

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS:**

**Aislamiento y caracterización de *Trichoderma* spp. nativos para el control de *Rhizoctonia* sp. en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.),  
Ayacucho - 2025**

Para optar el título profesional de:  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR:  
**Bach. Miguel Angel MENDOZA GOMEZ**

ASESORA:  
**M.Sc. Angela Juana REQUIS QUINTANILLA**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

## Dedicatoria

*A mi madre querida Isabel Gomez Bellido,  
por ser símbolo de esfuerzo, dedicación,  
amor y resiliencia hacia sus hijos.*

*A mis seres queridos que ya no están físicamente  
conmigo mi padre Miguel Mendoza Taboada y  
mi primo Faimer Mendoza Gomez.*

*A mis hermanas Meliza, Joselyn y Yaquelin,  
por ser mi inspiración para salir adelante.*

*A mis sobrinas Qori y Camila, a mis tíos,  
Emiliano, Efraín y Alejandra a mis primos  
Rosalinda y Jhack, por su apoyo incondicional.*

*A mis amigos; Wiliam, Angel, Cristina,  
Simón, Cristhian y Roy, por todas las  
experiencias compartidas.*

## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a la carrera de Agronomía por haberme acogido en sus ambientes todos estos años.

A la M.Sc. Angela Juana Requis Quintanilla responsable del Laboratorio de Fitopatología, Agronomía – UNSCH, por su apoyo incondicional.

Al Ph.D. Germán De la Cruz Lapa responsable del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal, Agronomía – UNSCH por permitirme usar sus equipos del laboratorio.

A mis compañeros del Laboratorio de Fitopatología, Agronomía – UNSCH.

## Resumen

*Rhizoctonia* sp. es uno de los hongos causantes de la chupadera fungosa en el frijol, provocando laceraciones y heridas en el cuello de la planta con posterior muerte, el objetivo planteado para este trabajo fue controlar la *Rhizoctonia* sp. con *Trichoderma* spp. nativos, para lo cual se colectaron muestras de suelo de 3 localidades de la provincia de Vilcas Huamán; Pacchapampa, Witco y Estanciapata. A nivel *in vitro*, en la prueba de competencia dual se determinó el Porcentaje de Inhibición del Crecimiento Radial (PICR), en la prueba de micoparasitismo se determinó el porcentaje de parasitismo, para el análisis de estos datos, se uso un Diseño Completo al Azar (DCA) con 5 tratamientos, 1 testigo y 5 repeticiones para cada prueba. Para la prueba de control en semillas y plántulas de frijol, se evaluó el porcentaje de germinación, emergencia e incidencia, para el análisis de estos datos, se uso un Diseño Completo al Azar (DCA) con 11 tratamientos, 1 testigo y 3 repeticiones. Se logró aislar 18 cepas de *Trichoderma* spp. nativos, teniendo en cuenta las características macroscópicas y microscópicas se formaron 5 grupos, se tomó una cepa de cada grupo para realizar las pruebas *in vitro* e *in vivo*. En la prueba de competencia dual los tratamientos T2 y T5 fueron los más efectivos con un PICR de 15.6 % y 15.1% respectivamente, en la prueba de micoparasitismo los tratamientos más efectivos fueron T5, T2 y T1 con 100%, 100% y 96% de parasitismo respectivamente. En la prueba de control en semillas y plántulas de frijol, la cepa ETC16 del grupo 5 de *Trichoderma* spp. nativos, fue la más efectiva en las evaluaciones del porcentaje de germinación, emergencia e incidencia.

**Palabras claves:** *Trichoderma* spp. nativos, *Rhizoctonia* sp., competencia dual, micoparasitismo, germinación, emergencia, incidencia.

## Abstract

*Rhizoctonia* sp. is one of the fungi that causes damping-off in beans, resulting in lacerations and wounds at the base of the plant, leading to its death. The objective of this study was to control *Rhizoctonia* sp. with native *Trichoderma* spp. Soil samples were collected from three locations in the province of Vilcas Huamán: Pacchapampa, Witco, and Estanciapata. In vitro, the Radial Growth Inhibition Percentage (RGI) was calculated in the dual competition test, and the percentage of parasitism was calculated in the mycoparasitism test. A Completely Randomized Design (CRD) with five treatments, one control, and five replicates for each test was used for data analysis. For the control trial in bean seeds and seedlings, germination, emergence, and incidence percentages were evaluated. A completely randomized design (CRD) with 11 treatments, 1 control, and 3 replicates was used to analyze these data. Eighteen native *Trichoderma* spp. strains were isolated. Based on macroscopic and microscopic characteristics, five groups were formed, and one strain from each group was selected for in vitro and in vivo testing. In the dual competition test, treatments T2 and T5 were the most effective, with a germination percentage of 15.6% and 15.1%, respectively. In the mycoparasitism test, the most effective treatments were T5, T2, and T1, with 100%, 100%, and 96% parasitism, respectively. In the control trial in bean seeds and seedlings, strain ETC16 from group 5 of *Trichoderma* spp. native, was the most effective in the evaluations of germination percentage, emergence and incidence.

**Keywords:** *Trichoderma* spp. natives, *Rhizoctonia* sp., dual competition, mycoparasitism, germination, emergence, incidence.

## Índice general

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Resumen .....	iv
Abstract .....	v
Índice general.....	vi
Índice de tablas .....	xii
Índice de figuras .....	xiii
Índice de anexos.....	xv
Introducción.....	1
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
Capítulo I.....	3
Marco teórico .....	3
<b>1.1.    Antecedentes .....</b>	<b>3</b>
<i>1.1.1.    A nivel internacional .....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2.    A nivel nacional .....</i>	<i>5</i>
<b>1.2.    El cultivo del frijol.....</b>	<b>7</b>
<i>1.2.1.    Origen.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2.    Taxonomía .....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3.    Importancia del cultivo del frijol.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.4.    Morfología del frijol .....</i>	<i>9</i>
Raíz.....	9
Tallos.....	9

Hojas.....	10
Inflorescencia.....	10
Flor. ....	10
Fruto. ....	11
Semilla.....	12
<b>1.2.5. Manejo agronómico .....</b>	<b>12</b>
Preparación del suelo.....	12
Siembra.....	12
Fertilización.....	13
Riego.....	13
Deshierbo.....	13
Cosecha.....	13
<b>1.2.6. Frijol canario .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3. Chupadera fungosa .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3.1. Sintomatología .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3.2. Otros hongos causantes de la chupadera fungosa. ....</b>	<b>15</b>
<i>Fusarium</i> sp.....	15
<i>Pythium</i> sp. ....	15
<i>Sclerotium</i> sp. ....	15
<b>1.4. Rhizoctonia sp. ....</b>	<b>15</b>
<b>1.4.1. Taxonomía .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4.2. Características de la colonia de Rhizoctonia sp. ....</b>	<b>16</b>
<b>1.4.3. Características microscópicas de Rhizoctonia sp. ....</b>	<b>17</b>
<b>1.5. Trichoderma spp. ....</b>	<b>17</b>
<b>1.5.1. Taxonomía .....</b>	<b>18</b>
<b>1.5.2. Características macroscópicas de Trichoderma spp. ....</b>	<b>18</b>

Colonias.....	18
<b>1.5.3. Características microscópicas de <i>Trichoderma</i> spp.</b> .....	19
Hifas - Micelio.....	20
Conidióforos. ....	20
Conidios.....	20
Fiálides. ....	20
Clamidosporas. ....	20
<b>1.5.4. Mecanismos de acción de <i>Trichoderma</i> spp.</b> .....	20
Competencia. ....	20
Micoparasitismo. ....	21
Antibiosis.....	21
Competencia dual. ....	21
<b>1.5.5. Principales especies de <i>Trichoderma</i></b> .....	21
<i>Trichoderma harzianum</i> .....	21
<i>Trichoderma viride</i> .....	21
<i>Trichoderma asperellum</i> .....	21
<i>Trichoderma virens</i> .....	22
<b>1.6. Marco conceptual</b> .....	22
<b>1.6.1. Aislamiento de hongos</b> .....	22
<b>1.6.2. Siembra de hongos</b> .....	22
<b>1.6.3. Purificación</b> .....	22
<b>1.6.4. Antagonismo</b> .....	23
<b>Capítulo II</b> .....	24
<b>Materiales y métodos</b> .....	24
<b>2.1. Lugar del experimento</b> .....	24
<b>2.1.1. Laboratorio</b> .....	24

<b>2.1.2. Lugar de recolección de muestras de suelo para la obtención de <i>Trichoderma spp. nativos</i>.</b>	24
Witco	24
Estanciapata	24
Pacchapampa	24
<b>2.2. Tipo de investigación</b>	24
<b>2.3. Variables</b>	24
<b>2.3.1. Variable independiente</b>	24
<b>2.3.2. Variable dependiente</b>	25
<b>2.3.3. Indicadores</b>	25
<b>2.4. Metodología experimental</b>	26
<b>2.4.1. Caracterización morfológica de cepas de <i>Trichoderma spp. nativos</i></b>	26
Recolección de muestras de suelo.	26
Dilución seriada de muestras de suelo recolectadas y siembra de aislamientos.	27
Primera fase.	27
Segunda fase.	27
Purificación.	27
Caracterización morfológica.	27
Ratio de crecimiento.	28
Conteo de conidios	28
Medida de conidios.	29
Conservación de cultivos puros.	29
<b>2.4.2. Caracterización morfológica de aislamientos de <i>Rhizoctonia sp.</i></b>	29
Colecta de muestras.	29
Cámara húmeda.	29
Siembra y purificación.	29

Caracterización morfológica. ....	30
Ratio de crecimiento. ....	30
<b>2.4.3. Prueba de enfrentamiento in vitro</b> .....	<b>30</b>
Competencia dual .....	30
<i>Porcentaje de inhibición del crecimiento radial.</i> .....	30
<i>Tratamientos.</i> .....	31
Micoparasitismo. ....	32
<i>Tratamientos.</i> .....	32
<b>2.4.4. Control de <i>Rhizoctonia sp.</i> en frijol inoculadas con <i>Trichoderma spp.</i> nativos</b> ..	<b>33</b>
Preparación del sustrato. ....	33
Inoculación de semillas. ....	33
Tratamientos. ....	33
Porcentaje de germinación. ....	34
Porcentaje de emergencia. ....	34
Porcentaje de incidencia. ....	34
<b>2.4.5. Diseño experimental</b> .....	<b>35</b>
Diseño Completo al Azar (DCA). ....	35
Procesamiento de datos. ....	35
<b>Capítulo III</b> .....	<b>36</b>
<b>Resultados y discusiones</b> .....	<b>36</b>
<b>3.1. Obtención de cepas de <i>Trichoderma spp.</i> nativos</b> .....	<b>36</b>
<b>3.2. Caracterización morfológica de cepas de <i>Trichoderma spp.</i> nativos.</b> .....	<b>37</b>
<b>3.2.1. Cepas grupo 1</b> .....	<b>37</b>
<b>3.2.2. Cepas grupo 2</b> .....	<b>39</b>
<b>3.2.3. Cepas grupo 3</b> .....	<b>42</b>
<b>3.2.4. Cepas grupo 4</b> .....	<b>43</b>

3.2.5. Cepas grupo 5 .....	45
3.3. Caracterización morfológica de <i>Rhizoctonia</i> sp.....	47
3.3.1. Caracterización macroscópica .....	47
3.3.2. Caracterización microscópica .....	49
3.4. Competencia dual.....	50
3.5. Micoparasitismo .....	52
3.6. Control de <i>Rhizoctonia</i> sp. con <i>Trichoderma</i> spp. nativos en frijol .....	55
3.6.1. Porcentaje de germinación .....	55
3.6.2. Porcentaje de emergencia.....	57
3.6.3. Porcentaje de incidencia .....	58
Capítulo IV.....	61
Conclusiones y recomendaciones .....	61
4.1. Conclusiones .....	61
4.2. Recomendaciones.....	62
Referencias bibliográficas.....	63
Anexos.....	71

## Índice de tablas

<b>Tabla 2.1.</b> Indicadores y variables de la investigación. ....	25
<b>Tabla 2.2.</b> Escala utilizada para la evaluación de la capacidad antagónica de hongos en condiciones <i>in vitro</i> . ....	31
<b>Tabla 2.3.</b> Tratamientos de la prueba de competencia dual de <i>Trichoderma</i> spp. nativos frente <i>Rhizoctonia</i> sp. <i>in vitro</i> . ....	31
<b>Tabla 2.4.</b> Tratamientos de la prueba de micoparasitismo de <i>Trichoderma</i> spp. nativos frente al patógeno <i>Rhizoctonia</i> sp. ....	32
<b>Tabla 2.5.</b> Tratamientos de la prueba de control de <i>Rhizoctonia</i> sp. en frijol inoculadas con <i>Trichoderma</i> spp. nativos. ....	33
<b>Tabla 3.1.</b> Cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos aislados de tres localidades; Witco, Pacchapampa y Estanciapata, y sus códigos respectivos. ....	36
<b>Tabla 3.2.</b> Análisis de varianza de la competencia dual de las cepas de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp. <i>in vitro</i> . ....	50
<b>Tabla 3.3.</b> Análisis de varianza de la prueba de micoparasitismo de las cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos frente a <i>Rhizoctonia</i> sp. ....	54
<b>Tabla 3.4.</b> Análisis de varianza del porcentaje de germinación en la prueba de control de <i>Rhizoctonia</i> sp. con <i>Trichoderma</i> spp. nativos en semillas de frijol. ....	55
<b>Tabla 3.5.</b> Análisis de varianza del porcentaje de emergencia en la prueba de control de <i>Rhizoctonia</i> sp. con <i>Trichoderma</i> spp. nativos en frijol. ....	57
<b>Tabla 3.6.</b> Análisis de varianza del porcentaje de incidencia en la prueba de control de <i>Rhizoctonia</i> sp. con <i>Trichoderma</i> spp. nativos en frijol. ....	59

## Índice de figuras

<b>Figura 1.1.</b> Clasificación de los tipos de frijol en base al hábito de crecimiento del tallo principal y ramas de acuerdo con la clasificación de CIAT.....	9
<b>Figura 1.2.</b> Tipos de hojas del frijol.....	10
<b>Figura 1.3.</b> Partes de la flor del frijol común.....	11
<b>Figura 1.4.</b> Fruto de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	12
<b>Figura 1.5.</b> Partes de la semilla de frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	12
<b>Figura 1.6.</b> Ciclo de la enfermedad causada por <i>Rhizoctonia solani</i> .....	14
<b>Figura 1.7.</b> Estructuras de <i>Rhizoctonia solani</i> vistas en microscopio. ....	17
<b>Figura 1.8.</b> Colonias de <i>Trichoderma</i> spp. ....	19
<b>Figura 1.9.</b> Características microscópicas de <i>Trichoderma</i> spp. vistas en microscopio. ....	19
<b>Figura 3.1.</b> Características macroscópicas de las cepas WTC1, WTC6, ETC10 y ETC11 en medio PDA. ....	37
<b>Figura 3.2.</b> Características microscópicas de las cepas WTC1, WTC6, ETC10 y ETC11, observaciones microscópicas en aumento 10x40x. ....	38
<b>Figura 3.3.</b> Características macroscópicas de las cepas WTC2, WTC3, PTC7, PTC8, PTC9, ETC12 y ETC13 en medio PDA. ....	40
<b>Figura 3.4.</b> Características microscópicas de las cepas WTC2, WTC3, PTC7, PTC8, PTC9, ETC12 y ETC13, observaciones microscópicas en aumento 10x40x. ....	41
<b>Figura 3.5.</b> Características macroscópicas de las cepas WTC4, WTC5 y ETC14 en medio PDA. ....	42
<b>Figura 3.6.</b> Características microscópicas de las cepas WTC4, WTC5 y ETC14, observaciones microscópicas en aumento 10x40x.....	43
<b>Figura 3.7.</b> Características macroscópicas de las cepas ETC17 y ETC18 en medio PDA.....	44
<b>Figura 3.8.</b> Características microscópicas de las cepas ETC17 y ETC18, observaciones microscópicas en aumento 10x40x.....	45
<b>Figura 3.9.</b> Características macroscópicas de las cepas ETC15 y ETC16 en medio PDA.....	46
<b>Figura 3.10.</b> Características microscópicas de las cepas ETC15 y ETC16, observaciones microscópicas en aumento 10x40x.....	47
<b>Figura 3.11.</b> Características macroscópicas de <i>Rhizoctonia</i> sp. en medio PDA. ....	48

<b>Figura 3.12.</b> Esclerocio de <i>Rhizoctonia</i> sp., observado en estereoscopio en aumento de 20x 2.5x. ....	49
<b>Figura 3.13.</b> Características microscópicas de <i>Rhizoctonia</i> sp., observaciones microscópicas en aumento 10x40x. ....	49
<b>Figura 3.14.</b> Prueba de Tukey de la competencia dual de las cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos frente a <i>Rhizoctonia</i> sp. ....	50
<b>Figura 3.15.</b> Clasificación de la capacidad antagonica de <i>Rhizoctonia</i> sp. frente a las cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos. ....	51
<b>Figura 3.16.</b> Micoparasitismo de las cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.....	53
<b>Figura 3.17.</b> Prueba de Tukey de la prueba de micoparasitismo de las cepas de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.....	54
<b>Figura 3.18.</b> Prueba de Tukey del porcentaje de germinación en la prueba de control de <i>Rhizoctonia</i> sp. con <i>Trichoderma</i> spp. nativos en semillas de frijol. ....	56
<b>Figura 3.19.</b> Prueba de Tukey del porcentaje de emergencia en la prueba de control de <i>Rhizoctonia</i> sp. con <i>Trichoderma</i> spp. nativos en frijol. ....	57
<b>Figura 3.20.</b> Prueba de Tukey del porcentaje de incidencia en la prueba de control de <i>Rhizoctonia</i> sp. con <i>Trichoderma</i> spp. nativos en frijol. ....	59

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.1.</b> Recolección de muestras de suelo. ....	71
<b>Anexo 1.2.</b> Preparación de medio PDA (Agar de papa dextrosa).....	71
<b>Anexo 1.3.</b> Esterilización de medio PDA y materiales en el autoclave a 121 °C por 20 minutos. .....	72
<b>Anexo 1.4.</b> Plaqueo del medio PDA en la cámara de flujo laminar.....	72
<b>Anexo 1.5.</b> Dilución de las muestras de suelo en el laboratorio de Fitopatología, para la obtención de cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos. ....	73
<b>Anexo 1.6.</b> Obtención de una amplia variedad de microorganismos a partir de la dilución de las muestras de suelo en medio PDA.....	73
<b>Anexo 1.7.</b> Purificación de los aislamientos en la cámara de flujo laminar.....	74
<b>Anexo 1.8.</b> Obtención de cepas puras.....	74
<b>Anexo 1.9.</b> Medidas del ratio de crecimiento de las cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos.....	75
<b>Anexo 1.10.</b> Medidas de crecimiento en cm/día de las cepa WTC1 (Grupo 1) de <i>Trichoderma</i> spp. nativos. ....	76
<b>Anexo 1.11.</b> Medidas de crecimiento en cm/día de las cepa WTC2 (Grupo 2) de <i>Trichoderma</i> spp. nativos. ....	77
<b>Anexo 1.12.</b> Medidas de crecimiento en cm/día de las cepa ETC14 (Grupo 3) de <i>Trichoderma</i> spp. nativos. ....	78
<b>Anexo 1.13.</b> Medidas de crecimiento en cm/día de las cepa ETC17 (Grupo 4) de <i>Trichoderma</i> spp. nativos. ....	79
<b>Anexo 1.14.</b> Medidas de crecimiento en cm/día de las cepa ETC16 (Grupo 5) de <i>Trichoderma</i> spp. nativos. ....	80
<b>Anexo 1.15.</b> Conteo de conidios de las cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos haciendo la dilución para el uso con la cámara de Neubauer. ....	81
<b>Anexo 1.16.</b> Conteo de conidios de las cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos.....	81
<b>Anexo 1.17.</b> Vista microscópica para la caracterización de las cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos.....	82
<b>Anexo 1.18.</b> Medidas del largo y ancho de conidios de <i>Trichoderma</i> spp. nativos en microscopio digital. ....	82

