analizar los datos se encontró diferencias significativas (**F > F crítico**) en la etapa de germinación bajo los diversos especies de tratamientos. De acuerdo al coeficiente de variabilidad (5.6%, ver tabla 1) indica que el nivel de precisión del experimento permitió detectar diferencias significativas entre tratamientos.

Del análisis de varianza y del coeficiente de variación las

importancias encontradas ayudan inferir que los distintos valores de germinación de las plantas de frijol son como consecuencia de la aplicación de las dosis de los tratamientos en estudio más que por fenómenos al azar.

Cuadro 1. Análisis de la varianza para la variable germinación de plantas de plantas de fríjol.

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Fuente de las variaciones	*Grados de libertad*	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Prob.*	*Valor crítico para F*	*Significancia al 5 %*
Tratamientos	3.00	469.34	156.45	**6.69**	**0.01**	3.49	* Significativo
Error	12.00	280.70	23.39				
Total	750.05	750.05					
CV = 5.6%							

Posteriormente del análisis de varianza, se dio a realizar la prueba Honest Highly Score in Differences (HSD) de Tukey, con niveles de significancia del 5% (ver la cuadro 2) en la cual apreciamos que aceptar lo expuesto en el análisis de varianza de la variable germinación de plantas de frijol respecto a que existen diferencias entre todos los tratamientos. Los mejores tratamientos que garantiza una buena germinación de las plantas de frijol son Microorganismos eficientes + *Trichoderma harzianum* y Microorganismos eficientes respecto al tratamiento Testigo, sin embargo, no existe diferencia significativa entre Microorganismos eficientes + *Trichoderma harzianum* y Microorganismos eficientes. También se aprecia que el

tratamiento *Trichoderma harzianum* y el Testigo no presentan ninguna diferencia significativa desde el punto de vista estadístico, sin embargo, es válido mencionar que la mejor respuesta en la germinación de plantas de frijol dio fue el tratamiento Microorganismos eficientes + *Trichoderma harzianum*.

Cuadro 2. Prueba Tukey al 5% para la variabilidad de germinación de plantas de frijol.

HSD	**10.16**
Multiplicador	**4.2**
Mse	**23.39**
n	**4**

	MA	T	TCH	MA + TCH
MA		**12.22**	4.72	-1.78
T	-12.22		-7.50	**-14.00**
TCH	-4.72	7.50		-6.50
MA + TCH	1.78	14.00	6.50	

Para una mejor comprensión de las diferencias entre tratamientos, visualizar la figura 17, en donde se esclarece el orden de superioridad de cada tratamiento bajo estudio y el resultado en la variable de estudio, el cual se expresa en porcentaje.

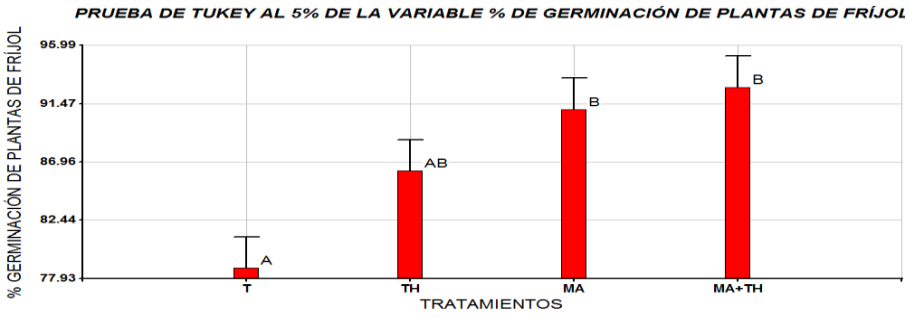


Figura 13. Gráfica de la prueba de Tukey al 5% para la variable germinación de plantas de fríjol.

El tratamiento Microorganismos Eficientes combinado con *Trichoderma harzianum* (MA + TH) durante la primera semana alcanzó en promedio el 93 % de germinación, mientras que el tratamiento Microorganismos Eficientes (ME) logró un 91% de germinación, sin embargo, desde el punto de vista estadístico no existe diferencias entre sí. Por otro lado, el tratamiento *Trichoderma harzianum* (TH) permitió conseguir un 86% de germinación, no obstante, desde el punto estadístico no difiere con los demás tratamientos evaluados.

En consecuencia, estos tratamientos resultaron ser superiores al testigo que solo alcanzó un 79% de germinación.

4.1.2. Evaluación de la altura de planta de frijol

La muestra de evaluación estuvo constituida por diez plantas de arveja por tratamiento, incluidos los testigos, en escala centimétrica. Se realizó análisis de varianza a un nivel de significación del 5% para la variable altura de planta (ver Cuadro 3) teniendo el siguiente resultado, de acuerdo a la regla de decisión si F > F crítico se rechazó la hipótesis de que no hubo igualdad de medias entre los tratamientos bajo estudio. El valor porcentual de cambio de unidades experimentales relacionado con la aplicación de los tratamientos en estudio (coeficiente de variación, valor 6,76%) indica que las medias son representativas, es decir que los datos recolectados están

estandarizados para cada unidad experimental.; En conclusión, se ha implementado un buen control de errores de prueba y un buen soporte.

Cuadro 3. Análisis de la varianza para la variable altura de plantas de frijol.

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Fuente de las variaciones	*Grados de libertad*	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Prob.*	*Valor crítico para F*	*Significancia al 5 %*
Tratamientos	3.00	75.50	25.17	7.84	0.00	3.49	* Significativo
Error	12.00	38.50	3.21				
Total	15.00	114.00					
CV%	6.76						

De otro lado, al encontrar diferencias significativas entre los tratamientos del estudio Se calculó la prueba de diferencia significativa honesta (HSD) de Tukey con un nivel de confianza del 5 % para determinar qué tratamiento del estudio era mejor que los demás. En la cuadro 4 vemos que el tratamiento Microorganismos Eficientes + *Trichoderma harzianum* fue el que mejor influyó en la altura de la planta de frijol; le sigue el tratamiento *Trichoderma harzianum.*

Cuadro 4. Prueba del 5% de Tukey para la variable altura de planta de frijol.

HSD	3.76
Multiplicador	4.2
Msen	3.21
	4

	MA	T	TCH	MA + TCH
MA		-0.25	-0.50	-5.25
T	0.25		-0.25	-5.00
TCH	0.50	0.25		-4.75
MA + TCH	4.75	5.00	4.75	

Para una mejor comprensión de las diferencias entre tratamientos, visualizar la figura 18, en donde se esclarece el orden de superioridad de cada tratamiento bajo estudio y el resultado en la variable de estudio, el cual se expresa en centímetros.