<b>Anexo 1.19.</b> Medidas del largo y ancho de los conidios de la cepa WTC1 (Grupo 1) de <i>Trichoderma</i> spp. nativo.....	83
<b>Anexo 1.20.</b> Medidas del largo y ancho de los conidios de la cepa WTC2 (Grupo 2) de <i>Trichoderma</i> spp. nativo.....	83
<b>Anexo 1.21.</b> Medidas del largo y ancho de los conidios de la cepa ETC14 (Grupo 3) de <i>Trichoderma</i> spp. nativo.....	84
<b>Anexo 1.22.</b> Medidas del largo y ancho de los conidios de la cepa ETC17 (Grupo 4) de <i>Trichoderma</i> spp. nativo.....	84
<b>Anexo 1.23.</b> Medidas del largo y ancho de los conidios de la cepa ETC16 (Grupo 5) de <i>Trichoderma</i> spp. nativo.....	85
<b>Anexo 1.24.</b> Conservación de cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos.....	85
<b>Anexo 1.25.</b> Colecta de muestras con síntomas de chupadera fungosa provocada por <i>Rhizoctonia</i> sp en plántulas de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	86
<b>Anexo 1.26.</b> Vista microscópica de <i>Rhizoctonia</i> sp.....	86
<b>Anexo 1.27.</b> Medidas del ratio de crecimiento de <i>Rhizoctonia</i> sp. a los 2 días después de haber realizado el repique. ....	87
<b>Anexo 1.28.</b> Medidas de crecimiento en cm/día de <i>Rhizoctonia</i> sp.....	87
<b>Anexo 1.29.</b> Medidas del ancho de las hifas de <i>Rhizoctonia</i> sp. en microscopio digital.....	88
<b>Anexo 1.30.</b> Competencia dual. ....	89
<b>Anexo 1.31.</b> Testigo <i>Rhizoctonia</i> sp. a los 4 días después de haber realizado el repique, para la competencia dual. ....	89
<b>Anexo 1.32.</b> Tratamiento N°1, cepa WTC1 (Grupo 1) de <i>Trichoderma</i> spp. nativo frente a <i>Rhizoctonia</i> sp. ....	90
<b>Anexo 1.33.</b> Tratamiento N°2, cepa WTC2 (Grupo 2) de <i>Trichoderma</i> spp. nativo frente a <i>Rhizoctonia</i> sp. ....	91
<b>Anexo 1.34.</b> Tratamiento N°3, cepa ETC14 ( Grupo 3) de <i>Trichoderma</i> spp. nativo frente a <i>Rhizoctonia</i> sp. ....	92
<b>Anexo 1.35.</b> Tratamiento N°4, cepa ETC17 (Grupo 4) de <i>Trichoderma</i> spp. nativo frente a <i>Rhizoctonia</i> sp. ....	93
<b>Anexo 1.36.</b> Tratamiento N°5, cepa ETC16 (Grupo 5) de <i>Trichoderma</i> spp. nativo frente a <i>Rhizoctonia</i> sp. ....	94

<b>Anexo 1.37.</b> Datos obtenidos de la competencia dual entre las cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.....	95
<b>Anexo 1.38.</b> Procedimientos del micoparasitismo.....	96
<b>Anexo 1.39.</b> Repiques de la cepa ETC16 (Grupo 5) para el micoparasitismo.....	96
<b>Anexo 1.40.</b> Preparación de soluciones con las cepas de <i>Trichoderma</i> spp. para la inoculación en semillas de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	97
<b>Anexo 1.41.</b> Desinfección de semillas de frijol canario ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con hipoclorito de sodio al 1% por 5 minutos. ....	97
<b>Anexo 1.42.</b> Inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.....	98
<b>Anexo 1.43.</b> Siembra de semillas de frijol canario ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en los tratamientos. ....	98
<b>Anexo 1.44.</b> Resultados obtenidos del testigo “Semillas sin inoculación de <i>Trichoderma</i> spp. y sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.” .....	99
<b>Anexo 1.45.</b> Resultados obtenidos del tratamiento N°1 “Semillas sin inoculación de <i>Trichoderma</i> spp. y con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.”.....	100
<b>Anexo 1.46.</b> Resultados obtenidos del tratamiento N°2 “Semillas inoculadas con la Cepa WTC1 (Grupo 1) de <i>Trichoderma</i> spp., sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo”. ....	101
<b>Anexo 1.47.</b> Resultados obtenidos del tratamiento N°3 “Semillas inoculadas con la Cepa WTC2 (Grupo 2) de <i>Trichoderma</i> spp., sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo” .....	102
<b>Anexo 1.48.</b> Resultados obtenidos del tratamiento N°4 “Semillas inoculadas con la Cepa ETC14 (Grupo 3) de <i>Trichoderma</i> spp., sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo”.....	103
<b>Anexo 1.49.</b> Resultados obtenidos del tratamiento N°5 “Semillas inoculadas con la Cepa ETC17 (Grupo 4) de <i>Trichoderma</i> spp., sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo”.....	104
<b>Anexo 1.50.</b> Resultados obtenidos del tratamiento N°6 “Semillas inoculadas con la Cepa ETC16 (Grupo 5) de <i>Trichoderma</i> spp., sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al sustrato”.....	105
<b>Anexo 1.51.</b> Resultados obtenidos del tratamiento N°7 “Semillas inoculadas con la Cepa WTC1 (Grupo 1) de <i>Trichoderma</i> spp., con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al sustrato”. ....	106
<b>Anexo 1.52.</b> Resultados obtenidos del tratamiento N°8 “Semillas inoculadas con la Cepa WTC2 (Grupo 2) de <i>Trichoderma</i> spp., con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al sustrato” .....	107
<b>Anexo 1.53.</b> Resultados obtenidos del tratamiento N°9 “Semillas inoculadas con la Cepa ETC14 (Grupo 3) de <i>Trichoderma</i> spp., con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al sustrato”. ...	108

**Anexo 1.54.** Resultados obtenidos del tratamiento N°10 “Semillas inoculadas con la Cepa ETC17 (Grupo 4) de *Trichoderma* spp., con inoculación de *Rhizoctonia* sp. al sustrato”. ... 109

**Anexo 1.55.** Resultados obtenidos del tratamiento N°11 “Semillas inoculadas con la Cepa ETC16 (Grupo 5) de *Trichoderma* spp., con inoculación de *Rhizoctonia* sp. al sustrato”. ... 110

## Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) destaca como una de las especies más relevantes de la familia de las Fabaceae dentro del género *Phaseolus*, este género comprende 55 especies de las cuales cinco han sido domesticadas (Hernández, 2009), es una leguminosa de grano cultivada globalmente, siendo América Latina la zona de mayor producción y consumo, esta planta constituye una fuente clave de proteínas y carbohidratos, especialmente para poblaciones limitadas económicamente que no acceden fácilmente a otras fuentes proteicas, además este cultivo posee relevancia agroeconómica por contribuir a la mejora del suelo (Espinoza, 2009).

Una de las enfermedades con mayor impacto económico en el frijol es la chupadera fungosa, provocada por el hongo *Rhizoctonia solani*, esta afecta principalmente las etapas de germinación y plántula, reduciendo la densidad de plantas por hectárea y el rendimiento final, los síntomas inician con manchas alargadas rojizas en la base del tallo, las cuales evolucionan a laceraciones hundidas de tono oscuro que comprometen todo el diámetro del tallo, finalmente las plantas mueren y se desarrollan estructuras negras irregulares llamados esclerotes que son estructuras de conservación (Proyecto Red de Innovación Agrícola, 2012). La *Rhizoctonia* sp. puede reducir los rendimientos de los cultivos hasta en un 50%. Si afecta antes de que la semilla germine, puede impedir la germinación, y si ocurre después de la emergencia, puede provocar la muerte de las plántulas (Mora & Blum, 1990).

Se estima que hacia el 2050, el incremento demográfico elevará la demanda de cultivos básicos, intensificando el deterioro de los recursos naturales, como una solución biológica, se propone el uso de microorganismos benéficos como el género *Trichoderma*, empleado tradicionalmente para el control de patógenos vegetales. No obstante, otras propiedades ecológicas y promotoras del crecimiento en las plantas que albergan este género siguen siendo poco exploradas (Cortés-Hernández et al., 2023).

Las cepas de *Trichoderma* spp. son reconocidas mundialmente por su efectividad como agentes de biocontrol contra diversos microorganismos patógenos, además estudios recientes han demostrado que estos hongos también contribuyen a fortalecer la resistencia de las plantas, así como a promover su crecimiento y desarrollo, lo que resulta en un aumento en la producción de estas mismas. Los mecanismos principales involucrados incluyen la producción de

antibióticos, el micoparasitismo, la competencia por nutrientes y la inducción a la resistencia sistémica de las plantas, en la actualidad las especies de *Trichoderma* spp. se utilizan cada vez más en sistemas sostenibles para el manejo de enfermedades vegetales. *Trichoderma* spp. se presenta como una solución efectiva en el manejo de enfermedades agrícolas mediante estrategias de control biológico, este hongo suprime el desarrollo de microorganismos patógenos y modula el crecimiento vegetal, según estudios recientes que respaldan su eficacia contra problemas como pudrición radicular, marchitamiento, muerte de plántulas y daños en frutos (Zin & Badaluddin, 2020).

Por todo ello es muy crucial optar por alternativas de control biológico y dejar atrás el control químico para la enfermedad de la chupadera fungosa, el uso de *Trichoderma* spp. que se encuentran en los suelos agroecológicos de Pacchapampa, Witco y de Estanciapata, vienen hacer una importante alternativa biológica frente a esta enfermedad por ello se tomaron en cuenta los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Aislar y caracterizar cepas de *Trichoderma* spp. nativos para el control de *Rhizoctonia* sp. en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

### **Objetivos específicos**

1. Aislar y caracterizar, *Trichoderma* spp. nativos de los suelos de la provincia de Vilcas Huamán y *Rhizoctonia* sp. de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).
2. Realizar el control *in vitro* de *Rhizoctonia* sp. con *Trichoderma* spp. nativos.
3. Realizar el control de *Rhizoctonia* sp. en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculadas con *Trichoderma* spp. nativos.

## Capítulo I

### Marco teórico

#### 1.1. Antecedentes

##### 1.1.1. A nivel internacional

Samaniego-Fernández et al. (2018) en su investigación científica titulado “Aislamiento, identificación y evaluación de cepas autóctonas de *Trichoderma* spp. Antagonistas de patógenos del suelo”, menciona que:

Con el fin de aislar, identificar y evaluar cepas autóctonas de *Trichoderma* spp. de la provincia Matanzas, Cuba, se realizó una prospección en dos agroecosistemas con suelo ferralítico rojo; a partir de uno de ellos, se aislaron e identificaron tres cepas autóctonas de este hongo. Mediante la técnica de cultivo dual se evaluó el antagonismo *in vitro* de las especies autóctonas obtenidas y de las especies de referencia *Trichoderma harzianum* Rifai 3(A-34)2 y *Trichoderma viride* Persoon 5(TS-3)1 contra los hongos fitopatógenos *Rhizoctonia solani* Kühn, *Fusarium* spp. y *Sclerotium rolfsii* Sacc., causantes de enfermedades en cultivos agrícolas de la provincia. Se determinaron el crecimiento lineal diario (radios de las colonias), la velocidad de crecimiento y el porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) de los antagonistas. Sus valores se procesaron mediante Análisis de Varianza Simple. Las cepas autóctonas de *Trichoderma* aisladas e identificadas fueron *Trichoderma* 2T-aislado, *T. harzianum* 6(A-53)2 y *T. viride* 4(TS-3)1, de las cuales, *Trichoderma* 2T-aislado resultó el antagonista *in vitro* más eficiente contra los tres hongos fitopatógenos, seguida de *T. viride* 4(TS-3)1 (biocontrolador de *R. solani* y *S. rolfsii* y con menor capacidad antagónica contra *Fusarium* spp.) y *T. harzianum* 6(A-53)2. Entre las cepas de referencia, *T. harzianum* 3(A-34)2 presentó el mayor antagonismo contra estos hongos. Tanto las cepas autóctonas como las de referencia, presentaron diferentes niveles de actividad antagónica *in vitro* contra los fitopatógenos. (p. 1)

Martínez et al. (2014) en su investigación científica titulado “Antagonismo in vitro de cepas de *Trichoderma* spp. frente a *Sarocladium oryzae* (Sawada) W. Gams & D. Hawksworth” menciona que:

Se evaluaron 27 aislamientos de *Trichoderma* spp. frente a dos de *Sarocladium oryzae* (Sawada) W. Gams & D. Hawksworth (*S. o-2* y *S. o-4*) utilizando la técnica de cultivo dual, comparando el crecimiento de las colonias de *Sarocladium* para determinar los modos de acción, en diferentes fases de la interacción. El análisis estadístico de los datos se realizó mediante la prueba T- Student. El 81,48% de los aislamientos de *Trichoderma* presentó competencia por el sustrato, el 25,93% antibiosis y el 11,11% micoparasitismo, frente a los aislados *S. o-2* y *S. o-4*. Para el aislado *S.o-4* hubo dos aislamientos de *Trichoderma* T4 y T5 con los tres tipos de antagonismo, mientras que estos mismos aislamientos presentaron competencia por el sustrato para *S.o-2*, evidencia de variabilidad en la sensibilidad de los aislados del fitopatógeno frente al antagonista. Entre los aislamientos de *Trichoderma* más promisorios se encuentran: el T.29 con un marcado efecto antibiótico y el T.6 con más de dos tipos de antagonismo, para ambos aislados del fitopatógeno. (p. 106)

Mejías (2017) en su investigación científica titulado “Capacidad de *Trichoderma* spp. como estimulante de la germinación en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)”, menciona que:

El objetivo del trabajo presentado fue seleccionar cepas de *Trichoderma* (Persoon ex S. F Gray) con capacidad estimuladora de la germinación vegetal en maíz y frijol. El ensayo se realizó en el laboratorio de Fitopatología del departamento de Biología-Sanidad Vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de La Habana. Se probaron los filtrados de cuatro cepas, diluidos a dos concentraciones: 1:200 y 1:400. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo bifactorial. Los tratamientos fueron dos cepas de *Trichoderma viride* (T4 y T5) y dos de *Trichoderma harzianum* (A29 y A20). Se utilizó como testigo la imbibición de las semillas en agua destilada estéril bajo las mismas condiciones que el resto de los tratamientos. El porcentaje de germinación fue determinado, diariamente, hasta cinco días después de la inoculación. Las cepas de *Trichoderma harzianum* (A29 y A20) estimularon la germinación de las semillas de frijol y maíz. (p. 19)

León et al. (2012) en su investigación científica titulado “Aislamiento y selección de cepas de *Trichoderma* y su efecto antagonista frente a *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia* sp. y *Fusarium* sp.”, menciona que:

Se tomaron muestras de suelo en distintos agroecosistemas (caña y arboleda) del municipio de Colón, provincia Matanzas, donde no se había aplicado *Trichoderma* spp., con el objetivo de aislar, seleccionar morfológica, cultural y patogénicamente cepas autóctonas del territorio con capacidad antagónica. Para el aislamiento se siguió la metodología propuesta por el Instituto Nacional de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Se probó su antagonismo frente a *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia* sp. y *Fusarium* sp. mediante el cultivo dual. Se obtuvieron 126 aislados de los cuales se seleccionaron 72 que cumplían con las condiciones de crecimiento, textura de la colonia y esporulación. Se iniciaron las pruebas con seis aislamientos, tres procedentes de la superficie (Tb111, Tb211 y Tc241) y tres de la profundidad de cinco cm (Tb122, Tc112 y Tc242). Dos (Tb111 y Tc241) mostraron el mayor antagonismo frente a los hongos patógenos antes mencionados. Las características de estos aislados coincide con las descritas para *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma longibrachiatum* respectivamente. (p. 43)

Gutiérrez et al. (2006) en su investigación científica titulado “Caracterización de aislamientos de *Rhizoctonia Solani* Kühn que inducen pudriciones radicales en cultivares de caraota (*Phaseolus Vulgaris* L.)”, estudió plántulas de frijol inducidas con *Rhizoctonia solani* con el objetivo de estudiar las pudriciones radicales que producen estas mismas, donde en 3 aislamientos identificados a través de siglas CRH-V, CRH-F y CRH-558, que presentaban diferencias en su morfología entre ellas se inocularon y evaluaron en 18 cultivares donde se determinaron su patogenicidad también aislaron cepas donde CRH – F había formado esclerocios cuando se le dejó bajo luz artificial y todos los aislamientos produjeron esclerocios en luz natural, detectaron diferencias significativas con relación al peso seco de las raíces y la parte aérea de los cultivares, todos los aislamientos presentaron afectaciones en el desarrollo radical como en la parte aérea del vástago.

### **1.1.2. A nivel nacional**

Moreno – Bringas y Mattos - Calderón (2018) en su investigación científica titulado “Porcentaje de germinación de semillas de frijol, *Phaseolus vulgaris* inoculadas con *Rhizoctonia solani* y tratadas con *Trichoderma harzianum*”, menciona que:

El frijol es una leguminosa muy importante por ser un complemento nutricional indispensable en la dieta alimenticia. La pudrición de raíces causada por *Rhizoctonia solani* puede causar pérdidas de un 50% en el rendimiento de este cultivo. El propósito de esta investigación fue evaluar el porcentaje de germinación de semillas de frijol en suelo inoculado con diferentes concentraciones de *R. solani* tratadas con una composición de *Trichoderma harzianum*. Se sembró las semillas en tierra previamente inoculada con rodajas de 9cm de diámetro de *R. solani* y pasadas ocho horas, se aplicó suspensiones de -1 *T. harzianum*. Los tratamientos que consistían en: una rodaja *R. solani* + 0,0108 g.ml *T. harzianum*, una -1 -1 rodaja *R. solani* + 0,0324 g.ml *T. harzianum* y una rodaja *R. solani* + 0,0756 g.ml *T. harzianum* incitaron mayor porcentaje de germinación; mientras que los tratamientos con cinco rodajas *R. solani* + -1 -1 0,0324 g.ml *T. harzianum*, cinco rodajas *R. solani* + 0,0108 g.ml *T. harzianum* y tres rodajas *R. solani* -1 + 0,0108 g.ml *T. harzianum* mostraron los más bajos porcentajes. Los tratamientos en los que *T. harzianum* tiene una concentración similar o superior a *R. solani* dieron mejores resultados en porcentajes de germinación. (p. 59)

Garrido y Vilela (2019) en su investigación científica titulado “Capacidad antagónica de *Trichoderma harzianum* frente a *Rhizoctonia*, *Nakatea sigmoidea* y *Sclerotium rolfsii* y su efecto en cepas nativas de *Trichoderma* aisladas de cultivos de arroz”, menciona que:

Se ha estudiado la capacidad antagónica de una cepa comercial de *Trichoderma harzianum*, frente a *Rhizoctonia spp.*, *Nakatea sigmoide* y *Sclerotium rolfsii*, causantes de la Pudrición de tallos y vainas del arroz, así como su efecto en 14 cepas nativas de *Trichoderma* aisladas de diferentes campos arroceros. La prueba in vitro demostró que *T. harzianum* presenta una elevada actividad antagónica e hiperparasítica contra *Rhizoctonia*. La mayor acción de micoparasitismo se presentó con *Rhizoctonia*, siendo muy frecuente el enrollamiento de hifas y la penetración; en *Nakatea* se observó sólo enrollamiento y, en *Sclerotium* no se observó enrollamiento. El desarrollo de la cepa de *T. harzianum* (comercial), no afecta a las cepas nativas de *Trichoderma spp.* ensayadas en este trabajo, en la mayoría de los casos, las cepas de *Trichodermas* nativos mostraron un rápido desarrollo entre las 48 y las 72 horas. Aun cuando las cepas de *Trichoderma nativos* mostraron un mayor desarrollo vegetativo, la cepa comercial de *T. harzianum* genera una mayor producción de conidias, con un incremento de

29,53% muy importante en la transmisión y diseminación de estos antagonistas en el suelo. (p. 199)

Alfaro (2019) en su trabajo de investigación titulado “Antagonismo de *Trichoderma virens* en el control de *Rhizoctonia solani* en *Phaseolus vulgaris* var. Caupí”, menciona que:

Este estudio tuvo como objetivo determinar el antagonismo de *Trichoderma virens* en el control de *Rhizoctonia solani* en *Phaseolus vulgaris* var. Comùn. Se utilizó dos cepas de *T. virens* y una cepa de *R. solani* las que fueron evaluadas en forma individual y luego confrontadas, más un testigo absoluto. Los tratamientos fueron distribuidos empleando un diseño completamente al azar, con 6 tratamientos y diez repeticiones. Se utilizó para los enfrentamientos el método de siembra dual en placas con medio de cultivo papa, dextrosa y agar. A la colonización total de las placas se prepararon montajes para observar al microscopio óptico si había o no micoparasitismo. Posteriormente, las placas se cubrieron con arena estéril y por placa se sembró 8 semillas de frejol var. caupí, se regó constantemente con agua estéril y se evaluó a los 25 días el porcentaje de germinación, la incidencia y severidad de chupadera fungosa. Los datos fueron transformados en valores angulares y a un análisis de varianza y la prueba de Tukey. Las cepas de *Trichoderma virens* ejercieron un efecto antagónico sobre *Rhizoctonia solani*, produciendo fragmentación del micelio y micoparasitismo. El tratamiento solo con *R. solani* obtuvo el 5 % de germinación, y el 100% de incidencia y severidad de chupadera fungosa; en los demás tratamientos la germinación fue del 100%, la incidencia fluctuó entre 1.25 y 8.75\_x000D\_%. y la severidad entre 0.31 a 2.8%. Estos resultados indican que *T. virens* puede constituirse en una alternativa sostenible para el control de *R. solani*. (p. 9)

## **1.2. El cultivo del frijol**

### **1.2.1. Origen**

Actualmente la visión sustentada por estudios arqueológicos, genéticos y morfológicos, reconocen dos centros principales de origen y domesticación del frijol común; una de ellas es Mesoamérica principalmente México y la otra son los andes Sudamericanos principalmente Perú y el noroeste de Argentina (Ávila et al., 2014).

Los conocimientos acumulados hasta la fecha, incluyendo la antigüedad de los restos fósiles y las características agronómicas, genéticas y morfológicas, indican que el frijol común tuvo su origen en Mesoamérica abarcando México y Centroamérica, otra en los andes de Sudamérica. A partir de las poblaciones silvestres de frijol, surgieron dos grupos genéticos domesticados: el mesoamericano y el andino. El desarrollo y uso de nuevas técnicas biotecnológicas y genómicas han aportado pruebas concluyentes sobre el origen, el proceso de domesticación y la diversidad genética de *Phaseolus vulgaris* L. (Hernández-López et al., 2013).

### **1.2.2. Taxonomía**

Según (Ávila et al., 2014, p. 15), la taxonomía de *Phaseolus vulgaris* L., es la siguiente:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Fabales
Familia	: Fabaceae (Leguminosae)
Subfamilia	: Faboideae (Papilionoidea)
Tribu	: Phaseoleae
Subtribu	: Phaseolinae
Género	: <i>Phaseolus</i>
Especie	: <i>Phaseolus vulgaris</i> L.

### **1.2.3. Importancia del cultivo del frijol.**

La importancia de este cultivo radica en las propiedades nutricionales que están tienen principalmente a su elevado contenido de proteínas, también aportan carbohidratos, vitaminas y minerales, pero en menor proporción, la cantidad de proteínas varían dependiendo a la variedad, estando en un rango de 14% a 33%. Es muy rico especialmente en aminoácidos como la lisina (6.4 – 7.6 gramos por 100 gramos de proteína) (Ulloa et al., 2011).

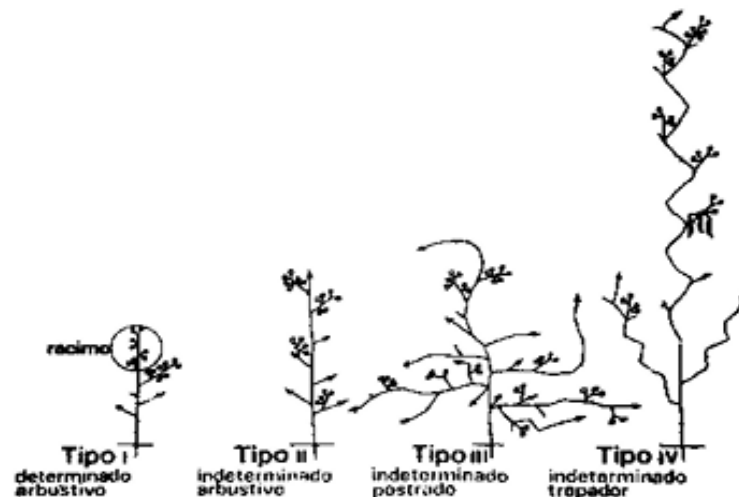
#### 1.2.4. Morfología del frijol

**Raíz.** Generalmente tiende hacer superficial, ya que la mayoría de las raíces se localizan en los primeros 20 cm del suelo. Aunque se reconoce la raíz primaria, el sistema radical suele ser fasciculada y fibroso en algunos casos, mostrando gran variabilidad incluso dentro de una misma variedad. El tipo de raíz pivotante autentica está presente en un bajo porcentaje. Además, la planta tiene nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y medio del sistema radicular (Henríquez et al. 1992). La raíz del frijol mantiene un asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico del género *Rhizobium*, las cuales han coevolucionado con los distintos tipos de frijol en muchos lugares del mundo (Ávila et al., 2014).

**Tallo.** El tallo principal de la planta es de forma cilíndrica y un poca aplanada con presencia de pubescencia, el color del tallo varía entre verde, rosado a morado, según el hábito de crecimiento el tallo se clasifica en: determinado cuando la punta apical termina en una inflorescencia o indeterminado cuando la punta apical permanece en estado vegetativo. El ciclo de la planta depende de este crecimiento, siendo corto en los tipos determinados erectos y largo en los indeterminados, con una duración que va desde 70 hasta más de 220 días (Ávila et al., 2014).

#### Figura 1.1.

*Clasificación de los tipos de frijol en base al hábito de crecimiento del tallo principal y ramas de acuerdo con la clasificación de CIAT.*

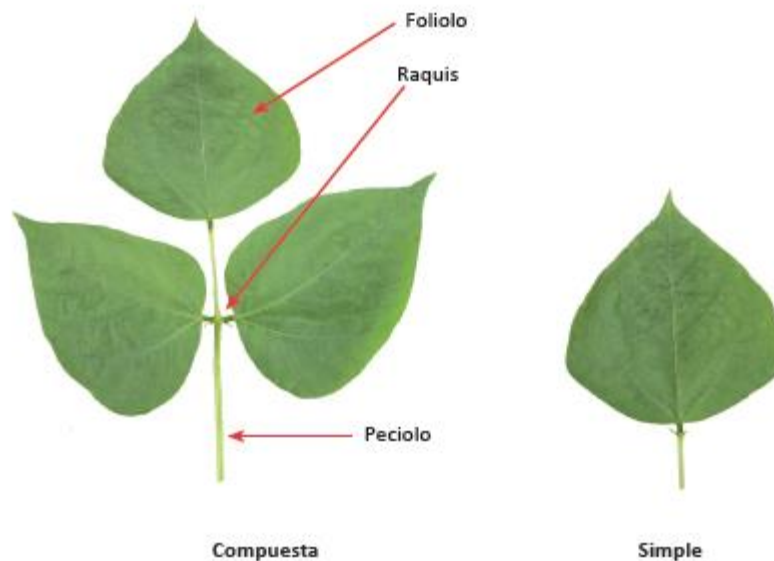


Fuente: (Ávila et al., 2014).

**Hojas.** El frijol tiene dos tipos de hojas: simples y compuestas, y se encuentran insertadas en los nudos del tallo y las ramas. En estos nudos siempre hay estípulas, que son un rasgo muy importante para la clasificación sistemática de las leguminosas (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 1985).

**Figura 1.2.**

*Tipos de hojas del frijol.*



*Fuente:* (Vásquez et al., 2023).

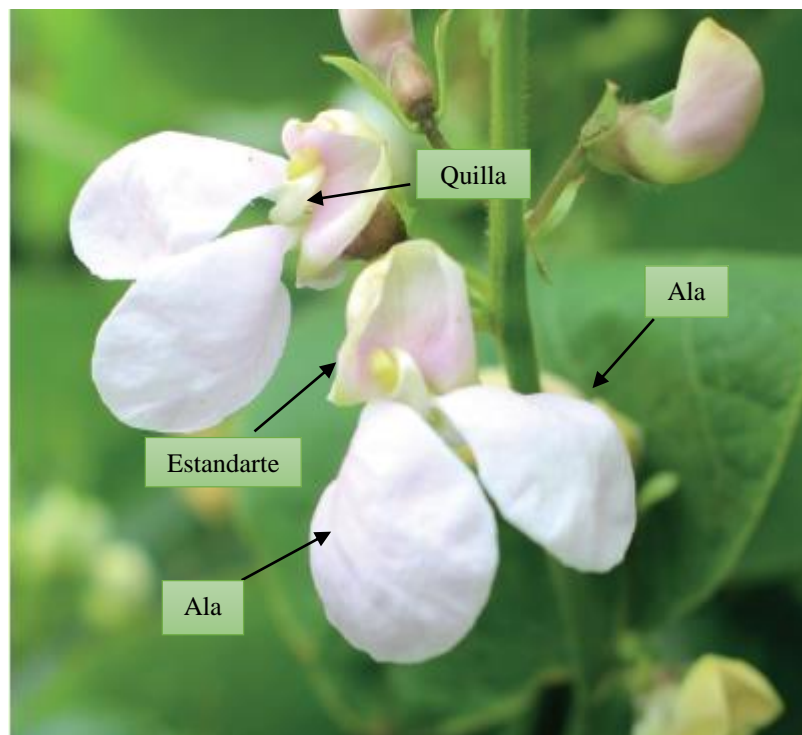
**Inflorescencia.** Puede desarrollarse tanto en las axilas del tallo y las ramas como en la parte terminal. Botánicamente, se define como un racimo de racimos que surge a partir de la brotación de un sistema formado por tres yemas, conocido como triada, que se forma en la axila. En las variedades del tipo I, la floración comienza en la parte superior de la planta y se extiende hacia abajo, en cambio en las variedades de hábito indeterminado, especialmente en los grupos III y IV las primeras flores aparecen en la parte inferior de la planta y las siguientes lo hacen hacia arriba (Ávila et al., 2014).

**Flor.** La flor está compuesta por cinco sépalos dentados, con dos en la parte superior y tres en la inferior. La corola tiene cinco pétalos con formas específicas: dos están soldados en la base y tres son libres. El pétalo más grande y libre que sobrsale se llama estandarte, es simétrico y puede ser blanco, verde, púrpura o rosado. A los lados están los pétalos libres

llamados alas, que suelen ser de colores blancos, rosados o púrpuras. La quilla, formada por los dos pétalos soldados, está cerrada, asimétrica y en espiral y contiene los órganos sexuales. El androceo tiene nueve estambres soldados en la base formando un tubo y un estambre libre llamado vexilar. El gineceo es súpero, con un carpelo único y ovario comprimido, el estilo es encorvado. Todas estas características promueven la autofecundación debido a que la flor está cerrada y la polinización cruzada es muy baja (Ávila et al., 2014).

### Figura 1.3.

*Partes de la flor del frijol común.*

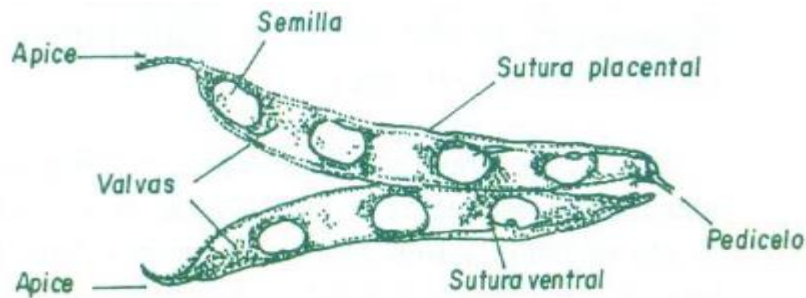


*Fuente: (Vásquez et al., 2023).*

**Fruto.** El fruto típico de las leguminosas es una vaina que puede ser dehiscente, semidehiscente o indehiscente, siendo en la mayoría de las variedades comerciales del tipo indehiscente, están formados por dos válvulas y dos suturas y su forma puede ser plana o cilíndrica con longitudes que varían entre 4 y 20 cm, la coloración varía entre amarillo verde o blanco a veces con estrías dependiendo a la variedad y que contiene entre 3 a 7 semillas por vaina (Ávila et al., 2014). Las vainas son generalmente glabras o sub glabras con pelos muy pequeños; a veces la epidermis es pilosa (Henríquez et al., 1992).

**Figura 1.4.**

*Fruto de frijol (Phaseolus vulgaris L.).*

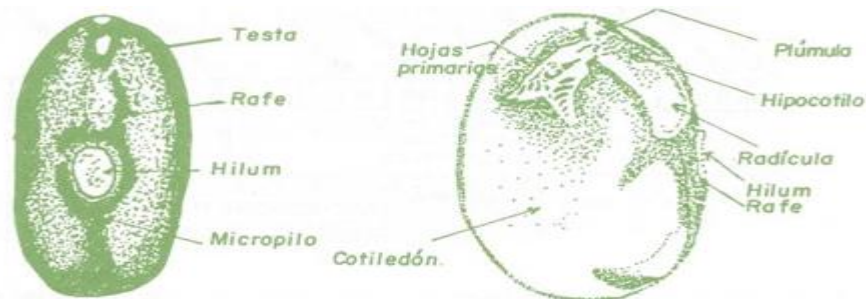


*Fuente: (Valladolid, 2001).*

**Semilla.** Las semillas se originan del óvulo fecundado y presentan diversas formas, desde cilíndricas hasta esféricas, con diferentes tonos que varían entre blanco, negro y crema, según la variedad. Están compuestas por tres partes principales: la cubierta o testa, el hilum y el micrópilo (Espinoza, 2009).

**Figura 1.5.**

*Partes de la semilla de frijol común (Phaseolus vulgaris L.).*



*Fuente: (Valladolid, 2001).*

**1.2.5. Manejo agronómico**

**Preparación del suelo.** Tiene como propósito lograr una buena cama para la siembra, eliminar e incorporar los restos de cultivos anteriores y malezas, además de mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo. Con una preparación adecuada se consigue un óptimo desarrollo de las raíces y una rápida absorción de agua y una mayor retención de la humedad (Valladolid, 2001).

**Siembra.** Este procedimiento se debe hacer con mucho cuidado debido a que de este depende el éxito del cultivo, se debe colocar las 3 o 4 semillas por golpe y este variara dependiendo el distanciamiento que hay por golpe y surco (Albán, 2012).

**Fertilización.** En suelos que tienen bajo contenido de nitrógeno expresado en porcentaje de materia orgánica mediante el método de Walkley y Black, es necesario aplicar una dosis de nitrógeno entre 40 y 60 kg/ha. En suelos con bajo nivel de fósforo evaluado mediante el método de extracción de Olsen es recomendable aplicar entre 40 y 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea (Nuñez, 1984).

**Riego.** Según Valladolid (2001):

Láminas de agua de 5 a 6 centímetros que equivalen a 500 y 600 m<sup>3</sup>/ha por cada riego son los volúmenes más recomendables. El volumen total neto requerido incluyendo el riego de machaco, varía de 3 600 m<sup>3</sup>/ha a 4 000 m<sup>3</sup>/ha. Esto aplicando de 4 a 5 riegos, con una duración de 5 a 6 horas por cada riego, aproximadamente. (p. 62).

**Deshierbo.** El frijol es afectado en su desarrollo por la competencia con malezas las cuales disputan nutrientes, agua y luz. Si no se eliminan a tiempo, las malezas pueden provocar reducciones significativas en el rendimiento del cultivo, es recomendable mantener el campo libre de malezas durante al menos los primeros 45 días del cultivo en caso de que aparezcan malezas en las hileras de siembra, se debe complementar el trabajo de cultivo con una lampa (Valladolid, 2001).

**Cosecha.** La cosecha comprende de algunas labores agrícolas (fases): arranque de plantas, desgrane o trilla y la limpieza de granos (Valladolid, 2001). Para que se obtenga todas las cualidades en la semilla se tiene que cosechar en el momento que el frijol está manifestando todas sus características agronómicas (Secretaría de Agricultura y Ganadería, 2011). La recolección del frijol se lleva a cabo cuando aproximadamente el 90% de las vainas están maduras, lo cual se identifica visualmente por el cambio de color en las vainas, además las hojas presentan un tono amarillo por el envejecimiento o han caído en su mayoría, el método más común es el manual, realizando una cosecha selectiva al recoger únicamente las vainas maduras y secas, o bien arrancando todas las plantas para dejarlas secar durante 3 o 4 días. Posteriormente se procede a la trilla utilizando un azote o máquina estacionaria (Vásquez et al., 2023).

#### **1.2.6. Frijol canario**

Esta variedad de desarrolla correctamente desde el nivel del mar hasta los 2800 msnm, aunque a mayores alturas llega hacer vulnerable a la roya. La siembra se efectúa en el segundo

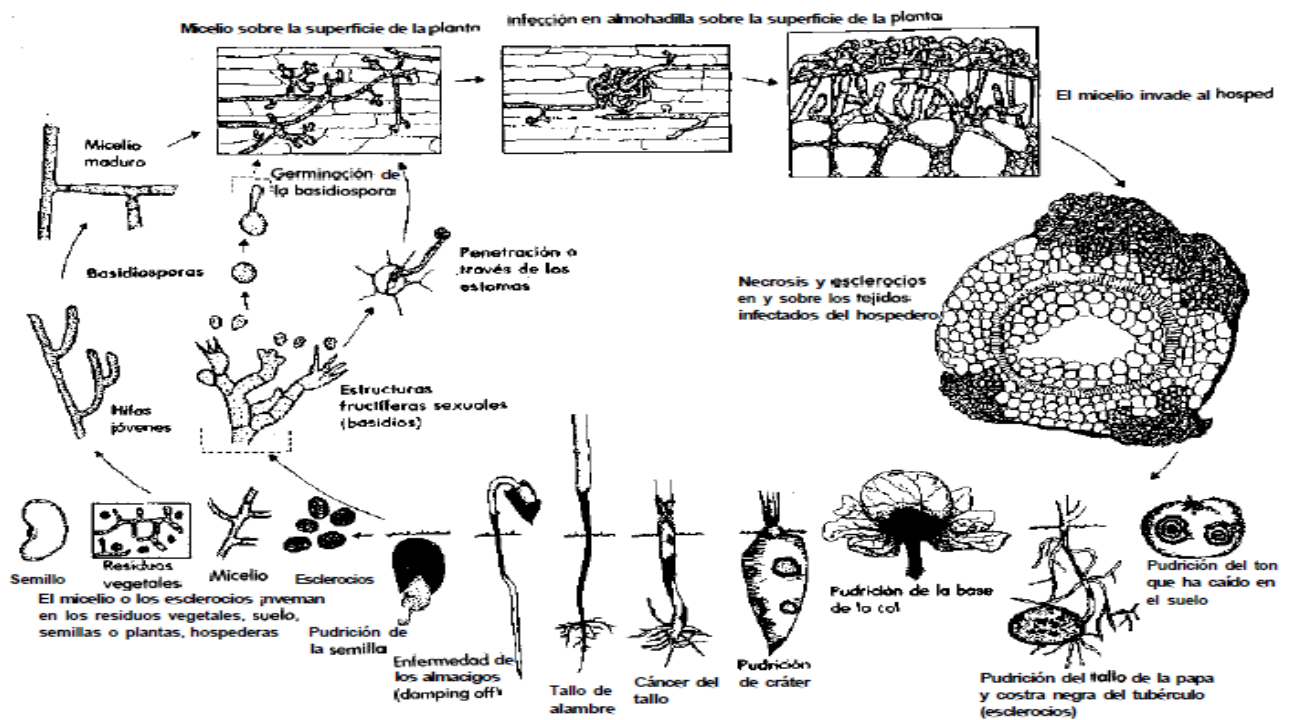
y tercer trimestre del año, utilizando maquinaria requiere 120/kg de semilla por hectárea, con surcos de 0.5 a 0.6 metros a chorro continuo. La fertilización recomendada es de 80 – 80 – 80 kg/ha de nitrógeno, fosforo y potasio. La planta mide entre 80 a 100 cm y presenta crecimiento indeterminado semipostrado. Florece a los 58 días, con flores que tienen alas lilas y un estandarte blanco. La madurez fisiológica se alcanza a los 110 días y la cosecha se realiza a los 150 días después de la siembra. El grano es grande, ovoide, de color amarillo y un rendimiento potencial de 3.5 toneladas/ ha, aunque en los campos de los agricultores el rendimiento suele ser de 2 a 2.5 toneladas/ha. (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2013).