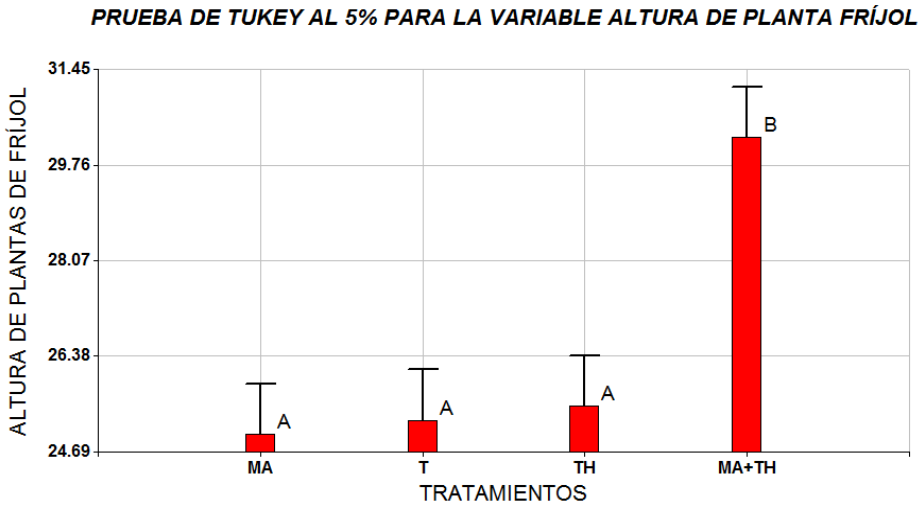


Figura 14. Gráfica de la prueba de Tukey al 5% para la variable altura de plantas de fríjol.

El tratamiento Microorganismos Eficientes combinado con *Trichoderma harzianum* (ME + TH) permitió que las plántulas de

frijol alcanzarán una altura en promedio de 30.25 cm, con lo cual resulta el tratamiento que reporta los mejores resultados; mientras que con el tratamiento *Trichoderma harzianum* (TH) las plántulas de frijol alcanzaron una altura promedio de 25.5 cm. En el caso del tratamiento con Microorganismos Eficientes (ME) las plánulas de frijol alcanzaron en promedio una altura de 25 cm, pero viendo el punto estadístico no existe diferencias entre los tratamientos TH y ME y el testigo.

En consecuencia, estos tratamientos resultaron ser inferiores al tratamiento ME + TH.

4.1.3. Evaluación del área foliar

Para conocer la diferencia entre los promedios de la población de estudio para la variable área foliar de frijol, se realizó análisis de varianza (Cuadro 5) con un nivel de confianza del 5%, encontrando diferencia significativa entre los tratamientos. Investigar. Para llegar a tal conclusión se tomó como regla de decisión, de que si, F > F crítico entonces se acepta que las medias de cada tratamiento no son iguales, por lo tanto, existe diferencias significativas. Debido a estas diferencias, se acepta estadísticamente que las hojas de la planta de guisantes tienen diferentes medidas de área foliar. El coeficiente de variación dado como porcentaje es 5,40%, lo que significa que se ha tenido cuidado en el manejo del experimento.

Cuadro 4. Análisis de la varianza para la variable área foliar.

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Fuente de las variaciones	*Grados de libertad*	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Prob.*	*Valor crítico para F*	*Significancia al 5%*
Tratamientos	3.00	54.69	18.23	11.36	0.00	3.49	* Significativo
Error	12.00	19.25	1.60				
Total	15.00	73.94					
CV%	5.40						

Finalmente, del análisis de varianza, con el fin de comparar cuál los tratamientos experimentales tuvieron un mayor efecto en el crecimiento del área foliar de las plantas de guisantes, y la prueba de diferencia significativa honesta (HSD) de Tukey se realizó con un nivel de confianza de 5% (ver Cuadro 6).

Del análisis se aprecia que de los tratamientos que fueron estudiados, el que mejor sobresalió fue Microorganismos Eficientes + *Trichoderma harzianum*, pero mostró igualdad estadística con el tratamiento *Trichoderma harzianum.* Sin embargo, no existe diferencia estadística entre *Trichoderma harzianum y* Microorganismos Eficientes.

Cuadro 5. Prueba de Tukey al 5% para la variable área foliar.

HSD	2.66
Multiplicador	**4.2**
Msen	**1.60**
	4

	MA	T	TCH	MA + TCH
MA		-1.25	-2.50	-5.00
T	1.25		-1.25	-3.75
TCH	2.50	1.25		-2.50
MA + TCH	2.50	3.75	2.50	

Para una mejor comprensión de las diferencias entre tratamientos, visualizar la figura 19, en donde se esclarece el orden de superioridad de cada tratamiento bajo estudio y el resultado en la variable de estudio, el cual se expresa en centímetros cuadrados.

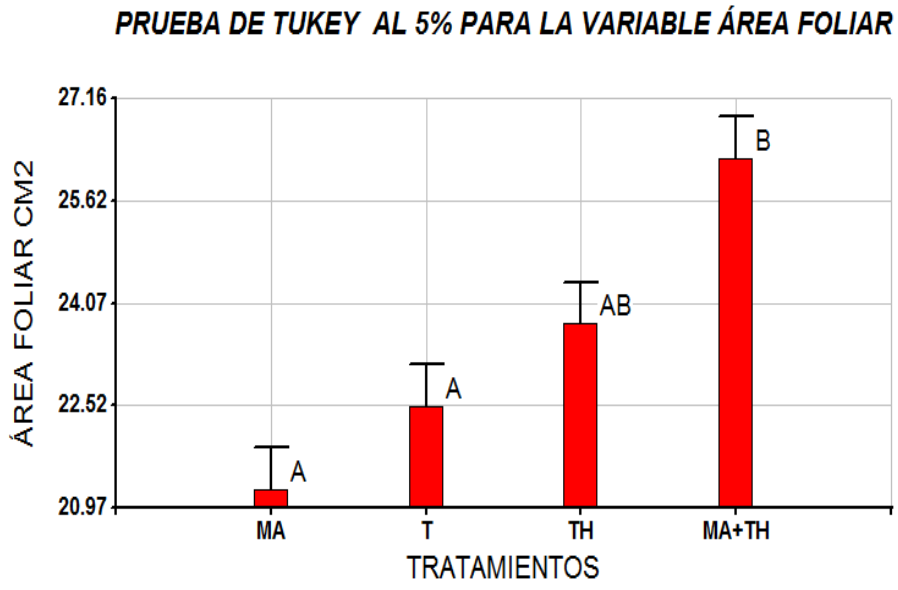


Figura 15. Gráfica de la prueba de Tukey al 5% para la variable área foliar.

La aplicación del tratamiento Microorganismos Eficientes combinado con *Trichoderma harzianum* (ME + TH) permitió que las plántulas de frijol desarrollen en promedio un área foliar de 26.25 cm^2, de otra parte, con el tratamiento *Trichoderma harzianum* (TH) las plántulas de frijol desarrollaron en promedio un área foliar de 23.75 cm^2; sin embargo, estadísticamente no existen diferencias significativas entre sí.

Para el caso del tratamiento con Microorganismos Eficientes (ME) las plánulas de frijol desarrollaron en promedio un área foliar de 21.25 cm^2, pero desde el punto de vista estadístico no existe diferencias con el tratamiento TH.

4.1.4. Profundidad efectiva de la raíz

Para el caso de la elongación de raíz alcanzados en la planta de frijol para evaluar si los tratamientos en estudio tuvieron efecto sobre el desarrollo del niño, se realizó análisis de varianza (ver Cuadro 7) dando como resultado que efectivamente investigación sobre tratamientos que afectan el desarrollo radicular de la planta, en otras palabras, existe diferencias significativas entre los tratamientos de los residentes. Se llegó a tal conclusión tomando en cuenta la regla de decisión, si **F > F crítico**, significa que las medias de cada remedio son desiguales, por lo que sus diferencias están influenciadas por los remedios estudiados. También se estima que el coeficiente de variación

tiene un valor del 15%, lo que nos da confianza de que el experimento se manejó con cuidado, lo que reduce significativamente el error experimental.

Cuadro 6. Análisis de la varianza con un nivel de confiabilidad del 5% para la variable profundidad efectiva de la raíz.

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Fuente de las variaciones	*Grados de libertad*	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Prob.*	*Valor crítico para F*	*Significancia al 5%*
Tratamientos	3.00	76.50	25.50	16.54	0.00	3.49	* Significativo
Error	12.00	18.50	1.54				
Total	15.00	95.00					
CV%	15.05						

Para determinar qué tratamiento de investigación tuvo el mayor efecto sobre el crecimiento de la raíz de guisante, se realizó la prueba de diferencia significativa honesta (HSD) de Tukey con un nivel de confianza de al 5% (ver Cuadro 8).

Cuadro 7. Prueba de Tukey al 5% para la variable profundidad efectiva de la raíz.

HSD	**2.61**
Multiplicador	**4.2**
Msen	**1.54**
	4

	MA	T	TCH	MA + TCH
MA		1.25	-3.25	-4.00
T	-1.25		-4.50	-5.25
TCH	3.25	4.50		-0.75
MA + TCH	0.75	5.25	0.75	

Del análisis se aprecia que, de los tratamientos estudiados, los mejores resultados que reportaron fueron los tratamientos Microorganismos Eficientes + *Trichoderma harzianum y Trichoderma harzianum,* sin embargo, no se detectó estadísticas de que hay una diferencia entre ellos.

Para una mejor comprensión de las diferencias entre tratamientos, visualizar la figura 20, en donde se esclarece el orden de superioridad de cada tratamiento bajo estudio y el resultado en la variable de estudio, el cual se expresa en centímetros.

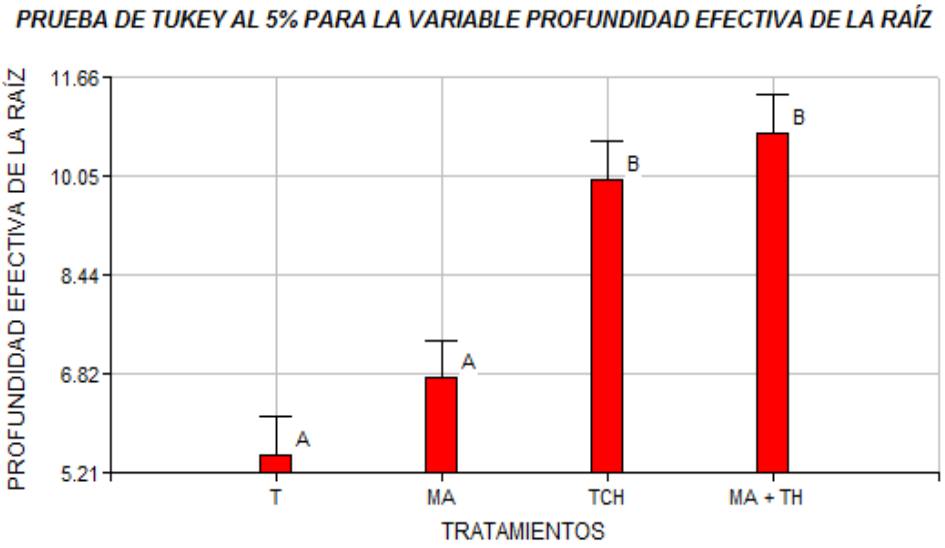


Figura 16. Gráfica de la prueba de Tukey al 5% para la variable altura de raíz de la planta de fríjol.

La aplicación del tratamiento Microorganismos Eficientes combinado con *Trichoderma harzianum* (ME + TH) permitió que las plántulas de frijol desarrollen en promedio una profundidad

efectiva radicular de 11.00 cm, así mismo con el tratamiento *Trichoderma harzianum* (TH) las plántulas de frijol alcanzaron en promedio una profundidad efectiva radicular de 10.00 cm; sin embargo, estadísticamente no existen diferencias significativas entre sí.

Para el caso del tratamiento con Microorganismos Eficientes (ME) las plánulas de frijol desarrollaron en promedio una profundidad efectiva radicular de 7.00 cm, pero desde el punto de vista estadístico no existe diferencias con el testigo.

En consecuencia, los tratamientos ME y T resultaron ser inferiores al tratamiento ME + TH.

4.1.5. Evaluación de la incidencia de enfermedad

Para la evaluación de la enfermedad se tomó en cuenta la gravedad de la enfermedad, es decir la incidencia y severidad de la enfermedad. Estas evaluaciones se realizaron quincenalmente.

Respecto al cálculo de la incidencia, se define como el número de plantas infectadas y expresadas en porcentaje del total de unidades evaluadas. Se recurrió a la siguiente formula:

$$Incidencia\ (I)(\%) = \frac{N°\ de\ plantas\ o\ partes\ de\ plantas}{N°\ total\ de\ plantas\ o\ partes\ evaluadas} * 100$$

Para el caso de la severidad de la enfermedad, se define como

el área o porción del tejido vegetal de las plantas infectadas expresadas en porcentaje del área total del tejido. La fórmula empleada fue la siguiente:

$$Severidad\ (S)(\%) = \frac{Área\ infectada\ de\ la\ planta\ x\ cada\ grado}{Área\ total\ de\ la\ planta\ evaluada\ x\ grado\ mayor} * 100$$

Para establecer el grado la gravedad de la enfermedad, se tomó como referencia la escala de Horsfall y Barratt (1945); que es un sistema utilizado en fitopatología, donde a cada planta se le asigna un valor numérico de acuerdo con el porcentaje de área de hoja que muestra síntomas de la enfermedad y fue diseñado para compensar el error humano en la estimación de la cantidad de enfermedad presente. La escala de medición es la siguiente:

Cuadro 8. Escala de Horsfall y Barrat.