### 1.3. Chupadera fungosa

Esta enfermedad es causada por el hongo *Rhizoctonia solani* y entre otros, afecta a las semillas durante la germinación, provocando la muerte de los brotes iniciales. En las plántulas se presentan lesiones hendidas de color marrón o gris en la zona del cuello de la planta, lo que conduce a la pudrición de las raíces, el marchitamiento y finalmente la muerte de la planta (Vásquez, 1997).

**Figura 1.6.**

*Ciclo de la enfermedad causada por Rhizoctonia solani.*



Fuente: (Agrios, 2006).

### 1.3.1. *Sintomatología*

Los síntomas que se presentan en distintos huéspedes incluyen la pudrición; de semillas, raíces, hipocótilo, corona, tallo, extremidades y vainas, además de cancro en el tallo, costra negra, tizón en las plántulas y marchitez tanto antes como después de la emergencia (Ajayi-Oyetunde & Bradley, 2018).

El ahogamiento representa el síntoma más frecuente causado por *Rhizoctonia* en la mayoría de las plantas que infecta, ocurriendo sobre todo en suelos fríos y húmedos, las plántulas muy jóvenes pueden perecer antes o justo después de emerger del suelo, antes de la emergencia, el hongo daña y destruye el ápice de crecimiento, lo que provoca una muerte rápida, no obstante, en plántulas carnosas y robustas, como las leguminosas o los brotes de papa aparecen puntas secas y lesiones café notorias antes de morir. Una vez que las plántulas han salido, el hongo invade el tallo volviéndolo acuoso, blando e incapaz de soportar el peso, lo que hace que la planta se derrumbe y muera (Agrios, 2006).

### 1.3.2. *Otros hongos causantes de la chupadera fungosa.*

***Fusarium sp.*** Este patógeno produce la chupadera fungosa que afecta a los cultivos desde su emergencia, dañando primordialmente las raíces, la cual ocasiona un amarillamiento en toda la planta causando pérdidas económicas en la producción (Franco & Mayco, 2020).

***Pythium sp.*** Este patógeno ataca principalmente las raíces, siendo especialmente perjudicial para las plántulas, las plántulas infectadas muestran un crecimiento lento y pueden llegar a desplomarse, en algunas plantas más desarrolladas es común observar pérdida de turgencia en las hojas o amarillamiento en sus extremos, al principio las plantas pueden recuperarse pero con el tiempo terminan marchitándose de manera irreversible (Koopert, s. f.).

***Sclerotium sp.*** Los síntomas de este patógeno aparecen en zonas de la planta que están en contacto con el suelo, como las raíces, tallos, hojas y frutos, normalmente se desarrollan lesiones de color marrón que rápidamente se transforman en tejido blando y acuoso en descomposición, las áreas afectadas se marchitan y presentan clorosis debido a la interrupción en la absorción de nutrientes (Buechel, 2018).

## 1.4. *Rhizoctonia sp.*

Las enfermedades causadas por el género *Rhizoctonia* se presentan en todo el mundo y generan pérdidas significativas en la mayoría de las plantas anuales, hortalizas, plantas

ornamentales y las malezas (Agrios, 2006), estas presentan esclerotes las que se encuentran en estado latente con una perpetuación de diez años, los esclerotes son formaciones de masas hifales con una cubierta que hace que sea resistente durante mucho tiempo ya que estas contienen nutrientes y esperan condiciones favorables para la germinación y penetración de tejidos (Alexopoulos & Mims, 1985).

#### **1.4.1. Taxonomía**

Según (EPPO, 2020; Mycobank, 2020) citado en (Dirección General de Sanidad Vegetal - Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, 2020, p. 3).

Dominio o Reino	: Fungi
Phyllum	: Basidiomycota
Clase	: Agaricomycotina
Orden	: Ceratobasidiales
Familia	: Ceratobasidiaceae
Género	: <i>Rhizoctonia</i> spp.

#### **1.4.2. Características de la colonia de *Rhizoctonia* sp.**

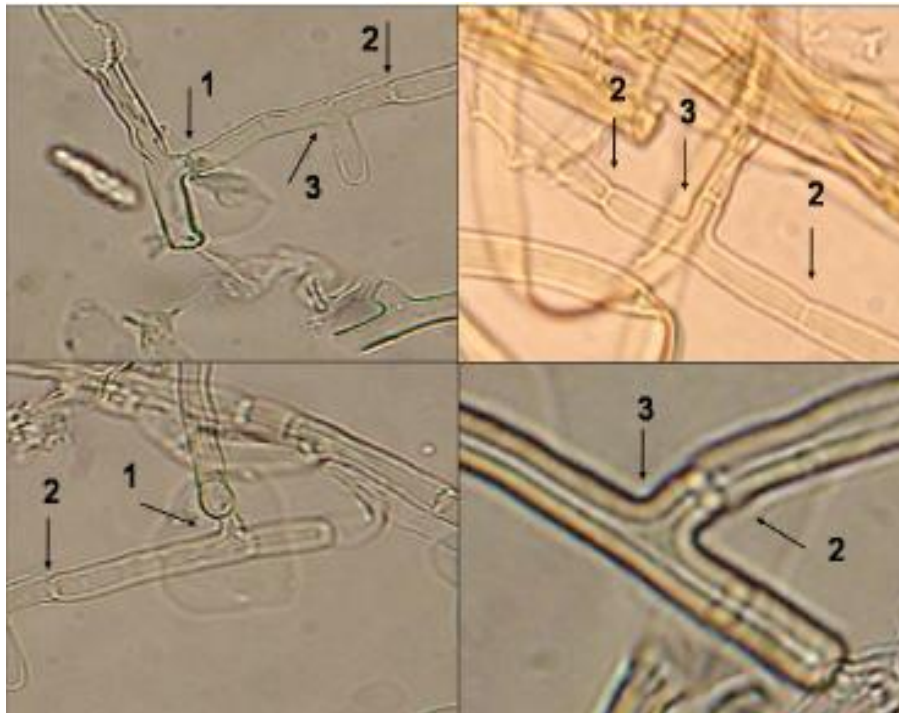
La colonia en medio PDA, presenta coloraciones blancas al principio y luego una coloración marrón y café en los bordes, presenta una textura aterciopelada con escaso micelio aéreo (Morales-Mora et al., 2020). forma micelios estériles, hialinos en su etapa juvenil que se va tornando de color amarillo o de un color café a medida que va madurando, este micelio está compuesto por células alargadas y produce ramificaciones que crecen casi en ángulo recto respecto a su hifa principal, las características de estas ramificaciones son generalmente los únicos medios para identificar al género *Rhizoctonia*, bajo ciertas condiciones este hongo puede formar ramilletes de células cortas y anchas con forma ovalada que se asemeja a los esclerocios (Agrios, 2006). Presenta colonias con un crecimiento rápido y da una coloración marrón al medio de cultivo, no forma esporas ni conidios y presenta un micelio marrón con un crecimiento rápido (Huerta & Huamán, 2017), presentando esclerocios de 1 a 3 mm de diámetro (Díaz et al., 2014).

### 1.4.3. Características microscópicas de *Rhizoctonia* sp.

Microscópicamente presentan hifas septadas, con ramificaciones de ángulo recto, que tiene una pequeña depresión en su base (Huerta & Huamán, 2017), *Rhizoctonia* sp. forma micelios estériles que son incoloros en etapa juvenil cambiando de color amarillo o café conforme va madurando (Agrios, 2006).

#### Figura 1.7.

Estructuras de *Rhizoctonia solani* vistas en microscopio.



Nota. 1) Constricción 2) Septas 3) Ramificación en ángulo recto. Fuente: (Díaz et al., 2014).

### 1.5. *Trichoderma* spp.

El género *Trichoderma* spp. comprende a hongos multifuncionales que se encuentran en una amplia variedad de ecosistemas, especialmente en suelos forestales y agrícolas. Las diferentes cepas de *Trichoderma* spp. pueden identificarse por características morfológicas comunes, tales como un pigmento conidial de color brillante, un crecimiento rápido y una ramificación constante de micelio, este género de hongos son de la familia Hypocreaceae, comúnmente vienen hacer uno de los habitantes de la rizosfera del suelo (Zin & Badaluddin, 2020).

### 1.5.1. Taxonomía

Según (Alexopoulos & Mims, 1979; Subramanian, 1983) citado en (Argumedo-Delira et al., 2009, p. 258), la clasificación taxonómica del género *Trichoderma* spp. es lo siguiente:

Reino : Mycetae (Fungi)  
 División : Eumycota  
 Subdivisión : Ascomycotina  
 Clase : Euascomycetes  
 Orden : Hypocreales  
 Familia : Hypocraceae  
 Género : *Trichoderma* spp.

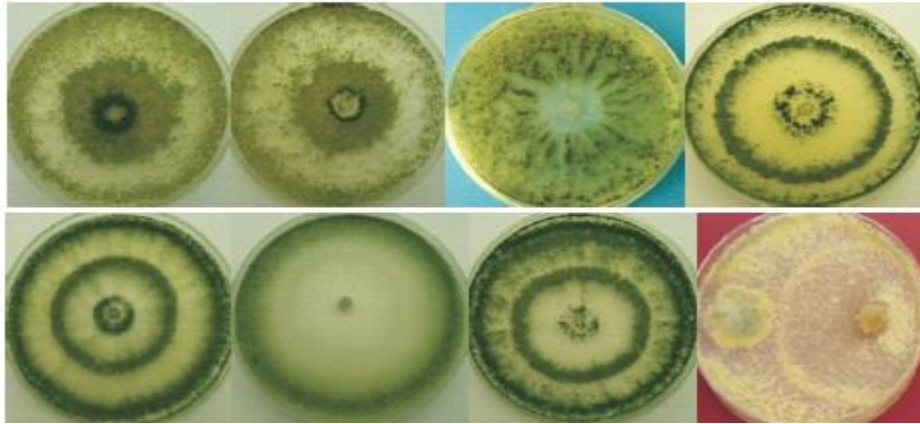
### 1.5.2. Características macroscópicas de *Trichoderma* spp.

**Colonias.** Las colonias de *Trichoderma* spp. presentan colores que van desde verde claro hasta un verde oscuro, con una textura que puede ser polvorienta o algodonosa. Su micelio, conidióforos y conidios exhiben un tono verde y muestran diversas ramificaciones en forma de pirámide: en algunos casos se observan dos o tres ramas laterales, además de la presencia de micelio aéreo (Andrade-Hoyos et al., 2019).

Las colonias de este hongo crecen rápidamente en medio Agar de Papa Dextrosa (PDA), iniciándose con un endurecimiento en la zona sembrada, su desarrollo diario alcanza hasta 12,68 mm de diámetro y suele formar un anillo translúcido, en el segundo día aparece un micelio blanco y esponjoso que al tercer día se torna de color verde. Entre en quinto y sexto día, la colonia adopta un tono verde oscuro y una textura pulverulenta. Además, la parte inferior de la colonia presenta colores que varían entre amarillo pálido, ámbar y verdoso (Caiza, 2013; Poalacin, 2015).

### Figura 1.8.

*Colonias de Trichoderma spp.*



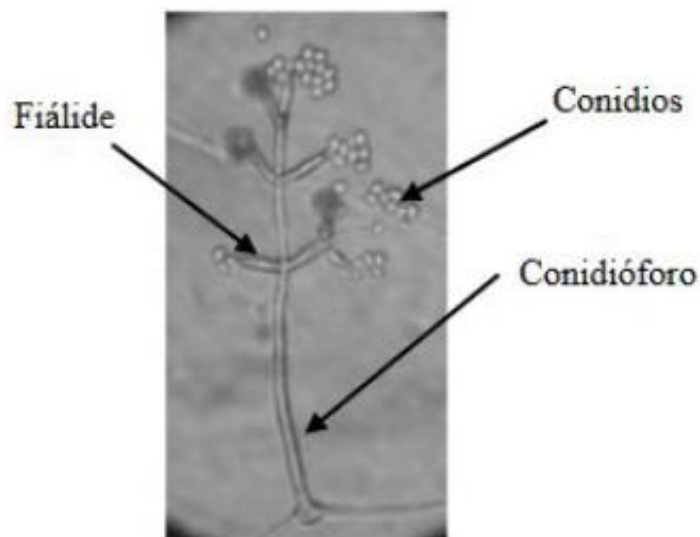
*Nota.* Crecimiento de las cepas de *Trichoderma spp.* en cajas Petri con PDA. *Fuente:* (Guigón-López et al., 2010).

#### 1.5.3. Características microscópicas de *Trichoderma spp.*

Presentan características morfológicas teniendo hifas septadas de 7-10  $\mu\text{m}$  de ancho; conidios con forma ovalada, y que son unicelulares con coloración verde, de 4-5  $\mu\text{m}$  de diámetro, conidióforos hialinos ramificados; fiálides sencillas o en grupos; clamidosporas unicelulares (Samaniego-Fernández et al., 2018).

### Figura 1.9.

*Características microscópicas de Trichoderma spp. vistas en microscopio.*



*Fuente:* (Infante et al., 2009).

Algunos autores también mencionan lo siguiente.

**Hifas - Micelio.** Presenta septos simples en su fase vegetativa y la pared celular está formado por quitina y glucano, además tiene un color blanco y una textura algodonosa que cambia a verde debido a la esporulación (Martínez et al., 2013).

**Conidióforos.** Son hialinos, rígidos, no están verticilados, habitualmente ramificados que están en agrupaciones o solitarios (Poalacin, 2015).

**Conidios.** Son esporas asexuales de color verde, amarillo u blanco. Tiene la característica de presentar abundante esporulación lo cual le da la capacidad de asegurar su supervivencia las paredes celulares de esta estructura están conformadas por quitina y glucagón (Argumedo – Delira et al., 2009). Posee un diámetro de 3 a 5  $\mu\text{m}$  (Martínez et al., 2013).

**Fiálides.** Son estructuras en la cual se forman los conidios, tienen una forma asemejada a una botella, teniendo un hinchamiento en la parte media que se alarga en la parte terminal (Poalacin, 2015).

**Clamidosporas.** La mayoría de especies de *Trichoderma* spp. tienen clamidosporas, que pueden encontrarse tanto en posiciones intercaladas como en algunos casos en posiciones terminales, Estas clamidosporas funcionan como estructuras de resistencia que permiten al hongo soportar condiciones ambientales desfavorables y asegurar su supervivencia a largo tiempo (Infante et al., 2009), presentan una coloración amarillenta o verdosa, con aspecto húmedo, de forma globosa o elíptica, teniendo un diámetro que va de entre 6 a 15  $\mu\text{m}$  (Caiza, 2013).

#### **1.5.4. Mecanismos de acción de *Trichoderma* spp.**

**Competencia.** es un mecanismo clave de antagonismo que ocurre cuando dos o más organismos compiten por un mismo recurso, como sustratos o nutrientes, y el aprovechamiento de dicho recurso por uno de ellos disminuye la cantidad o el espacio disponible para los demás. Este tipo de antagonismo está influenciado tanto por las características del agente de control biológico, como por su capacidad de adaptación ecológica, rapidez en el crecimiento y desarrollo, como por factores externos tales como el tipo de suelo, pH, T° y humedad (Infante et al., 2009).

**Micoparasitismo.** Se define como una relación antagónica entre organismos, en la cual suelen participar enzimas extracelulares como quitinasas y celulasas, que actúan sobre la composición y estructura de las paredes celulares de los hongos parasitados. Durante este proceso, las especies de *Trichoderma* spp. crecen de manera quimiotrópica hacia el hospedante, se adhieren a sus hifas a menudo se enrollan alrededor de ellas y en ocasiones las penetran. La degradación de las paredes celulares del hospedante se observa en etapas avanzadas del parasitismo, lo que provoca un debilitamiento casi total del fitopatógeno (Novagri, 2019).

**Antibiosis.** Consiste en la acción directa de antibióticos o metabolitos tóxicos que un microorganismo produce y que afectan a otro microorganismo sensible a estas sustancias. Sin embargo, algunos consideran que la antibiosis no debería ser el mecanismo principal de acción de un antagonista, debido al riesgo de que el patógeno desarrolle cepas resistentes a dichos patógenos (Infante et al., 2009).

**Competencia dual.** Es una técnica que permite evaluar las características de crecimiento, adaptación y capacidad de biocontrol tanto del hongo patógeno como del antagonista. Este método consiste en confrontar directamente al patógeno y al antagonista en una placa Petri, con el fin de medir el nivel de antagonismo y calcular el porcentaje de inhibición del crecimiento radial del patógeno (Ayala, 2019).

#### ***1.5.5. Principales especies de Trichoderma***

***Trichoderma harzianum.*** Son reconocidos por su capacidad para producir toxinas y antibióticos estos hongos se encuentran en diversos materiales orgánicos y suelos, adaptándose a distintas condiciones ambientales que favorecen su amplia dispersión, algunos prosperan en sitios secos y templados mientras que otros prefieren climas templados y fríos (Seaby, 1996).

***Trichoderma viride.*** Es un hongo antagonista, microorganismo vivo que se nutre de otros hongos patógenos en plantas, materia orgánica inerte y exudados radiculares, es inofensivo para personas, animales y vegetales, entre sus ventajas principales destaca la reducción de gastos en producción al evitar fungicidas químicos, sin impacto en aguas ni medio ambiente y su compatibilidad con cultivos convencionales y orgánicos (Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA], 2019).

***Trichoderma asperellum.*** Es un hongo fomenta el desarrollo radicular y protege la raíz por ya que genera una mayor biomasa gracias al crecimiento de raíces secundarias y terciarias,

cuanto mayor sea la superficie radical más nutrientes se absorberán lo que impulsa un crecimiento superior (Rivera-Méndez et al., 2018).

*Trichoderma virens*. Es un hongo antagonista que posee cualidades preventivas y de control biológico para manejar enfermedades fúngicas en cultivos económicamente importantes, incluye beneficios como la promoción de crecimiento y desarrollo vegetativo en plantas jóvenes, destaca por colonizar las raíces de las plantas bloqueando la infección de otros fitopatógenos (Gómez, 2014).