CLASE	SEVERIDAD (%)
1	0
2	0 – 3
3	3 – 6
4	6 – 12
5	12 – 25
6	25 – 50
7	50 – 75
8	75 – 87
9	87 – 94
10	94 – 97
11	100

Fuente: Horsfall, J. G.; Barratt, R. W. (1945), "An Improved Grading System for Measuring Plant Disease", Phytopathology".

Incidencia de la enfermedad

Las evaluaciones se realizaron a nivel foliar, tomando para ello 15 plantas de fríjol. Los resultados de la Cuadro 10 indican que hay diferencia estadística en los tratamientos evaluados (Nótese el valor **F > F crítico**) basta con confirmar que efectivamente hay razón suficiente para reutilizar las hipótesis estadísticas sobre la equivalencia de medias entre los tratamientos estudiados. El valor del coeficiente de variabilidad (15.77%, ver Cuadro 10) indicó que en el material vegetal estudiado hubo una mínima heterogeneidad entre la incidencia de enfermedades en la base de cada tratamiento evaluado, lo que garantiza la confiabilidad con la que se realizó el ensayo.

Cuadro 9. Análisis de la varianza al 5% para la variable incidencia de la enfermedad.

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Fuente de las variaciones	*Grados de libertad*	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Prob.*	*Valor crítico para F*	*Significancia al 5%*
Tratamientos	3.00	3822.16	1274.05	29.06	0.00	3.49	* Significativo
Error	12.00	526.20	43.85				
Total	15.00	4348.36					
CV%	15.77						

Sin embargo, el análisis de varianza no precisa que tratamiento resulto superior respecto al resto, por consiguiente, se realizó la

prueba Diferencia Significativa Honesta (HSD) de Tukey con un nivel de confianza al 5% a fin de precisar cuál de los tratamientos tuvo mayor significancia en la incidencia patógena de la planta de fríjol.

Cuadro 10. Prueba de Tukey al 5% para la variable incidencia de enfermedad del fríjol.

HSD	**13.91**
Multiplicador	**4.2**
Msen	**43.85**
	4

	MA	T	TCH	MA + TCH
MA		-32.57	-4.13	8.64
T	32.57		28.43	41.21
TCH	4.13	-28.43		12.78
MA + TCH	-12.78	-41.21	-12.78	

Del Cuadro 11 se aprecia que, entre los tratamientos en estudio, no existe diferencia entre sus medias, por tanto, todos fueron superiores desde el punto de vista estadístico respecto al testigo.

Para una mejor comprensión de la homogeneidad entre las medias de los tratamientos, visualizar la figura 21, en donde se esclarece la homogeneidad de cada tratamiento bajo estudio (sin embargo, nótese que existe superioridad de los tratamientos en base a lo observado en las parcelas) y el resultado en la variable de estudio, el cual se expresa en porcentajes.

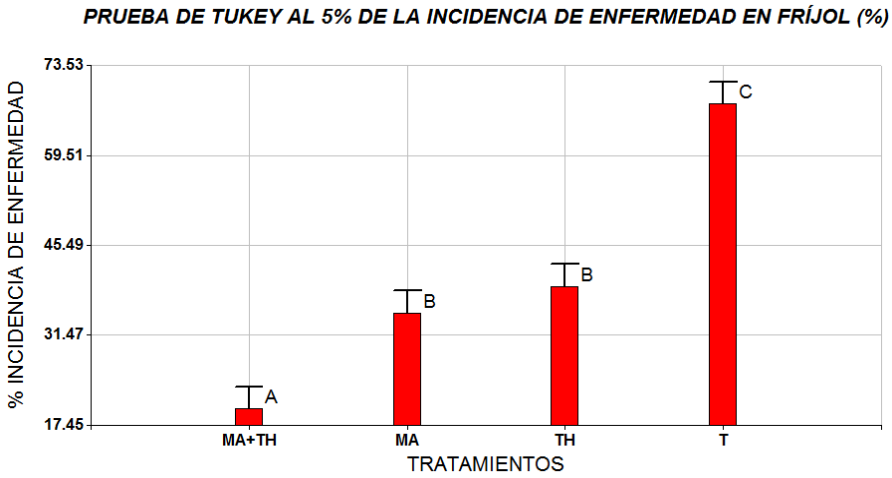


Figura 17. Gráfica de la prueba de Tukey al 5% para la variable incidencia de la enfermedad en la planta de fríjol.

Las diferencias existentes en la reducción de la incidencia de enfermedad, se debió principalmente a la aplicación del tratamiento Microorganismos Eficientes combinado con *Trichoderma harzianum* (ME + TH), debido a que este tratamiento logró que solo el 20% de la población de plantas de frijol fueran afectados con el patógeno, mientras que el tratamiento con Microorganismos Eficientes (ME) logró la protección de un 65.03% en la población de frijol (el 34.97% infectadas con el patógeno).

De otro lado, el tratamiento *Trichoderma harzianum* (TH) reportó ataques del patógeno en un 39.10% de la población de frijol; sin embargo, estadísticamente no existen diferencias significativas entre los tratamientos ME y TH.

Para el caso del testigo, las plántulas de frijol sufrieron ataques por un valor porcentual del 68% a consecuencia del patógeno en

la población de frijol. En consecuencia, los tratamientos ME y T resultaron ser inferiores al tratamiento ME + TH.

Severidad de la enfermedad

Para evidenciar los métodos bajo estudio tuvieron dominio en la severidad de la enfermedad, se acudió al análisis de varianza.

Los resultados del análisis de varianza de la Tabla 12 indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en estudio (el valor **F > F crítico**). De otra manera, se observa un coeficiente de varianza de 4.12% que indica que el experimento se realizó con un buen cuidado, por lo tanto, existe la confiabilidad acerca de las conclusiones que se pueden inferir del análisis de los datos en estudio. Cabe posteriormente determinar las diferencias entre el testigo y los demás tratamientos con el fin de encontrar cuál de todos los tratamientos mostro la mayor superioridad respecto a la disminución de la severidad de la enfermedad de frijol.

Cuadro 11. Análisis de la varianza al 5% para la variable severidad de la enfermedad en el cultivo de fríjol.

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Fuente de las variaciones	*Grados de libertad*	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Prob.*	*Valor crítico para F*	*Significancia al 5%*
Tratamientos	3.00	6.19	2.06	33.00	0.00	3.49	* Significativo
Error	12.00	0.75	0.06				
Total	15.00	6.94					
CV%	4.12						

En el Cuadro 13, mediante la prueba Tukey al 5% de significancia se puede precisar la existencia de diferencias estadísticas en los tratamientos estudiados.

Cuadro 12. Prueba Tukey al 5% para la variable severidad de la enfermedad en la planta de fríjol.

HSD	**0.53**
Multiplicador	**4.2**
Msen	**0.06**
	4

	MA	T	TCH	MA + TCH
MA		-1.00	0.00	0.75
T	1.00		1.00	1.75
TCH	0.00	-1.00		0.75
MA + TCH	-0.75	-1.75	-0.75	

Los tratamientos que registraron un promedio mínimo en la severidad de la enfermedad fueron Microorganismos Eficientes + *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma harzianum*. Sin embargo, entre los tratamientos restantes no hubo ninguna diferencia estadística. Para una mejor comprensión de la prueba Tukey y los resultados de las medias de los tratamientos, visualizar la figura 22, cuyos resultados se expresan en una escala numérica.

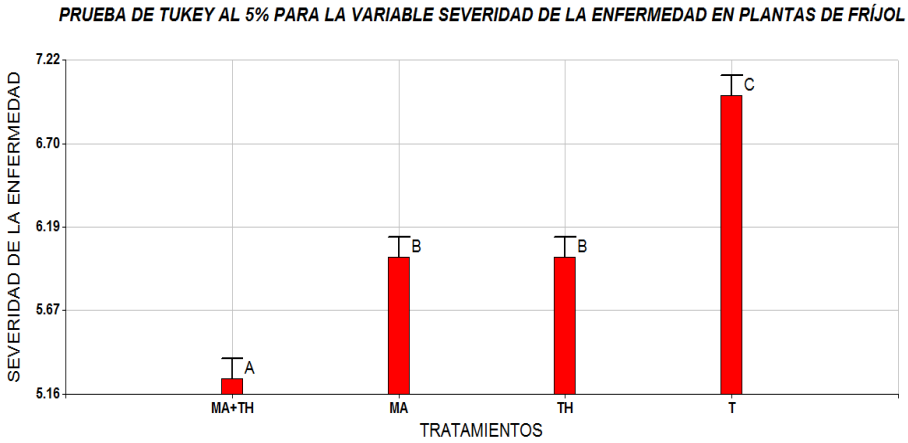


Figura 18. Gráfica de la prueba de Tukey al 5% para la variable severidad de la enfermedad en la planta de fríjol.

Las diferencias existentes en la reducción de la severidad de enfermedad, se debió principalmente a la aplicación del tratamiento Microorganismos Eficientes combinado con *Trichoderma harzianum* (ME + TH), debido a que este tratamiento reporta que solo un 5% del área foliar muestra síntomas de la enfermedad, mientras que para el caso de los tratamiento Microorganismos Eficientes (ME) y *Trichoderma harzianum* (TH) el porcentaje del área foliar que mostró los síntomas de la enfermedad fue del 6%, no mostrando diferencias estadísticas entre sí.

En consecuencia, los tratamientos ME y TH resultaron ser inferiores al tratamiento ME + TH.

4.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS PATOLÓGICO

Con los análisis de laboratorio analizado las muestras de suelo (ver Anexo 1), confirmó que existe varios tipos de enfermedades como

muestra en los anexos, por consiguiente, podemos afirmar que los signos mostrados en los tejidos vegetales del cultivo de frijol se debieron a la presencia de estas enfermedades fungosas, en especial del *Fusarium oxysporum*.

4.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MICROBIOLOGÍA

El análisis se realiza sobre soluciones madre de microorganismos viables, aplicado al cultivo de fríjol, mostró la realidad de los siguientes microorganismos (ver Anexo 2):

- En el análisis realizado se encontró *Bacillus sp.* en la proporción de 600 Unidades Formadoras de Colonias por cada mililitro de solución madre de Microorganismos Eficientes.
- En el análisis realizado se determinó que la proporción de *Lactobacillus sp.* fue mayor a 34×10^7 Unidades Formadoras de Colonia por cada gramo de solución madre de Microorganismos Eficientes.
- En cuanto a las Bacterias fijadoras de vida libre, el análisis reporto una densidad población microbiana estimada total de 200 organismos por cada gramo de solución madre de microorganismos eficientes.

CONCLUSIONES

Se concluye que los resultados obtenidos bajo condiciones experimentales en este estudio es la siguiente:

- Se utilizó el *Trichordema harzianum* como antagonista del fusarium (*Fusarium spp*.) en la fase vegetativa del cultivo de frijol, fue eficaz en el control de la enfermedad ubicándolo en el tercer lugar entre los tratamientos evaluados.
- Para el caso del tratamiento con Microorganismos Eficientes, se determinó que la dosis empleada redujo el ataque de la enfermedad en el cultivo de frijol, siendo el segundo tratamiento más eficaz ante el Fusarium.
- Por otro lado, el tratamiento combinado entre Microorganismos Eficientes y *Trichoderma harzianum* redujo considerablemente la manifestación de las enfermedades resultando el tratamiento con mayor eficacia en el control del Fusarium.

De manera general, se afirma que los tratamientos evaluados como antagonistas del Fusarium resultaron eficaces, por tanto, resulta viable considerarlos como alternativa de control en la lucha contra este patógeno.

RECOMENDACIONES

- En base a los resultados obtenidos, se recomienda a los productores del cultivo de frijol en aislar y propagar bacterias y hongos antagonistas a fin de establecer una alternativa promisoria en el control biológico y además incrementar el rendimiento de sus cultivos agrícolas.

- Se recomienda en ese sentido a los profesionales de la Escuela Profesional de Agronomía deben orientar sus esfuerzos para seleccionar un mayor número de especies antagonistas para aprovechar su potencialidad y lograr la mayor efectividad en condiciones de campo abierto.

BIBLIOGRAFÍA

Abawi, G. S. (1989). *Root rots. In: Schwartz, H. F., and M. A. Pastor-Corrales (eds.). Bean production problems in the tropics*. 2ª edición. Cali – Colombia: CIAT (Centro Internacional de AgriculturaTropical).

Agrios, G. (1996). *Fitopatología*. 2ª edición. México: Limusa.

Agrios, G. (1997). *Plant Pathology*. San Diego, USA. Academics. 4ta ed. 635p.

Alexopoulos, C., Mims, C.; Blackwell, M. (1996). Introductory mycology. John Wiley and Sons. 4ta Ed. USA. 869p.