## **1.6. Marco conceptual**

### **1.6.1. Aislamiento de hongos**

Un aislamiento viene hacer la obtención de un microorganismo puro, que se ha sacado de un ambiente hacia otro, a través de técnicas que se realizan en los laboratorios, tiene la principal finalidad de hacer inducir el crecimiento en medios de cultivo que son artificiales para realizar su identificación. Los aislamientos se pueden realizar de un tejido vegetal que tiene los síntomas primarios o también se pueden realizar de material propagativo de las plantas todo ello para confirmar si es que esta el patógeno o no (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA], 2020)

### **1.6.2. Siembra de hongos**

La siembra de patógenos es la acción de poner una pequeña parte de muestra que contiene un inóculo en un medio de cultivo, con la finalidad de darle las condiciones para su desarrollo y crecimiento, tiene reglas estrictas tales como que se haga de una manera asépticamente, que todos los utensilios a utilizar como los medios de cultivos e instrumentos estén esterilizados, solo se realicen manipulaciones necesarias, que no exista corrientes de aire en el lugar de trabajo y de lo posible trabajar con un mechero o bajo una cámara de flujo laminar (Santambrosio, 2009).

### **1.6.3. Purificación**

Un cultivo puro viene hacer el que tiene solo un tipo de microorganismo dentro del medio de cultivo, estos se obtienen a partir de colonias aisladas, de tal manera que se obtenga el patógeno con la misma composición genética, las colonias puras son muy esenciales ya que con ellas se pueden estudiar las características de los microorganismos y para su identificación certera (SENASICA, 2020).

#### ***1.6.4. Antagonismo***

Es un mecanismo que se fundamenta en la acción directa de un microorganismo para inhibir a otro, generando efectos contrarios entre ambos dentro de un mismo sistema (Cotes, 1993).

## **Capítulo II**

### **Materiales y métodos**

#### **2.1. Lugar del experimento**

##### **2.1.1. Laboratorio**

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Fitopatología de la Escuela Profesional de Agronomía, de la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud de 2788,4 msnm y con coordenadas de 13°08'43"S, 74°13'18"W. Lugar donde se llevaron a cabo las siguientes labores: aislamiento, purificación, caracterización de *Trichoderma* spp. y *Rhizoctonia* sp., y las pruebas de enfrentamiento *in vitro* e *in vivo*.

##### **2.1.2. Lugar de recolección de muestras de suelo para la obtención de *Trichoderma* spp. nativos.**

Todas las muestras de suelo fueron recolectadas del distrito de Vilcas Huamán, provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho, de las siguientes zonas:

**Witco** : Altitud de 3417 msnm y con coordenadas de 13°39'07"S 73°57'44"W.

**Estanciapata** : Altitud de 3517 msnm y con coordenadas de 13°40'00"S 73°57'18"W.

**Pacchapampa** : Altitud de 3625 msnm y con coordenadas de 13°40'23"S 73°55'38"W.

#### **2.2. Tipo de investigación**

La investigación es del tipo experimental – descriptiva.

#### **2.3. Variables**

##### **2.3.1. Variable independiente**

- Cepas de *Trichoderma* spp. nativos.

### 2.3.2. Variable dependiente

- Características morfológicas de cepas de *Trichoderma* spp. nativos y *Rhizoctonia* sp.
  - Inhibición de *Rhizoctonia* sp. *in vitro* frente a *Trichoderma* spp. nativos.
4. Inhibición de *Rhizoctonia* sp. en frijol con *Trichoderma* spp. nativos.

### 2.3.3. Indicadores

Los indicadores de las variables se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 2.1.**

*Indicadores y variables de la investigación.*

Variable independiente	Indicador
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad antagónica de las cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos.</li> </ul>
Variable dependiente	Indicador
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características morfológicas de cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativos.</li> </ul>	<p>Característica macroscópica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma y aspecto de la colonia.</li> <li>• Color del micelio.</li> <li>• Ratio de crecimiento de la colonia.</li> <li>• Días en que llena la placa Petri.</li> </ul> <p>Característica microscópica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Color de las hifas.</li> <li>• Forma de los conidióforos.</li> <li>• Forma del fiálide.</li> <li>• Forma de los conidios.</li> </ul>

- 
- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Características morfológicas de cepas de <i>Rhizoctonia</i> sp.</li> </ul> | <p>Característica macroscópica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma y aspecto de la colonia</li> <li>• Color del micelio.</li> <li>• Color y forma de los esclerocios.</li> <li>• Ratio de crecimiento de la colonia.</li> <li>• Días en que llena la placa Petri.</li> </ul> <p>Característica microscópica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Color y forma de las hifas.</li> </ul> |
|---|--|
- 

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhibición de <i>Rhizoctonia</i> sp. <i>in vitro</i> frente a <i>Trichoderma</i> spp.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencia dual: porcentaje de inhibición del crecimiento radial (%).</li> <li>• Micoparasitismo: (%) parasitismo.</li> </ul> |
|---|---|
- 

- |  |  |
|--|--|
| <p>5. Inhibición de <i>Rhizoctonia</i> sp. en semillas de frijol inoculadas con <i>Trichoderma</i> spp. nativos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de germinación de semillas de frijol (%)</li> <li>• Porcentaje de emergencia de plántulas de frijol (%)</li> <li>• Porcentaje de incidencia (%) de la enfermedad en semillas y plántulas de frijol.</li> </ul> |
|--|--|
- 

## 2.4. Metodología experimental

### 2.4.1. Caracterización morfológica de cepas de *Trichoderma* spp. nativos

**Recolección de muestras de suelo.** La recolección de muestras de suelo se llevó a cabo por el método de zig- zag, en parcelas agroecológicas que tenían cultivos de papa, frijol, maíz y olluco. Se extrajo muestras de suelo circundante a las raíces de los cultivos con aproximadamente 500 gr de peso, las cuales se depositaron en bolsas de papel Kraft, con la fecha, nombre del lugar y del cultivo del que se recolectó la muestra del suelo, estas fueron llevadas al laboratorio de fitopatología.

**Dilución seriada de muestras de suelo recolectadas y siembra de aislamientos.**

**Primera fase.** Se sacó 10 gr de suelo por muestra, el suelo se puso en un taper con 90 ml de agua estéril, el taper estuvo bien sellado. Posteriormente se agitó manualmente para obtener una mezcla homogénea y por último, se abrió ligeramente la tapa por 30 minutos y se llevó cuidadosamente a la cámara de flujo laminar.

**Segunda fase.**

Se usó la cámara de flujo laminar, en la cual en dos tubos de ensayo se añadió 9 ml de agua estéril para cada tubo con la ayuda de una probeta pequeña, simultáneamente se sacó 1000 µl del sobrenadante del taper con la ayuda de una micropipeta de 1000 µl y se añadió al primer tubo  $10^{-1}$  (primera dilución), después se sacó 1000 µl del primer tubo para añadirlo en el segundo tubo  $10^{-2}$  (segunda dilución). Luego se trabajó con una micropipeta de 100 µl, donde del tubo  $10^{-2}$  (segunda dilución) se sacó 100 µl y se sembró en placas Petri con medio PDA con la ayuda de un triángulo Drigalsky, esterilizado bajo un mechero, posteriormente se realizó el mismo método, pero con la primera dilución ( $10^{-1}$ ), después de realizar los pasos anteriores se procedió a rotular cada placa Petri con la fecha, la dilución, la zona de donde es la muestra del suelo y por último se guardó en la estufa a 25 °C y se esperó entre 5 – 7 días para el crecimiento de las distintas colonias.

**Purificación.** Después de 5 – 7 días se buscó colonias que tenían un aspecto similar al de *Trichoderma* spp. los cuales se procedieron a volver a sembrar en la cámara de flujo laminar con la técnica de repique directo colocando el disco en la placa con la ayuda de un sacabocado, este estuvo previamente esterilizado sometiénndose al calor bajo un mechero, una vez repicado se procedió a rotular con sus códigos correspondientes y la fecha, se forraron las placas con papel bond y se pusieron en una bolsa de polipropileno para finalmente ponerlas en la estufa a 25°C, se repitió esta técnica hasta obtener cultivos puros.

**Caracterización morfológica.** Las caracterizaciones morfológicas se realizaron al obtener cultivos puros de cada aislamiento, se observaron las características macroscópicas y microscópicas, para lo cual se esterilizó un estilete y se procedió a extraer parte de las estructuras del cultivo puro de *Trichoderma* spp., y se puso a un portaobjeto que previamente se le añadió una gota de lactofenol, luego se cubrió con el cubreobjetos para poder observar las estructuras en aumentos de 4x, 10x, 40x (objetivos) y así poder hacer la caracterización microscópica como conteo de conidios, medidas del largo y ancho de los conidios, forma de las

hifas, conidióforos, fiálides y conidios, también se determinó las características macroscópicas como el color y forma que presentan los cultivos puros, ratio de crecimiento y en cuantos días llenaron las placas.

Se realizó comparaciones de lo visualizado en el microscopio y en el crecimiento en placas Petri con artículos y estudios posteriormente reportados por otros autores como también se utilizó las claves taxonómicas (Barnett y Hunter) de hongos para aseverar la caracterización morfológica.

**Ratio de crecimiento.** Una vez que se obtuvo cepas de *Trichoderma* spp., se procedió a hacer las medidas del ratio de crecimiento donde se volvió a repicar cada cepa con 5 repeticiones, donde cada placa tuvo un diámetro de 9 cm, se dividió la placa en 4 cuadrantes con un radio de 4.5 cm para cada cuadrante, se midió todos los días a la misma hora el crecimiento de los aislamientos de *Trichoderma* spp. y se determinó en cuantos días llenó toda la placa, también se midió la tasa de crecimiento de las cepas.

**Conteo de conidios.** Para realizar el conteo de conidios se hicieron los siguientes pasos:

Se puso 25 ml de agua destilada a una placa que contenía una cepa de *Trichoderma* spp. nativo, en medio PDA, al cual con un triángulo Drigalsky previamente esterilizado se removió todos los bordes de la placa para combinar el agua destilada con las estructuras de *Trichoderma* spp. nativos hasta obtener una solución de color verde. Una vez obtenida la solución, se extrajo 1000 µl del sobrenadante con una micropipeta de 1000 µl y se depositó a un tubo esterilizado que contenía 9 ml de agua destilada (primera dilución  $10^{-1}$ ), después se sacó 1000 µl del primer tubo para añadirlo en el segundo tubo (segunda dilución  $10^{-2}$ ). La dilución ( $10^{-2}$ ) se puso en los bordes de la cámara de Neubauer para luego hacer el conteo de conidios con la ayuda de un microscopio. En la vista microscópica se observó cuadrantes grandes que cada uno contenía cuadrados pequeños, dentro de las cuales se encuentran los conidios de *Trichoderma* spp. nativos, para lo cual se contabilizó 5 cuadrantes grandes en especial de los bordes y del medio, para poder así conocer la cantidad de conidios que existe en 1 ml de solución, bajo la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de células}}{5 \text{ cuadrillos}} \times \frac{25 \text{ cuadrillos}}{1 \text{ cuadro grande}} \times \frac{1 \text{ cuadro}}{1 \times 1 \times 0.1 \text{ mm}^3} \times \frac{1000 \text{ mm}^3}{1 \text{ cm}^3} \times \frac{1 \text{ cm}^3}{1 \text{ mL}} \times \text{FD}$$

Donde:

FD = factor de dilución

**Medida de conidios.** Se realizaron montajes que se visualizaron en un microscopio digital, para lo cual se esterilizó un estilete, se procedió a extraer parte de las estructuras del cultivo puro de *Trichoderma* spp., y se puso a un portaobjeto que tenía una gota de azul de lactofenol, luego se cubrió con el cubreobjetos para poder observar las estructuras en aumentos de 4x, 10x, 40x (objetivos) y hacer las mediciones del largo y ancho de los conidios.

**Conservación de cultivos puros.** Una vez caracterizado los cultivos puros de *Trichoderma* spp. se conservaron mediante la metodología del tubo inclinado, se hicieron en tubos de ensayo de 1.5 cm de diámetro y 12.5 cm de largo que se esterizaron en el autoclave, a los tubos de ensayo se les añadió medio de cultivo PDA en la cámara de flujo laminar, se colocaron los tubos de forma inclinada y se dejó solidificar, una vez que los tubos estuvieron listos se colocó un disco de 0.5 cm de diámetro con el crecimiento del cultivo puro caracterizado, para luego colocarlo en la estufa a 25°C por tres días en promedio para después conservarlos en la refrigeradora, rotulando con la fecha, el código del género y el tipo de medio de cultivo.

#### 2.4.2. Caracterización morfológica de aislamientos de *Rhizoctonia* sp.

**Colecta de muestras.** Se sembraron semillas de frijol de la variedad canario, en pequeños tapers, induciendo a producir la enfermedad bajo un riego constante y abundante con lo cual se produjo síntomas de chupadera (pudrición radicular) en las plántulas, las cuales se introdujeron en cámaras húmedas.

**Cámara húmeda.** Se realizaron cámaras húmedas para obtener el patógeno, para lo cual se desinfectaron tapers con alcohol de 70°, se colocó papel toalla dentro de los tapers y se le añadió agua destilada hasta empaparlas para obtener humedad, luego se introdujo el material vegetal y por último se procedió a cerrar con su tapa para que el patógeno pueda desarrollarse y presentar signos, para realizar la siembra en placas Petri.

**Siembra y purificación.** La siembra se realizó cuando las muestras vegetales desarrollaron signos, de las cuales se hicieron siembras directas en la cámara de flujo laminar, para lo cual, con la ayuda de un estilete estéril se extrajo los signos del patógeno del material vegetal para introducirlos en las placas con medio PDA, los cuales se rotularon con la fecha y el nombre del patógeno, para luego ser depositados en la estufa a 25 °C para su crecimiento y desarrollo. Después de 3 días se procedió a observar las placas y en las que presentaron

contaminación, se procedió a volver hacer el repique hasta que se obtuvieran cultivos puros de *Rhizoctonia* sp.

**Caracterización morfológica.** La caracterización morfológica se realizó cuando se tuvieron cultivos puros de *Rhizoctonia* sp., donde se observaron microscópicamente las características de este hongo como el color, forma y tamaño de las hifas, también se determinó las características macroscópicas como el color y forma que presentan los cultivos puros, color, forma y tamaño de los esclerocios, ratio de crecimiento y en cuantos días llenaron las placas, se hicieron las comparaciones que reportan los distintos autores que realizaron estudios de caracterización en este hongo y también se usaron las claves taxonómicas de hongos para aseverar la caracterización.

**Ratio de crecimiento.** Para hacer las medidas del ratio de crecimiento se procedió a volver a repicar la *Rhizoctonia* sp. con 5 repeticiones donde, cada placa tuvo un diámetro de 9 cm, se dividió la placa en 4 cuadrantes con un radio de 4.5 cm para cada cuadrante, se midió todos los días a la misma hora el crecimiento de los aislamientos de *Rhizoctonia* sp. y se determinó en cuantos días llenó toda la placa, también se midió la tasa de crecimiento de las cepas.

#### 2.4.3. Prueba de enfrentamiento in vitro

**Competencia dual.** La competencia dual de las cepas de *Trichoderma* spp. nativos y *Rhizoctonia* sp. se evaluaron mediante la aplicación de cultivos pareados, que consistió en colocar en cada extremo de la placa un disco de 5 mm de diámetro de la cepa de *Trichoderma* spp. nativos y de *Rhizoctonia* sp. previamente caracterizadas, midiendo todos los días la tasa de crecimiento de estos dos hongos, hasta que entren en contacto en la placa Petri, para lo cual se calculó el porcentaje de inhibición del crecimiento radial de *Rhizoctonia* sp.

Se trabajó con 5 cepas diferentes de *Trichoderma* spp. nativos y una cepa de *Rhizoctonia* sp., todas estas estuvieron previamente caracterizadas.

**Porcentaje de inhibición del crecimiento radial.** El porcentaje de inhibición de *Rhizoctonia* sp. frente a *Trichoderma* spp. se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$\text{PICR} = ((R1 - R2) / R1) \times 100$$

Dónde: PICR: porcentaje de inhibición del crecimiento radial (%).

R1: crecimiento radial del testigo (*Rhizoctonia* sp.) (cm).

R2: radio de inhibición de *Rhizoctonia* sp. frente a *Trichoderma* spp. (cm).

Los resultados del PICR fueron clasificados en base a la propuesta de Ramirez et al. (2019).

**Tabla 2.2.**

*Escala utilizada para la evaluación de la capacidad antagónica de hongos en condiciones in vitro.*

Clasificación	Capacidad antagónica
0	Sin crecimiento o inhibición
1	1 - 25% de inhibición del crecimiento
2	26 - 50% de inhibición del crecimiento
3	51 - 75% de inhibición del crecimiento
4	76 - 100% de inhibición del crecimiento

Fuente: Ramirez et al. (2019).

**Tratamientos.** Consto de 5 tratamientos y un testigo con 5 repeticiones cada uno, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2.3.**

*Tratamientos de la prueba de competencia dual de Trichoderma spp. nativos frente Rhizoctonia sp. in vitro.*

Tratamientos	Descripción
Testigo	Cepa de <i>Rhizoctonia</i> sp. sin enfrentamiento
T1	Cepa WTC1 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T2	Cepa WTC2 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T3	Cepa ETC14 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T4	Cepa ETC17 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T5	Cepa ETC16 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.

**Micoparasitismo.** Para realizar la prueba del micoparasitismo, primero se tuvo que realizar el enfrentamiento dual en placas Petri con medio PDA entre las cepas de *Trichoderma* spp. frente a *Rhizoctonia* sp., con la diferencia que en esta prueba no se midió la tasa de crecimiento de estos dos hongos, sino que se incubaron en la estufa a 25 °C por 10 días, para luego tomar de cada placa Petri con un sacabocado estéril 5 discos de 5 mm de diámetro de la colonia de *Rhizoctonia* sp. hasta la colonia de *Trichoderma* spp., las cuales se volvieron a repicar en placas Petri con medios de cultivo PDA donde se incubaron en la estufa a 25 °C por 7 días para detectar la presencia del micoparásito (*Trichoderma* spp.) o del fitopatógeno (*Rhizoctonia* sp.).

Se trabajó con 5 cepas diferentes de *Trichoderma* spp. nativos y una cepa de *Rhizoctonia* sp., todas estas estuvieron previamente caracterizadas.

**Tratamientos.** Constó de 5 tratamientos y un testigo con 5 repeticiones cada uno, donde por cada repetición se volvió a repicar 5 veces para poder realizar el (%) de parasitismo, donde:

$$\% \text{ Parasitismo} = \frac{CT \times 100}{N}$$

Donde:

CT = Muestras con crecimiento de *Trichoderma* spp. nativos.

N = Número de muestras extraídas de cada placa.

**Tabla 2.4.**

*Tratamientos de la prueba de micoparasitismo de Trichoderma spp. nativos frente al patógeno Rhizoctonia sp.*

Tratamientos	Descripción
Testigo	Cepa de <i>Rhizoctonia</i> sp.
T1	Cepa WTC1 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T2	Cepa WTC2 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T3	Cepa ETC14 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T4	Cepa ETC17 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T5	Cepa ETC16 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.

#### 2.4.4. Control de *Rhizoctonia sp.* en frijol inoculadas con *Trichoderma spp.* nativos

**Preparación del sustrato.** El sustrato se preparó con la proporción 2:1 (tierra negra: suelo agrícola de Vilcas Huamán) dándole las condiciones para el crecimiento, germinación y emergencia del frijol.

Este sustrato se depositó en bandejas de plástico de 38.7 cm largo, 25.1 cm de ancho y 5.1 cm de profundidad, teniendo en cuenta los tratamientos al sustrato se le incorporó el patógeno con medio PDA (tres placas por cada bandeja).

**Inoculación de semillas.** Las semillas del frijol de la variedad canario se inocularon con las cepas caracterizadas de *Trichoderma spp.* teniendo en cuenta los tratamientos, para lo cual se preparó una mezcla de *Trichoderma spp.* con agua destilada estéril (2 placas para 200 ml de agua), en la mezcla se sumergieron las semillas durante dos horas. Se sembró 18 semillas en cada bandeja.

Se trabajó con 5 cepas diferentes de *Trichoderma spp.* nativos y una cepa de *Rhizoctonia sp.*, todas estas estuvieron previamente caracterizadas.