Armentrout, C. (1988). Population assessment of Fusarium spp. in soil. In: A.B.A.M. Baudin (ed.). Laboratory Exercises in Plant Pathology: an Intructional Kit. APS. Minesota, USA. pp 13.1-13.4

Astudillo, M. C.; Blanco, B. (1999). Establecimiento de los parámetros de producción semi – industrial del hongo T. harzianum, utilizado en control biológico. Tesis de pregrado para optar el título de Ingeniero Químico. Pontificia Universidad Javeriana.

Barnett, H. (1972). Antagonistic Properties of Species-Groups of Trichoderma. Production of Non-Volatile Antibiotics. Mycological Society, (57):pp. 25-39

Beckman, C.; Roberts, E. (1995). On the nature and generic basis for resistance and tolerance to wilt diseases of plants. Advanced Botanical Research 24(3): pp. 35-77.

Benítez, T.; Rincón, A.; Limon, C.; Codón, A. (2004). Review: Biocontrol mechanism of Trichoderma strains. Intern. Microb. 7: pp. 249 - 260.

Beckman, C. and E. Roberts. 1995. On the nature and generic basis for resistance and tolerance to wilt diseases of plants. Advanced Botanical Research 24(3): pp. 35-77

Campos, A. J. (1987). *Enfermedades del Frijol*. México: Trillas.

Carrillo, L. (1999). *Fusarium. In: Los hongos de los alimentos y forrajes*. Universidad Nacional de Salta.

CIAT. (1983). *Etapas de Desarrollo de la planta de Frijol Común (Phaseolus vulgaris L)*. Cali – Colombia: Serie 04SB-09-03.

CIAT. (1984). *Morfología de la planta de frijol (Phaseolus vulgaris* L.). Cali – Colombia.

Corporación Educativa para el Desarrollo Costarrisence. (2005). *Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos*. San José - Costa Rica: CEDECO.

Cullison, W. (2003). *Fusarium soil microbiology*. Departament of Crop and Soil Environmental Sciences.

Cruz Martínez, Lina. (2007). *Estandarización del proceso de producción masiva del hongo Trichoderma koningii mediante fermentación bifásica a escala piloto.* Trabajo de grado para obtener el título de Microbióloga Industrial. Pontificia Universidad Javeriana: Bogotá – Colombia.

Debouck, D. G. (1986). La búsqueda de diversidad genética de Phaseolus en los tres Centros Americanos como servicio al fitomejoramiento del cultivo. Colombia: CIAT – Seminarios Internos.

Dikinson, M. (1987). *Characterization of a Chitinase and an Endo-ß-1,3-Glucanase from Trichoderma Harzianum Rifai T24 Involved in Control of the phytopathogen Sclerotium rolfsii*, Appl. Microbiol. Biotechnol. (56): pp. 137-143.

Domsch, K.; Anderson, W.; Yersoon, T. H. (1980). *Compendium of soil fungi; Revision of the genus Trichoderma.* Academic Press. London.

Espinoza, E. (1990). *Manejo del Cultivo de Frijol*. Lima – Perú.

Efectividad de Trichoderma spp. en el control biológico de patógenos fúngicos de la semilla de Phaseolus vulgaris L. "frijol común", en invernadero. https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19520/1/19201097.pdf

Fernandéz, Orietta; Larrea, Vega. (2001). *Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario*. Costa Rica: CATIE

Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. (s.f.) *Daños por roya al frijol.* Consultado el 26 de abril del 2015 de: http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=1541

Guigón Lopez, César.; Guerrero Prieto, Victor.; Vargas Albores, Francisco.; Carvajal Millan, Elizabeth.; Ávila Quezada, Graciela. (2010). Revista mexicana de fitopatología: *Identificación molecular de cepas nativas de Trichoderma spp., su tasa de crecimiento in vitro y antagonismo contra hongos fitopatógenos.*

Granda, Darwin.; Pérez, Jesús.; Galtán, Thelma.; Iglesias, Raúl. (2013). *Guía de manejo de microorganismos eficientes*. Managua - Nicaragua: IICA - DICTA.

Haglund, W.; Kraft, J. (2001). *Fusarium wilt. p. 14-16. In: Kraft, J.M. and Pfleger, F.L. (eds.). Compendium of pea diseases and pests*. Minnesota – USA: The American Phytopatological Society Press.

Harman, G. E.; Lorito, M.; Lynch, J. M. (2004). *Uses of Trichoderma spp. to aleviate o remediate soil and water pollution. Adv. Applied Microb*. 56: pp. 313 - 320.

Harman, G. E.; Chet, I.; Baker, K. (2001). *Factors affecting Trichoderma hamatum applied to seed of biocontrol agent.* Phytopatology. Vol 71: pp. 579 – 582.

Higa, T. (1997). *Effective microorganisms - A holistic technology for humankind*. In International Conference on Kyusei Nature Farming (5, 1997, Bankok,TH).

Horsfall, J. G.; Barratt, R. W. (1945). *An Improved Grading System for Measuring Plant Disease", Phytopathology*. USA.

ICCA. (s.f.). *Guía de identificación y manejo integrado de enfermedades del frijol en América Central*. RED SICTA. Consultado el 25 de Abril del 2015 de: http://observatorioredsicta.info/sites/default/files/docplublicaciones/enfermedades_frijol.pdf

INIA. (s.f.). *Producción de hongos entomopatógenos.* Centro de Investigación Regional: Quilamapu – Chile.

INIA. (s.f.). *Agronomía Tropical: Una nueva forma de fusarium.* Venezuela.

Influencia del hongo Trichoderma harzianum en la producción de plantas de café (coffea. Arabicavar. Laurina, caturra)

http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2103/1/T026_46695337_T.pdf

Larrinaga, L.; Coronado, M. (1999). *Actividad metabólica de cepas de Trichoderma spp. para el control de hongos fitopatógenos*. La Habana – Cuba.

Lecuona, R. E. (1996). *Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Argentina.*

Leslie, J. F.; Summerell, B. A. (2006). *The Fusarium Laboratory Manual*. *Blackwell Publishing, Ames, IA, EEUU. 388 pp*

Marechal, R. (1988). *Las leguminosas. Aspectos Botánicos en curso internacional de leguminosas de grano*. España: Instituto Mediterráneo de Zaragoza.

Moore, E. (1996). *Fundamentals of the Fungi.* Fourth edition. Prentice Hall: Nueva York.

Obregón, M. (2000). *Estudio preliminar para evaluar las posibles aplicaciones del lactosuero en la agricultura.* San José - Costa Rica: Tomado de Revista TECNIA. Setiembre y Octubre del 2000, volumen #1. INA.