**Tratamientos.** Constó de 11 tratamientos y un testigo con 3 repeticiones cada uno.

**Tabla 2.5.**

*Tratamientos de la prueba de control de Rhizoctonia sp. en frijol inoculadas con Trichoderma spp. nativos.*

Tratamientos	Descripción
Testigo	Semillas sin inoculación de <i>Trichoderma spp.</i> y sin inoculación de <i>Rhizoctonia sp.</i> al suelo.
T1	Semillas sin inoculación de <i>Trichoderma spp.</i> y con inoculación de <i>Rhizoctonia sp.</i> al suelo.
T2	Semillas inoculadas con la Cepa WTC1 de <i>Trichoderma spp.</i> , sin inoculación de <i>Rhizoctonia sp.</i> al suelo.
T3	Semillas inoculadas con la Cepa WTC2 de <i>Trichoderma spp.</i> , sin inoculación de <i>Rhizoctonia sp.</i> al suelo.
T4	Semillas inoculadas con la Cepa ETC14 de <i>Trichoderma spp.</i> , sin inoculación de <i>Rhizoctonia sp.</i> al suelo.

T5	Semillas inoculadas con la Cepa ETC17 de <i>Trichoderma</i> spp., sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T6	Semillas inoculadas con la Cepa ETC16 de <i>Trichoderma</i> spp., sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T7	Semillas inoculadas con la Cepa WTC1 de <i>Trichoderma</i> spp., con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T8	Semillas inoculadas con la Cepa WTC2 de <i>Trichoderma</i> spp., con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T9	Semillas inoculadas con la Cepa ETC14 de <i>Trichoderma</i> spp., con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T10	Semillas inoculadas con la Cepa ETC17 de <i>Trichoderma</i> spp., con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T11	Semillas inoculadas con la Cepa ETC16 de <i>Trichoderma</i> spp., con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.

---

**Porcentaje de germinación.** Se realizó 15 días después de la siembra, para lo cual se retiró de cada bandeja la cantidad de semillas sembradas por cada tratamiento, donde se evaluó el porcentaje de germinación, utilizando la siguiente fórmula:

$$(\text{Número de semillas germinadas} / \text{Número total de semillas sembradas}) \times 100.$$

**Porcentaje de emergencia.** Se realizó 15 días después de la siembra, para lo cual se evaluó la cantidad de plántulas de cada tratamiento emergidas del sustrato, utilizando la siguiente fórmula:

$$(\text{Número de plántulas emergidas} / \text{Número total de semillas sembradas}) \times 100$$

**Porcentaje de incidencia.** Se realizó a los 15 días después de la siembra, para lo cual se evaluó la cantidad de plántulas y semillas con síntomas de la enfermedad de cada tratamiento, utilizando la siguiente fórmula:

$$(\text{Número de plantas y semillas con síntomas de la enfermedad} / \text{Número total de plantas evaluadas}) \times 100$$

#### ***2.4.5. Diseño experimental***

**Diseño Completo al Azar (DCA).** Se usó el diseño completamente al azar, ya que nos permitió verificar un sin límite de tratamientos y repeticiones, dándonos además el mayor número de grados de libertad para el error, y su uso se da en sitios experimentales donde no existe un factor de bloqueo como es el caso del laboratorio.

**Procesamiento de datos.** Se realizó en el software estadístico Infostat, en el cual se realizó el análisis de varianza (ANVA) y se aplicó la prueba de Tukey con 5% de error, el cual tuvo como fin determinar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos.

### Capítulo III

#### Resultados y discusiones

##### 3.1. Obtención de cepas de *Trichoderma* spp. nativos

Se aislaron 6 cepas de *Trichoderma* spp. nativos de la localidad de Witco, 3 cepas de la localidad de Pacchapampa y 9 cepas de la localidad de Estanciapata, las cuales fueron codificadas con las iniciales del lugar y el número de la cepa como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 3.1.**

*Cepas de Trichoderma spp. nativos aislados de tres localidades; Witco, Pacchapampa y Estanciapata, y sus códigos respectivos.*

Lugar	Código
Witco	WTC1
Witco	WTC2
Witco	WTC3
Witco	WTC4
Witco	WTC5
Witco	WTC6
Pacchapampa	PTC7
Pacchapampa	PTC8
Pacchapampa	PTC9
Estanciapata	ETC10
Estanciapata	ETC11
Estanciapata	ETC12
Estanciapata	ETC13
Estanciapata	ETC14
Estanciapata	ETC15
Estanciapata	ETC16
Estanciapata	ETC17
Estanciapata	ETC18

### 3.2. Caracterización morfológica de cepas de *Trichoderma* spp. nativos.

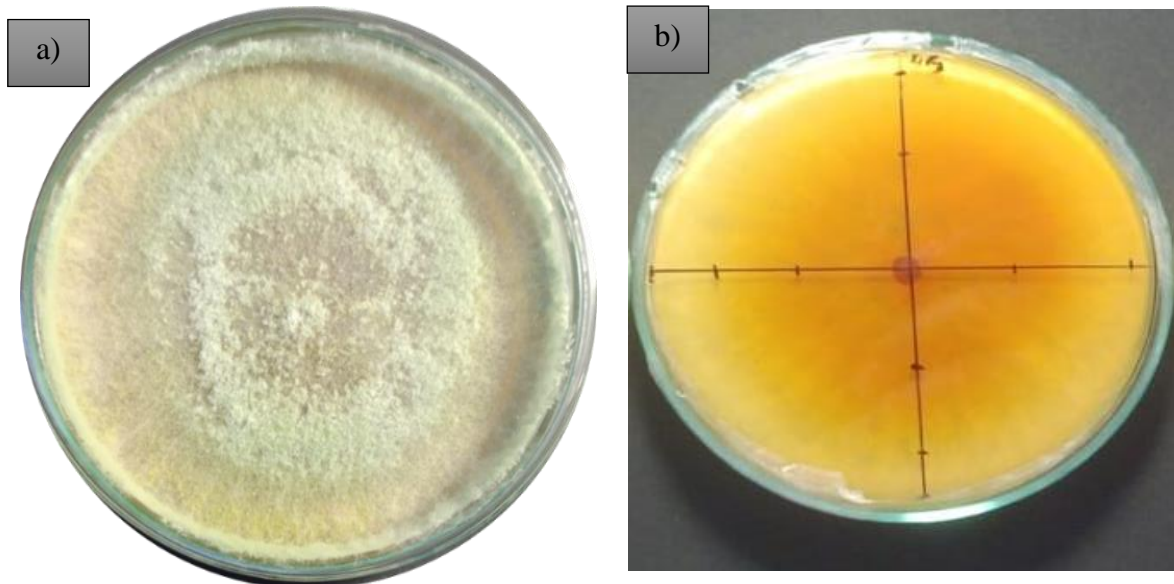
Las 18 cepas obtenidas se dividieron en 5 grupos teniendo en cuenta las características macroscópicas y microscópicas similares, por lo que se tomó una cepa de cada grupo para realizar las pruebas posteriores.

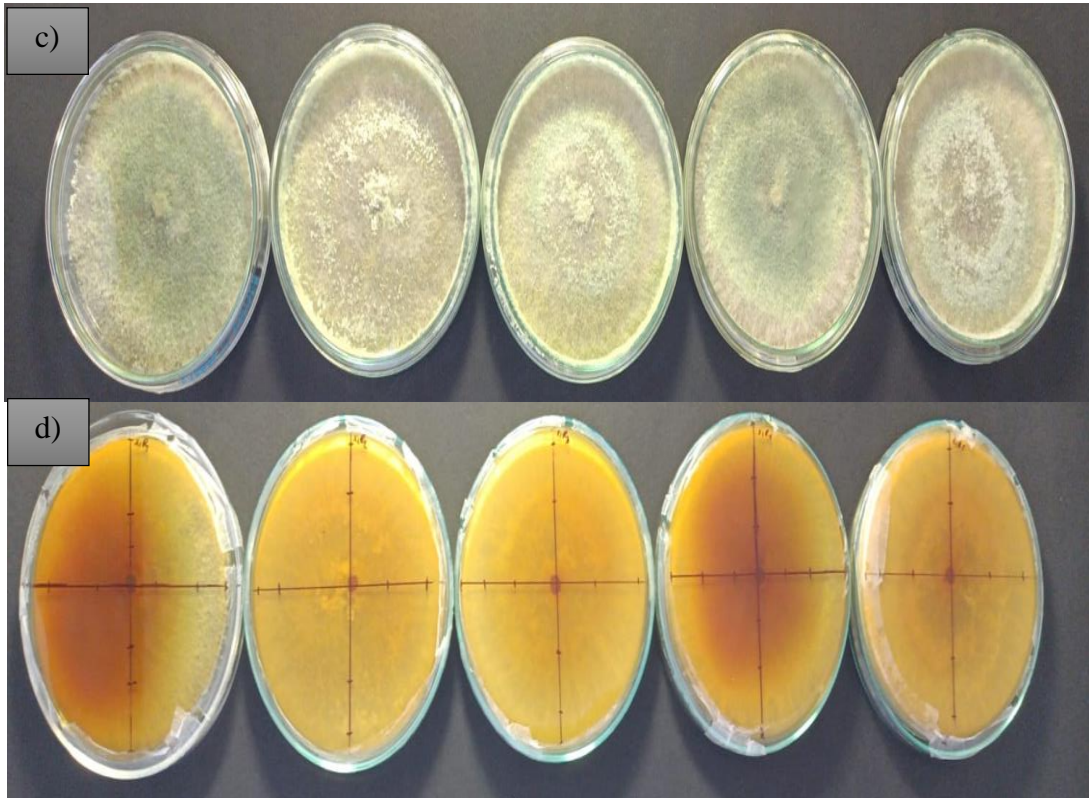
#### 3.2.1. Cepas grupo 1

Las cepas, WTC1, WTC6, ETC10 y ETC11, presentaron características morfológicas similares. Macroscópicamente en medio PDA presentaron micelio algodonoso de color blanco que se tornó de color verde oscuro con el paso de los días, al reverso de la placa tomo una tonalidad crema - anaranjada que coincide con lo reportado por Gupta et al. (2014, citado por Mesa-Vanegas et al., 2019) y Caiza (2013). En medio PDA presentaron una tasa de crecimiento promedio de 1.21 cm/día que coincide con lo reportado por Miguel-Ferrer et al. (2021), llenando la placa en 4 días.

#### Figura 3.1.

*Características macroscópicas de las cepas WTC1, WTC6, ETC10 y ETC11 en medio PDA.*

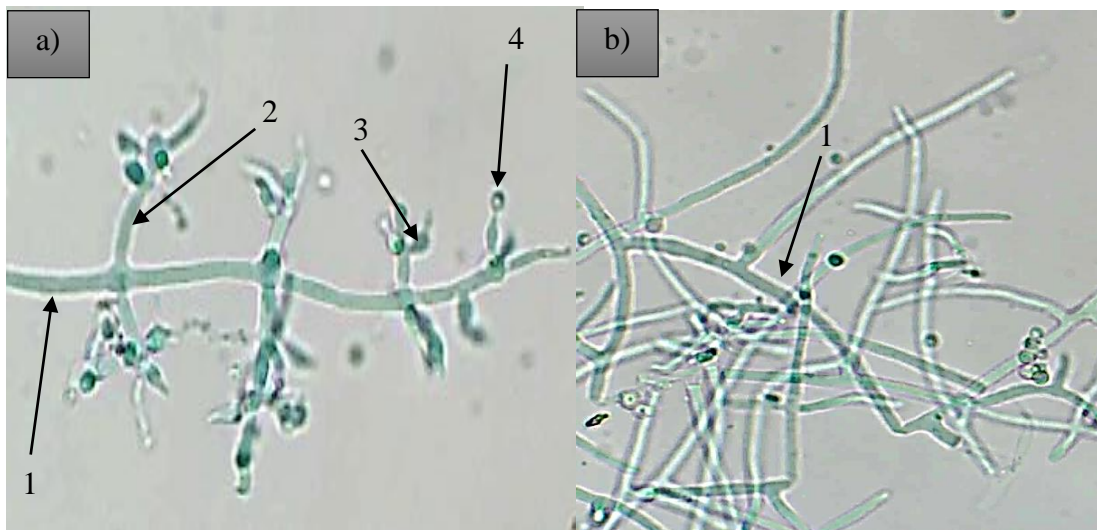




*Nota:* a) Anverso de la colonia a los 10 días después de a ver realizado el repique, b) Reverso de la colonia a los 10 días después de a ver realizado el repique. c) Anverso de las repeticiones. d) Reverso de las repeticiones.

### Figura 3.2.

*Características microscópicas de las cepas WTC1, WTC6, ETC10 y ETC11, observaciones microscópicas en aumento 10x40x.*





*Nota:* a) Observación microscópica teñidas con lactofenol de las hifas (1), conidióforo (2), fiálides (3) y conidios (4). b) Observación microscópica de las hifas (1). c) Medición del largo y ancho de los conidios (1).

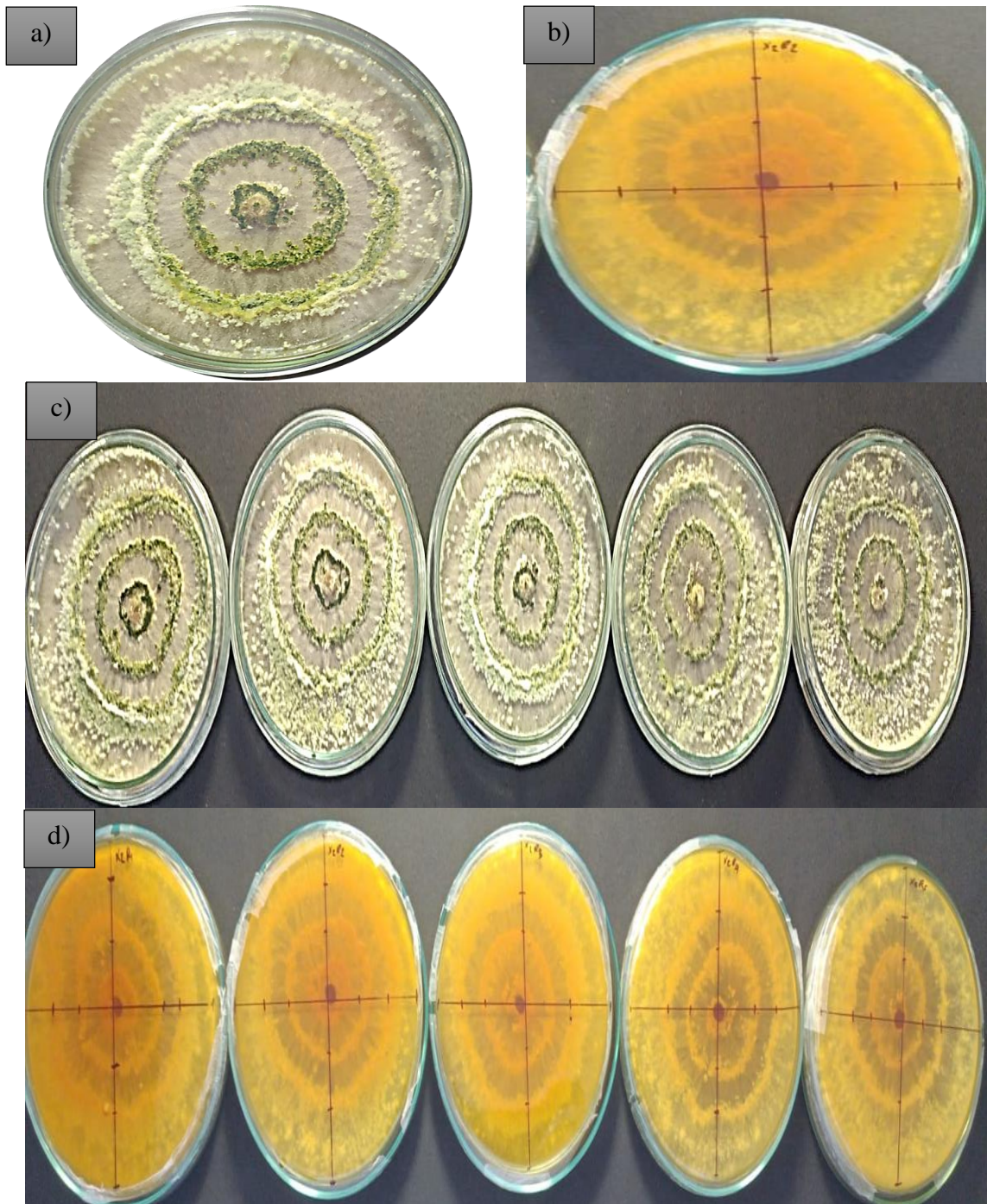
En la vista microscópica se observó que las hifas son hialinas, los conidióforos son erguidos solitarios y ramificados con fiálides gruesas y conidios elipsoidales de color verde que coincide con lo reportado por Savín-Molina et al. (2021), los conidios presentaron un tamaño promedio de 1.8  $\mu\text{m}$  de ancho y 2.52  $\mu\text{m}$  de largo.

### 3.2.2. *Cepas grupo 2*

Las cepas, WTC2, WTC3, PTC7, PTC8, PTC9, ETC12 y ETC13 presentaron características morfológicas similares entre ellas. Macroscópicamente en medio PDA presentaron micelio blanco con mucha esporulación formando anillos concéntricos de color blanco que se fueron tornando de color verde oscuro con el pasar de los días, el reverso de la placa Petri se tornó de un color amarillo intenso, estas características coinciden con lo reportado por Savín-Molina et al. (2021) y Caiza (2013). En medio PDA las cepas presentaron una tasa de crecimiento promedio de 1.41 cm/día que coincide con lo reportado por Guigón-López et al. (2010), llenando la placa en 4 días.

**Figura 3.3.**

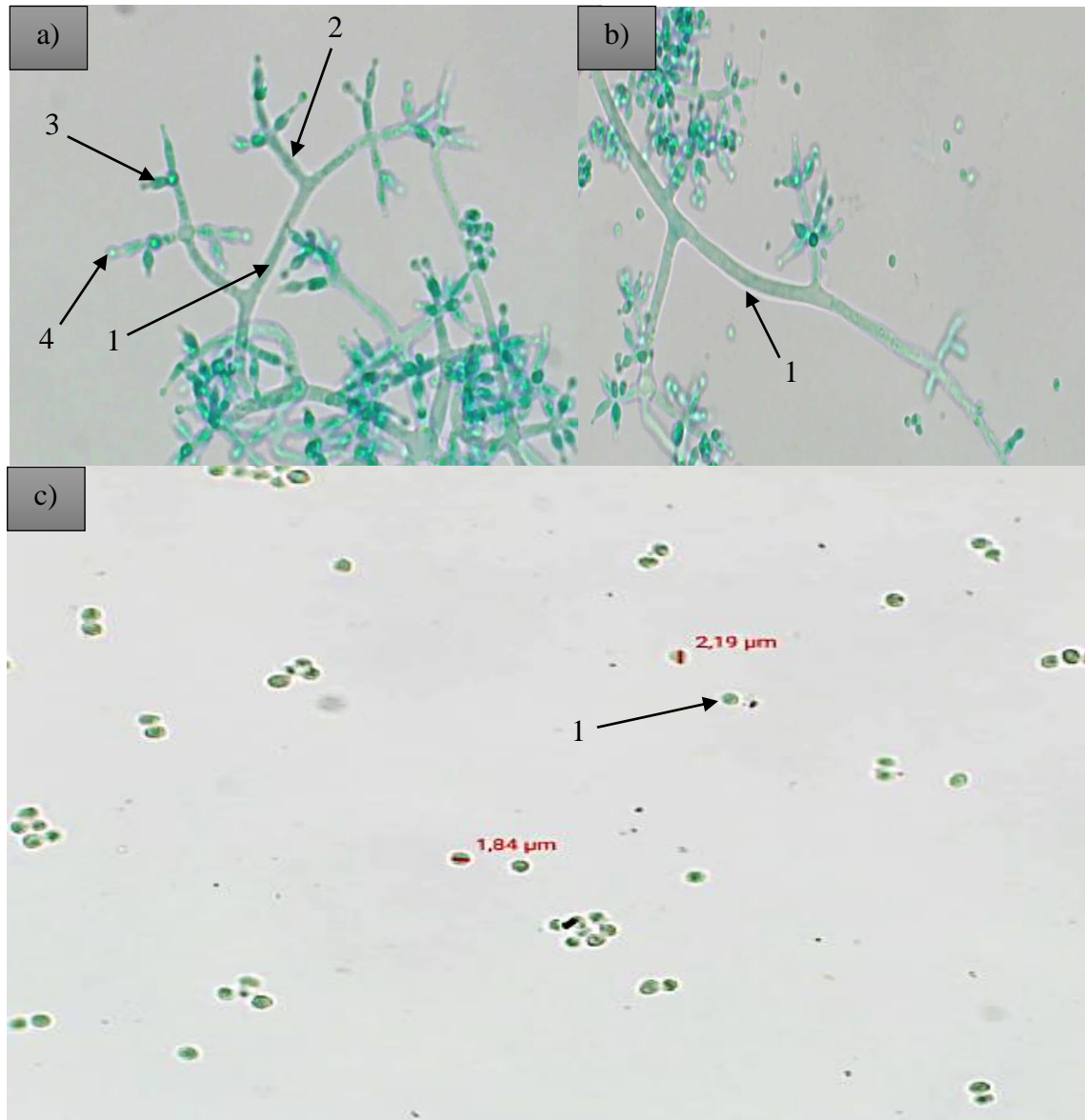
*Características macroscópicas de las cepas WTC2, WTC3, PTC7, PTC8, PTC9, ETC12 y ETC13 en medio PDA.*



*Nota:* a) Anverso de la colonia a los 10 días después de a ver realizado el repique, b) Reverso de la colonia a los 10 días después de a ver realizado el repique. c) Anverso de las repeticiones. d) Reverso de las repeticiones.

### Figura 3.4.

*Características microscópicas de las cepas WTC2, WTC3, PTC7, PTC8, PTC9, ETC12 y ETC13, observaciones microscópicas en aumento 10x40x.*



*Nota:* a) Observación microscópica teñidas con lactofenol de las hifas (1), conidióforo (2), fiálides (3) y conidios (4). b) Observación microscópica de la hifa sin septas (1). c) Medición del largo y ancho de los conidios (1).

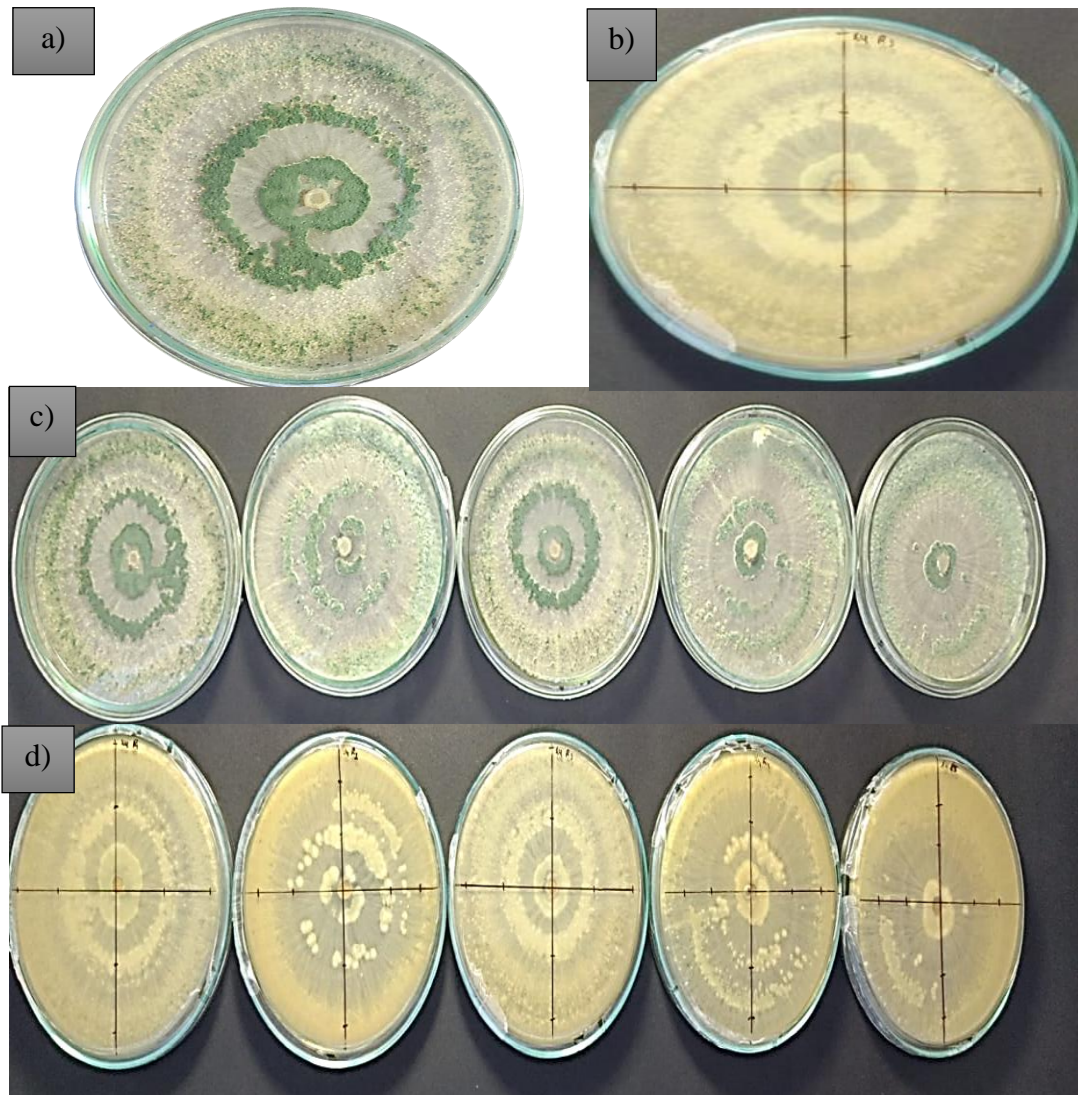
En la vista microscópica se observó que las hifas son hialinas sin septas, los conidióforos solitarios y ramificados con fiálides agrupados de 2 – 3 verticilos y conidios globosos de color verde que coincide con lo reportado por Savín-Molina et al. (2021), los conidios presentaron un tamaño promedio de 1.66 μm de ancho y 2.47 μm de largo.

### 3.2.3. *Cepas grupo 3*

Las cepas, WTC4, WTC5 y ETC14, presentaron características morfológicas similares. Macroscópicamente en medio PDA presentaron micelio blanco plano como lo reporta Savín-Molina et al. (2021), formando anillos concéntricos de color blanco que se fueron tornando de color verde oscuro con el pasar de los días, el reverso de la placa Petri no se tornó de ningún color todo esto coincide con lo reportado por García-Espejo et al. (2016). En medio PDA presentaron una tasa de crecimiento promedio de 1.25 cm/día que coincide con lo reportado por Miguel-Ferrer et al. (2021), llenando la placa en 4 días.

#### Figura 3.5.

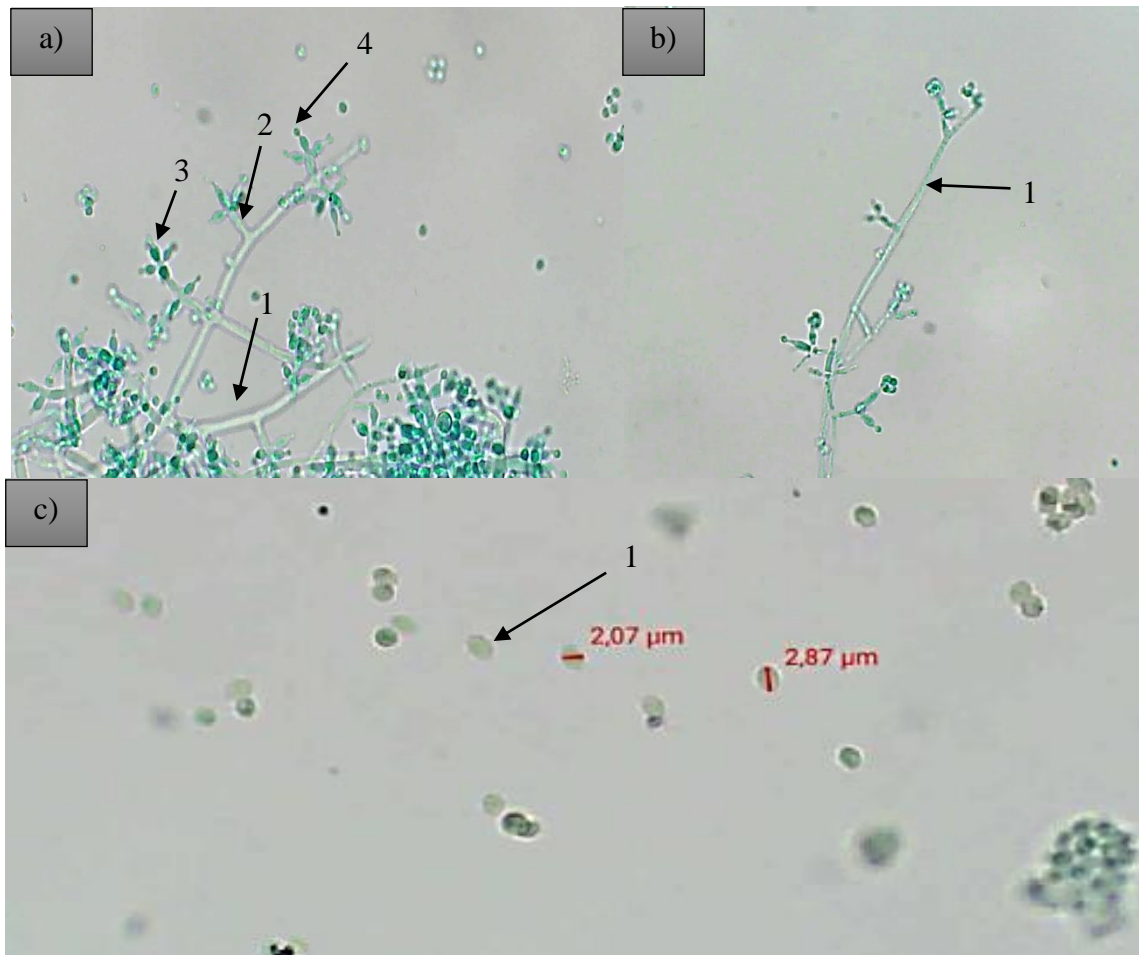
*Características macroscópicas de las cepas WTC4, WTC5 y ETC14 en medio PDA.*



*Nota:* a) Anverso de la colonia a los 10 días después de a ver realizado el repique, b) Reverso de la colonia a los 10 días después de a ver realizado el repique. c) Anverso de las repeticiones. d) Reverso de las repeticiones.

### Figura 3.6.

*Características microscópicas de las cepas WTC4, WTC5 y ETC14, observaciones microscópicas en aumento 10x40x.*



*Nota:* a) Observación microscópica teñidas con lactofenol de las hifas (1), conidióforo (2), fiálides (3) y conidios (4). b) Observación microscópica de las hifas sin septas y hialinas (1). c) Medición del largo y ancho de los conidios (1).

En la vista microscópica se observó que las hifas son hialinas sin septas, los conidióforos erguidos y ramificados con fiálides agrupados de 2 – 3 verticilos y conidios semiglobosos de color verde que coincide con lo reportado por Savín-Molina et al. (2021), los conidios presentaron un tamaño promedio de 2.1  $\mu\text{m}$  de ancho y 3  $\mu\text{m}$  de largo.

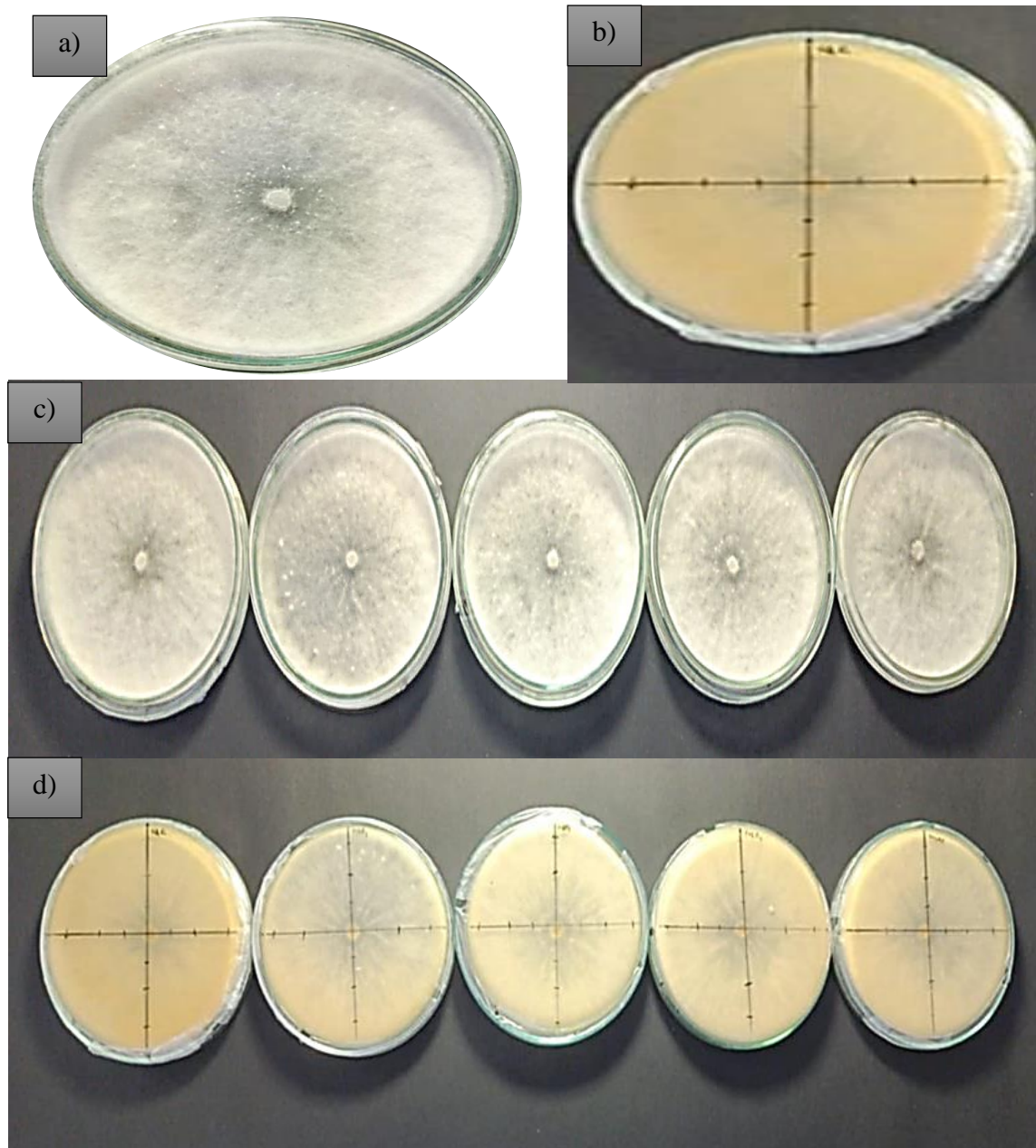
#### 3.2.4. Cepas grupo 4

Las cepas, ETC17 y ETC18, presentaron características morfológicas similares. Macroscópicamente en medio PDA presentaron un micelio blanco algodonoso como lo reporta

Savín-Molina et al. (2021). En medio PDA presentaron una tasa de crecimiento promedio de 1.2 cm/día que coincide con lo reportado por Miguel-Ferrer et al. (2021), llenando la placa en 4 días.

**Figura 3.7.**

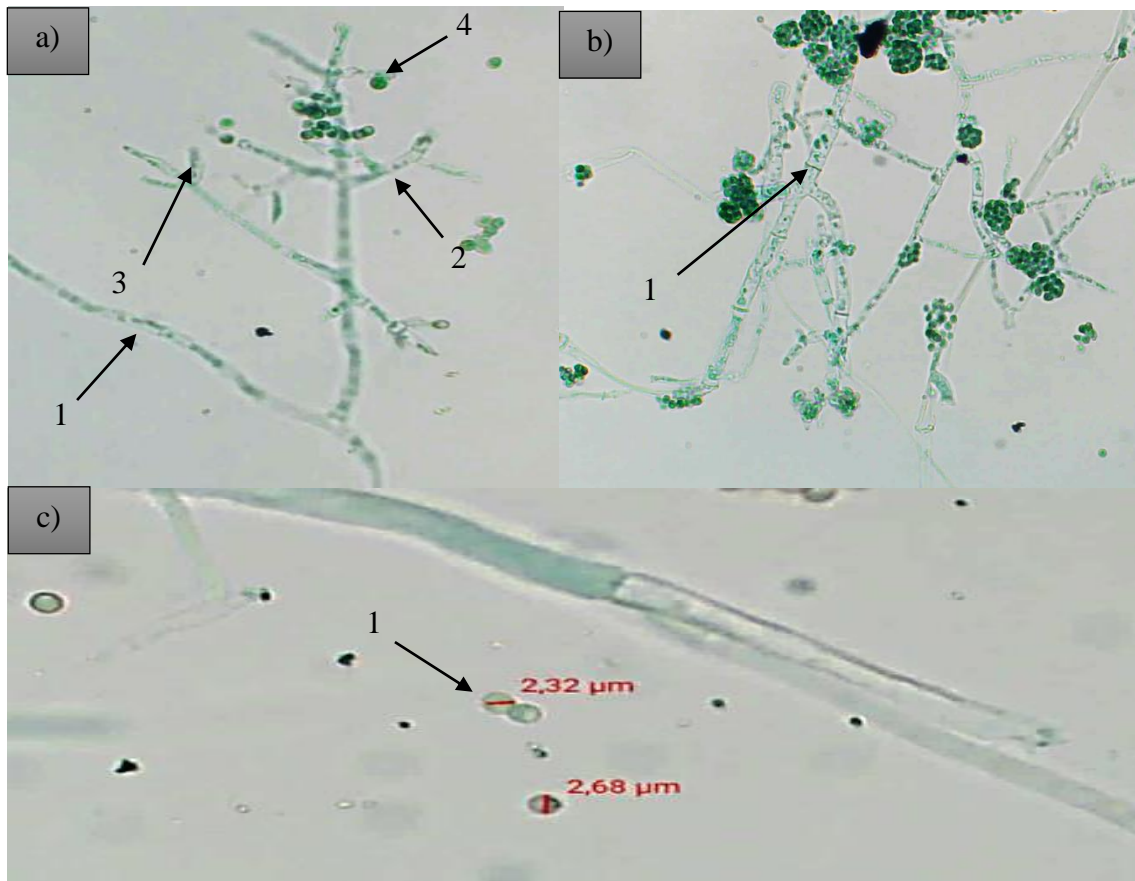
*Características macroscópicas de las cepas ETC17 y ETC18 en medio PDA.*



*Nota:* a) Anverso de la colonia a los 10 días después de a ver realizado el repique. b) Reverso de la colonia a los 10 días después de a ver realizado el repique. c) Anverso de las repeticiones. d) Reverso de las repeticiones.

### Figura 3.8.

*Características microscópicas de las cepas ETC17 y ETC18, observaciones microscópicas en aumento 10x40x.*



*Nota:* a) Observación microscópica de las hifas (1), conidióforo (2), fiálides (3) y conidios (4). b) Observación microscópica de las hifa con septas y hialinas (1). c) Medición del largo y ancho de los conidios (1).

En la vista microscópica se observó que las hifas son hialinas con septas, los conidióforos erguidos con fiálides que producen conidios en su extremo y conidios de una forma redonda unicelular que coincide con lo reportado por García-Espejo et al. (2016), los conidios presentaron un tamaño promedio de 2.25  $\mu\text{m}$  de ancho y 2.7  $\mu\text{m}$  de largo.