Paulitz, T.; Belanger, R. (2001). *Biological control in greenhouse systems*. Annual Review of Phytopathology. (USA) (39): pp. 103-133

Persoon. (s.f.). *Trichoderma.* Consultado el 24 de Abril del 2015 de: http://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/keys/frameGenusOverview.cfm?gen=Trichoderma

Porras, A. (2000). *Evaluación de la actividad in vitro del género Hypocrea contra dos hongos fitopatógenos de importancia agrícola Fusarium sp. y*

Miscena citricolor. Tesis de grado Ingenieria Biotecnológica. Costa rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Biología.

PDC – Abancay. (2013). Plan de desarrollo concertado de la municipalidad provincial de Abancay 2003 – 2013.

Quiroz A, Albertin, Blázquez A., M. (2004). *Elabore sus propios abonos insecticidas y repelentes orgánicos*. Costa Rica: Organización de Estudios Tropicales, Instituto Nacional de Aprendizaje. AVINA.

Stefanova, M. (1998). Producción y aplicación de Trichoderma spp. como antagonista de hongos fitopatógenos. La Habana – Cuba.

Recharte, Pineda David. Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill) en San Gabriel – Abancay. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes.

Respuesta de los antagonistas Trichoderma harzianum, tricho D y el bioestimulante orgabiol en el cultivo de coliflor (brassica oleracea var. botrytis) en el distrito de Yanahuanca.

http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2349/1/T026_46343376_T.pdf

Subramanian, C. (1983). *Hyphomycetes taxonomy and Biology*. London, Inglaterra. Academic Press. 502p

Valladolid, CH.A. (1993). *El Cultivo de Frijol (Phaseolus vulgaris L) en la Costa Central del Perú.* Lima – Perú: INIA.

Vásquez Soto, German. (2014). *Control biológico de plagas agricolas.* Lima – Perú: INIA.

Vera Román, Elizabeth. (2013). *Identificación morfológica y molecular de especies de Fusarium en plantas de noche buena.* Secretaria de Educación Pública: México.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis de fitopatológico de los cultivos instalados en la parcela en estudio.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Clínica de Diagnosis de Fitopatología y Nematología

Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 056 L-12
Telefax: 349-6631 Nextel: 416*9694
e-mail: clinica@lamolina.edu.pe

La Molina, 09 de Diciembre de 2014
FI-AF 421-2014 LAC 227
JFT 387

Sr.
David Carlos Recharte Pineda
Apurimac
Presente.-

De mi consideración:

El resultado del análisis fitopatológico de una muestra de planta de tomate var. Río Grande, con síntomas de necrosis de hojas basales; necrosis y decoloración vascular de cuello de planta, procedente de Abancay; Apurimac (agricultor Miguel Camacho), es el siguiente:

1. **ANÁLISIS DEL TEJIDO.**

METODO	RESULTADO
Medio PDAA raíces	*Fusarium oxysporum* *Rhizoctonia solani* *Trichoderma sp.*
Medio PARB raíces	Negativo
Medio Agar Nutritivo tallo	*Pectobacterium carotovorum*
Medio PDAA tallo	*Fusarium oxysporum*

2. **DIAGNÓSTICO.**
En la muestra remitida por ustedes se ha detectado la presencia de *Fusarium oxysporum*, el cual está reportado como agente causal de la necrosis en los haces vasculares.

3. **RECOMENDACIONES**

El manejo de *Fusarium oxysporum* es de tipo preventivo. Se requiere reducir el potencial de inóculo existente en el suelo a través de prácticas culturales, como la incorporación de materia orgánica, inoculación de antagonistas como *Trichoderma harzianum*. Adicionalmente es preferible el uso de cultivares con resistencia genética.

Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnosis está a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

Mg. Sc. Liliana Aragón Caballero
COORDINADORA
CLINICA DE DIAGNOSIS

LAC/hmg
c.c. Archivo

Fuente: Recharte, 2015.

Anexo 2. Análisis de microbiología para la solución madre de microorganismos eficientes.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274

INFORME DE ENSAYO Nº 1504193 - LMT

SOLICITANTE : **DAVID RECHARTE PINEDA**
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO
MUESTRA : **BIOL**
1504193) FERMENTO ORGÁNICO

PROCEDENCIA : Apurimac
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2015 - 04 - 15
FECHA DE RECEPCIÓN : 2015 - 04 - 17
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2015 - 04 - 17
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2015 - 05 - 04

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1504193
[1]Recuento de aerobios mesófilos viables (UFC/g)	25×10^6
[1]Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	< 10
[2]Recuento de *Bacillus sp.* (UFC/mL)	60 x 10
[2]Recuento de actinomicetos (UFC/g)	< 100
[2]Enumeración de *Pseudomonas* sp. (NMP/g)	< 3
[3]Enumeración de bacterias fijadoras de vida libre (NMP/g)	20 x 10
[1]Recuento de *Lactobacillus sp* (UFC/g)	$> 34 \times 10^7$

NOTA: Los valores < 3, < 10 y < 100 indica ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:
[1]International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.
[2]American Public Health Association. 1992. Compendium of methods for the Microbiological Examination of foods. 3rd Ed. Chapter 13.
[3]Zapater J. 1975. Evaluación en el maíz del coeficiente rizósfera–suelo (R/S) referidos a bacterias libres fijadoras de N_2. Anales científicos de la UNALM 13:45-57.

Observaciones:
Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.
Validez del documento:
Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 07 de mayo de 2015

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA
Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina
Teléfono: 6147800 anexo 274
E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"
(511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU

Fuente: Recharte, 2015.

Anexo 3. Mapa de ubicación política.

Fuente: PDC-Abancay (2013).

Anexo 4. Fotos de fusarium.

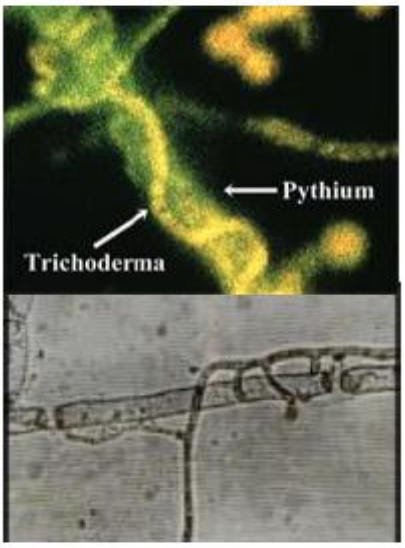


Figura 19. *Trichoderma parasitando pythium*.

Fuente: Control biológico de plagas agrícolas (2014).

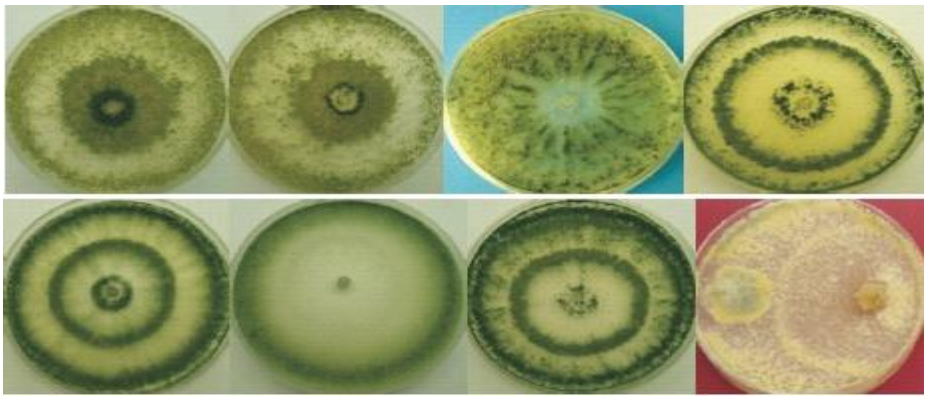


Figura 20. Crecimiento de cepas de Trichoderma.

Fuente: Revista mexicana de fitopatología (2014).

Figura 21. Fusarium spp.

Fuente: http://www.dehs.umn.edu/iaq_fib_fg_gloss_fusariumsp_photo1.htm

(2014)

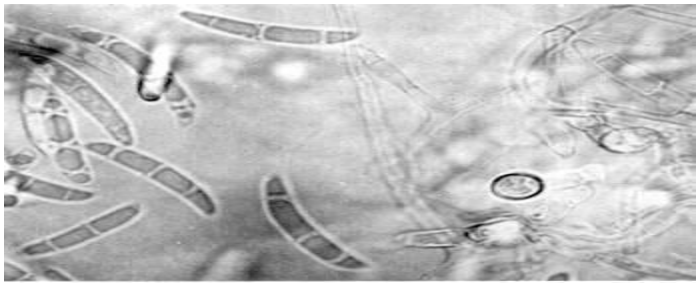


Figura 22. Macroconidias y clamidosporas de Fusarium.

Fuente: INIA – Venezuela (s.f).

Anexo 5 Ficha de Registro

TRATAMIENTO 1								
OBSERVACION	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8
AREA FOLIAR								
ALTURA DE LA PLANTA								
PROFUNDIDAD DE LA RAIZ								
SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD								
ALCANSES								

TRATAMIENTO 2								
OBSERVACION	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8
AREA FOLIAR								
ALTURA DE LA PLANTA								
PROFUNDIDAD DE LA RAIZ								
SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD								
ALCANSES								

TRATAMIENTO 3								
OBSERVACION	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8
AREA FOLIAR								
ALTURA DE LA PLANTA								
PROFUNDIDAD DE LA RAIZ								
SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD								
ALCANSES								

TRATAMIENTO 4								
OBSERVACION	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8
AREA FOLIAR								
ALTURA DE LA PLANTA								
PROFUNDIDAD DE LA RAIZ								
SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD								
ALCANSES								

Fotografía 1. Preparación del sustrato.

Fotografía 2. Siembra del cultivo de fríjol.

Fotografía 3. Germinación de las plantas de fríjol.

Fotografía 4. Dosificación de los tratamientos en estudio.

Fotografía 5. Aplicación de *Trichoderma harzianum*.

Fotografía 6. Plántula de fríjol mostrando sintomas de la enfermedad.

Fotografía 6. Labores de limpieza en el cultivo de fríjol.

Fotografía 7. Sintomatología por enfermedades fungosas.

Fotografía 8. Dosificación de los tratamientos.

Fotografía 9. Comparación de los tratamientos en estudio.

Matriz de operacionalización de variables

Tabla 13. Matriz de operacionalización de variables.

Variables de estudio	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Trichoderma	Trichoderma	Dosis en mililitros de Trichoderma por planta.	De razón.
Microorganismos eficientes	Microorganismos eficientes	Dosis en mililitros de microorganismos eficientes por planta.	De razón.
Frijol	Germinación	Porcentaje de germinación.	De razón.
	Altura de planta	Altura por cada planta.	De razón.
	Área foliar	Área foliar por cada planta.	De razón.
	Profundidad efectiva raíz	Profundidad efectiva de raíz por cada planta.	De razón.
	Incidencia de enfermedad	Incidencia de enfermedad por cada planta.	De razón.

Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Dimensiones
¿Cómo es la eficacia del Trichoderma harzianum y los microorganismos eficientes como antagonistas del fusarium (Fusarium spp) en la fase vegetativa del cultivo de frijol?	Evaluar la eficacia de Trichoderma (Trichoderma harzianum) y microorganismos eficientes como antagonistas del fusarium (Fusarium spp.) en la fase vegetativa del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedad Canario, distrito de Abancay – Apurímac.	La eficacia del Trichoderma harzianum y los microorganismos eficientes como antagonistas del fusarium (Fusarium spp) en la fase vegetativa del cultivo de frijo son significativos.	Trichoderma. Microorganismos eficientes Frijol	– Trichoderma. – Microorganismos eficientes. – Germinación. – Altura de planta. – Área foliar. – Profundidad efectiva de raíz. – Incidencia de enfermedad.

.

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
¿Cómo es la eficacia del Trichoderma harzianum como antagonista del Fusarium spp. en la fase vegetativa del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedad Canario?	Evaluar la eficacia del Trichoderma harzianum como antagonista del Fusarium spp. en la fase vegetativa del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedad Canario.	La eficacia del Trichoderma harzianum como antagonista del Fusarium spp. en la fase vegetativa del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedad Canario son significativos.La eficacia de los microorganismos eficientes como antagonista del Fusarium spp. en la fase vegetativa del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedad Canario son significativos.La eficacia de la acción combinada de Trichoderma harzianum y los microorganismos eficientes como antagonista del
¿Cómo es la eficacia de los microorganismos eficientes como antagonista del Fusarium spp. en la fase vegetativa del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedad Canario?	Evaluar la eficacia de los microorganismos eficientes como antagonista del Fusarium spp. en la fase vegetativa del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedad Canario.	
¿Cómo es la eficacia de la acción combinada de Trichoderma harzianum y los microorganismos eficientes como antagonista del Fusarium spp. en la fase vegetativa del	Evaluar la eficacia de la acción combinada de Trichoderma harzianum y los microorganismos eficientes como antagonista del Fusarium spp. en la fase	

cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedad Canario?	vegetativa del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedad Canario.	Fusarium spp. en la fase vegetativa del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.).