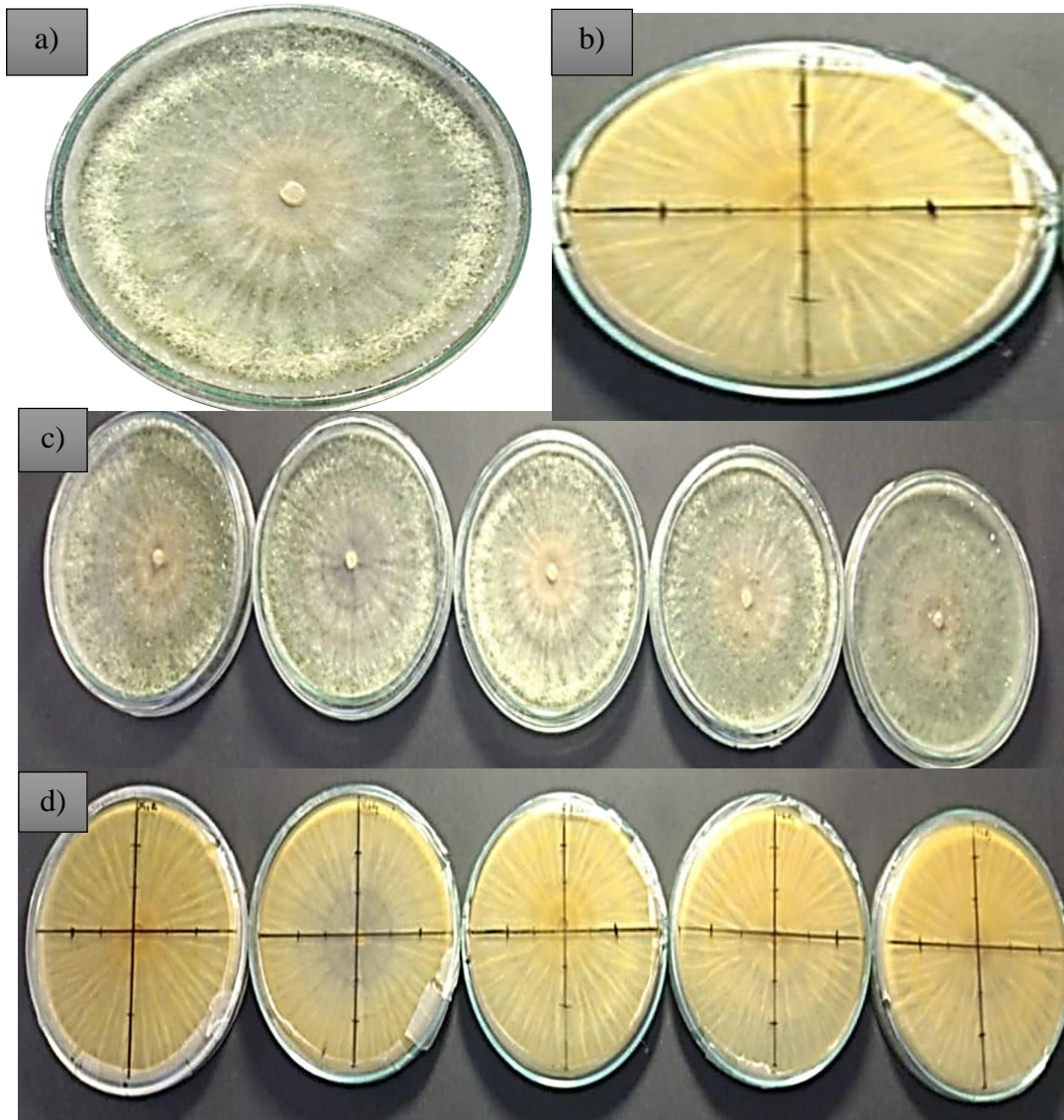
#### 3.2.5. *Cepas grupo 5*

Las cepas, ETC15 y ETC16, presentaron características morfológicas similares. Macroscópicamente en medio PDA presentaron micelio blanco algodonoso, formando un anillo concéntrico de color verde para luego formar un anillo concéntrico de color verde claro, el

reverso de la placa Petri no se tornó de ningún color con respecto al hongo, todo esto coincide con lo reportado por Savín-Molina et al. (2021) y García-Espejo et al. (2016). En medio PDA las cepas presentaron una tasa de crecimiento promedio de 1.42 cm/día que coincide con lo reportado por Guigón-López et al. (2010), llenando la placa en 4 días.

**Figura 3.9.**

*Características macroscópicas de las cepas ETC15 y ETC16 en medio PDA.*



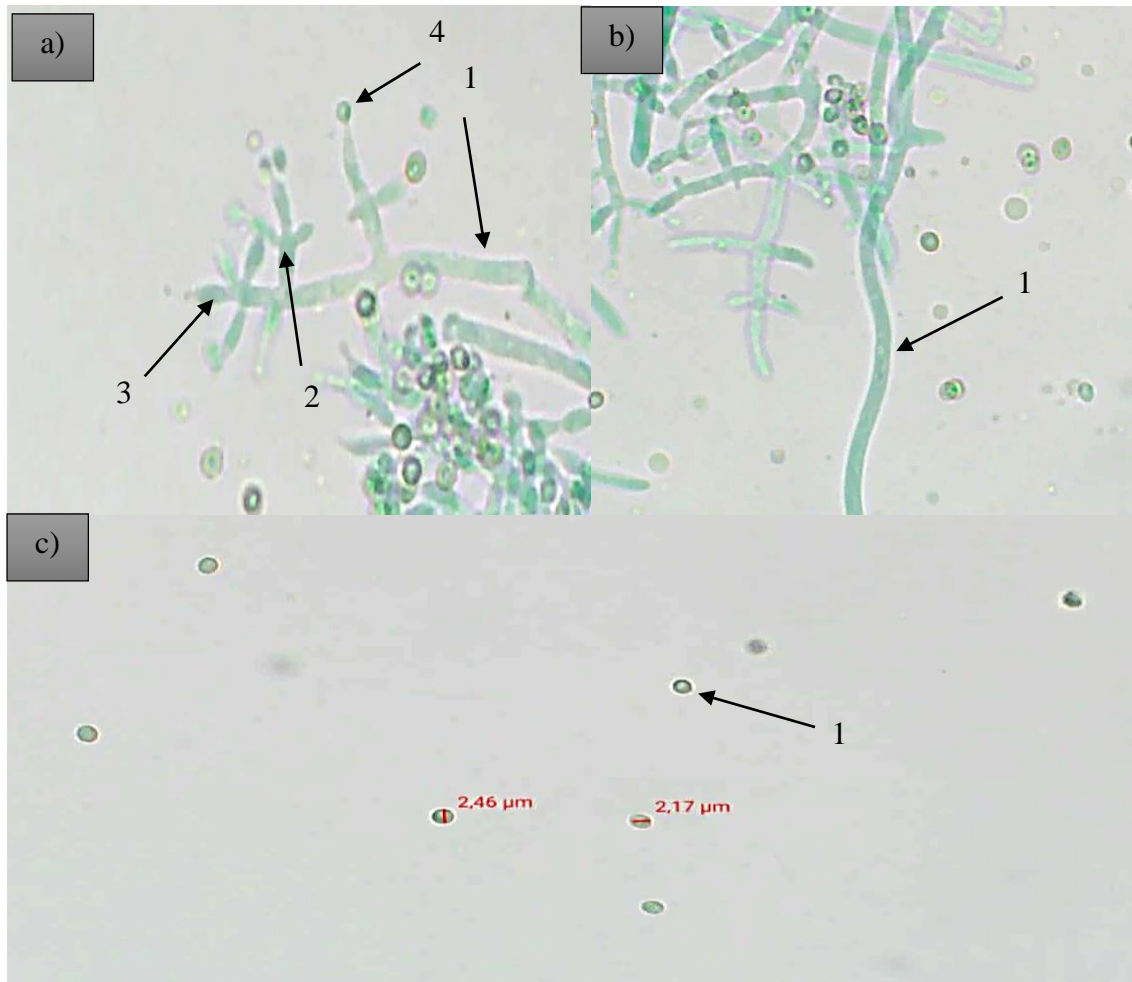
*Nota:* a) Anverso de la colonia a los 10 días después de a ver realizado el repique. b) Reverso de la colonia a los 10 días después de a ver realizado el repique. c) Anverso de las repeticiones. d) Reverso de las repeticiones.

En la vista microscópica se observó que las hifas son hialinas engrosadas sin septas, los conidióforos erguidos y ramificados y cortos con fialides agrupados de 2 – 3 verticilos y

conidios globosos de color verde que coincide con lo reportado por Savín-Molina et al. (2021), los conidios presentaron un tamaño promedio de 2.1  $\mu\text{m}$  de ancho y 2.7  $\mu\text{m}$  de largo.

### Figura 3.10.

*Características microscópicas de las cepas ETC15 y ETC16, observaciones microscópicas en aumento 10x40x.*



*Nota:* a) Observación microscópica teñidas con lactofenol de las hifas (1), conidióforo (2), fialides (3) y conidios (4). b) Observación microscópica de las hifa sin septas (1). c) Medición del largo y ancho de los conidios (1).

### 3.3. Caracterización morfológica de *Rhizoctonia* sp.

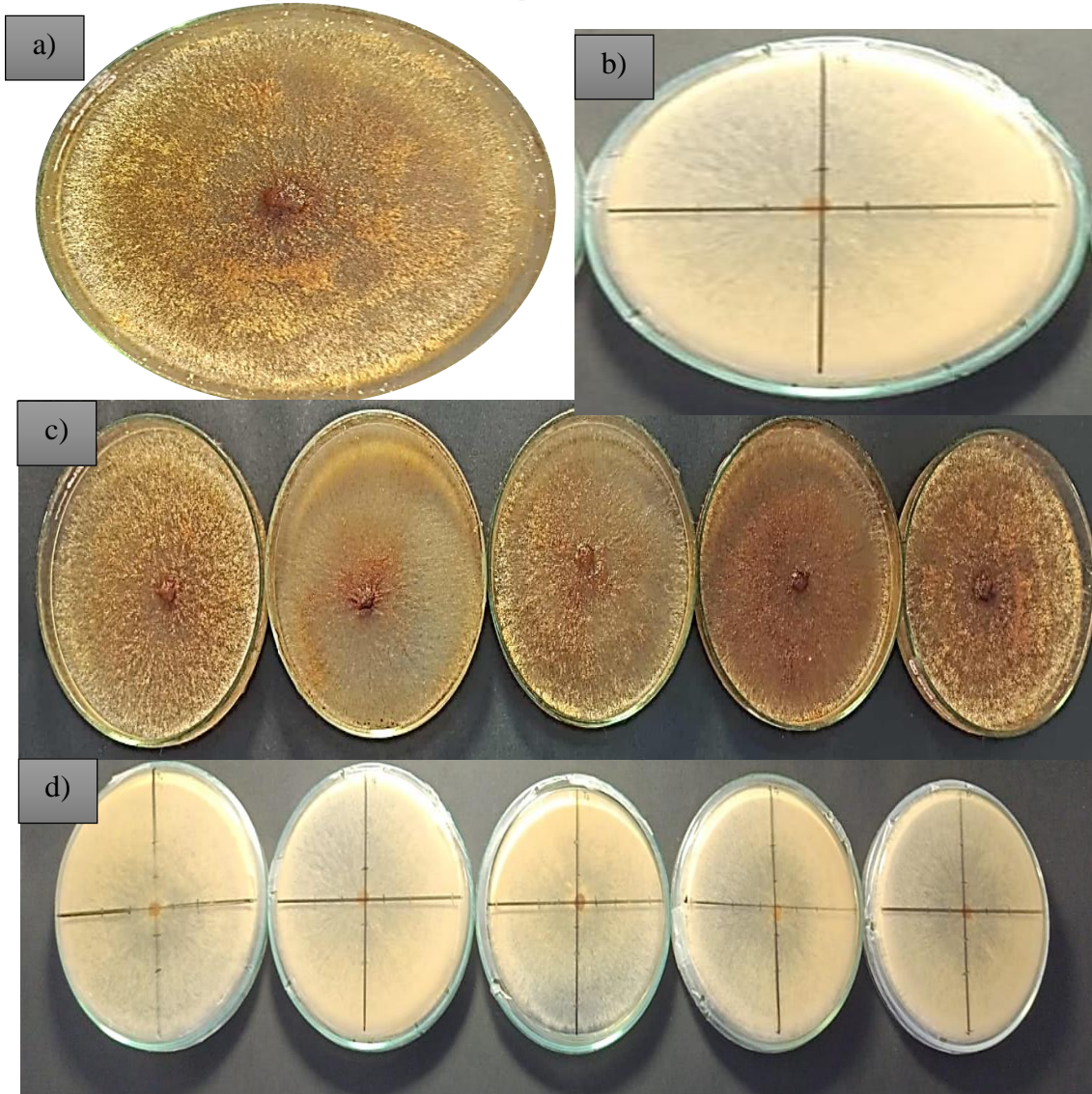
#### 3.3.1. Caracterización macroscópica

La cepa de *Rhizoctonia* sp. presentó micelios de rápido crecimiento, inicialmente de coloración blanca y luego se tornó de color marrón oscuro, esto coincide con lo reportado por Morales-Mora et al. (2020) y Huerta y Huamán (2017). Formó esclerocios entre los 7 a 10 días

después de haber realizado el repique, los esclerocios presentaron una coloración marrón oscura con un promedio del diámetro de 2.4 mm que coincide con lo reportado por Díaz et al. (2014). En medio PDA presentó una tasa de crecimiento promedio de 1.4 cm/día, Gutiérrez et al. (2006) reportó valores de 3.88 cm/día, 3.42 cm/día, 2.0 cm/día, esto no coincide con los valores encontrados en la presente investigación, esto podría deberse al método y temperatura de conservación de las cepas. La cepa llenó la placa a los 4 días.

**Figura 3.11.**

*Características macroscópicas de Rhizoctonia sp. en medio PDA.*



*Nota:* a) Anverso de la colonia de *Rhizoctonia sp.* a los 7 días después de haber realizado el repique, b) Reverso de la colonia de *Rhizoctonia sp.* a los 7 días después de haber realizado el repique. c) Anverso de las repeticiones. d) Reverso de las repeticiones.

**Figura 3.12.**

*Esclerocio de Rhizoctonia sp., observado en estereoscopio en aumento de 20x 2.5x.*

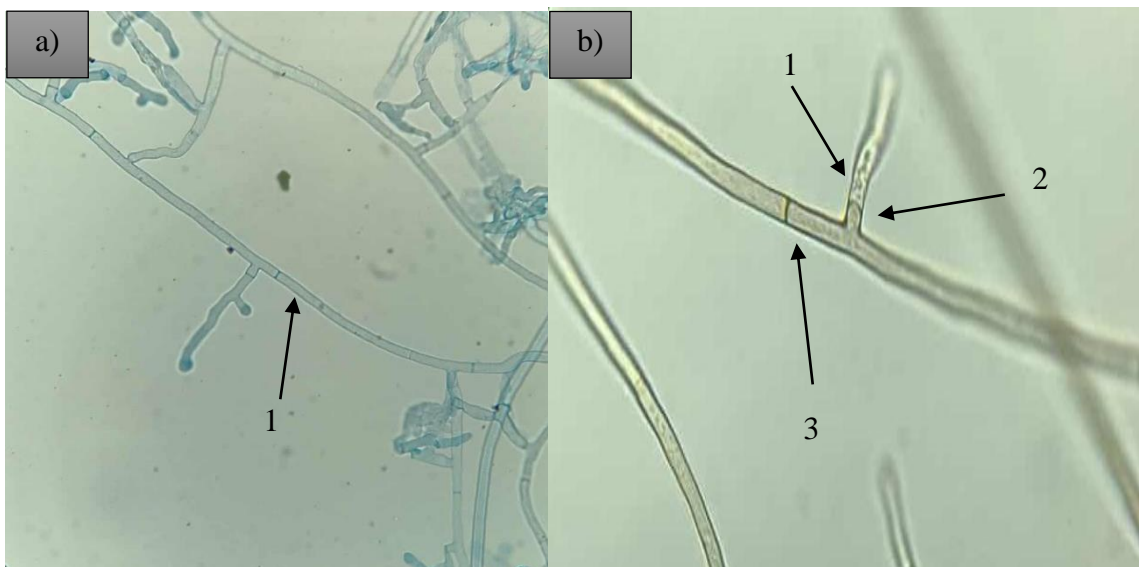


**3.3.2. Caracterización microscópica**

Microscópicamente se observaron hifas septadas de coloración marrón, con ramificaciones en ángulo recto y no forman estructuras de fructificación que coincide con lo reportado por Huerta y Huamán (2017).

**Figura 3.13.**

*Características microscópicas de Rhizoctonia sp., observaciones microscópicas en aumento 10x40x.*



*Nota:* a) Vista microscópica de hifas de *Rhizoctonia* sp. teñidas con lactofenol. b) Hifa de *Rhizoctonia* sp. con ramificación en forma de ángulo recto (1), constricción (2), septas (3).

### 3.4. Competencia dual

El patógeno y el antagonista tuvieron el encuentro en la placa a los 4 días después de realizar el repique, es en ese día en el que se tomaron los datos para el cálculo del porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) los cuales se muestran a continuación.

**Tabla 3.2.**

*Análisis de varianza de la competencia dual de las cepas de Trichoderma spp. frente a Rhizoctonia sp. in vitro.*

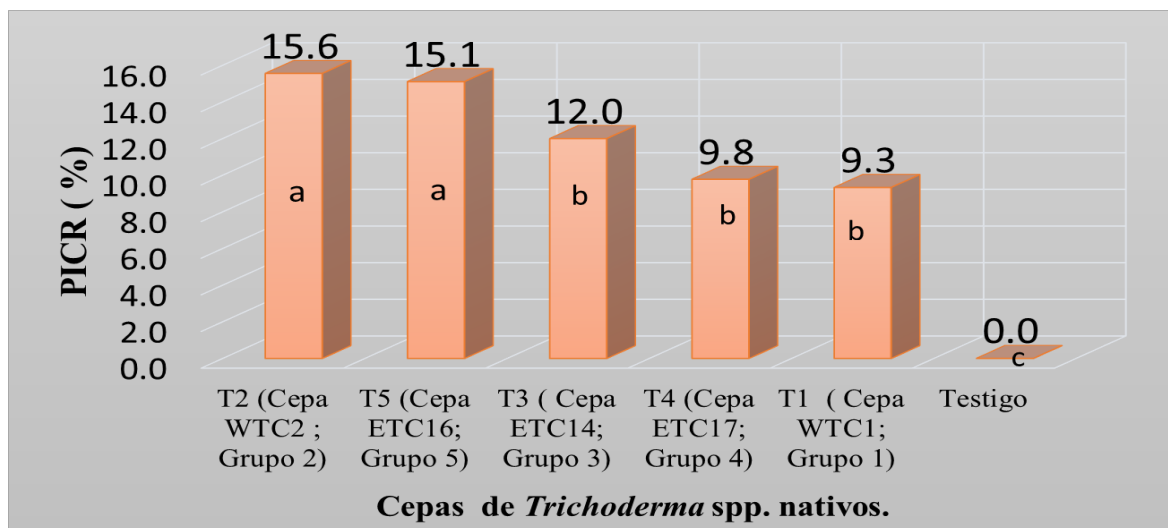
F.V.	SC	GL	CM	F	p - valor
Tratamiento	805	5	161	78.28	< 0.0001 **
Error	49.36	24	2.06		
Total	854.36	29			

CV = 13.93%

De acuerdo al ANVA presentado en la tabla 3.2., existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, lo cual nos indica que existe diferencias en el PICR de *Rhizoctonia sp.* frente a las cepas de *Trichoderma spp.* nativos, los cuales inhiben el crecimiento del patógeno en diferentes porcentajes.

**Figura 3.14.**

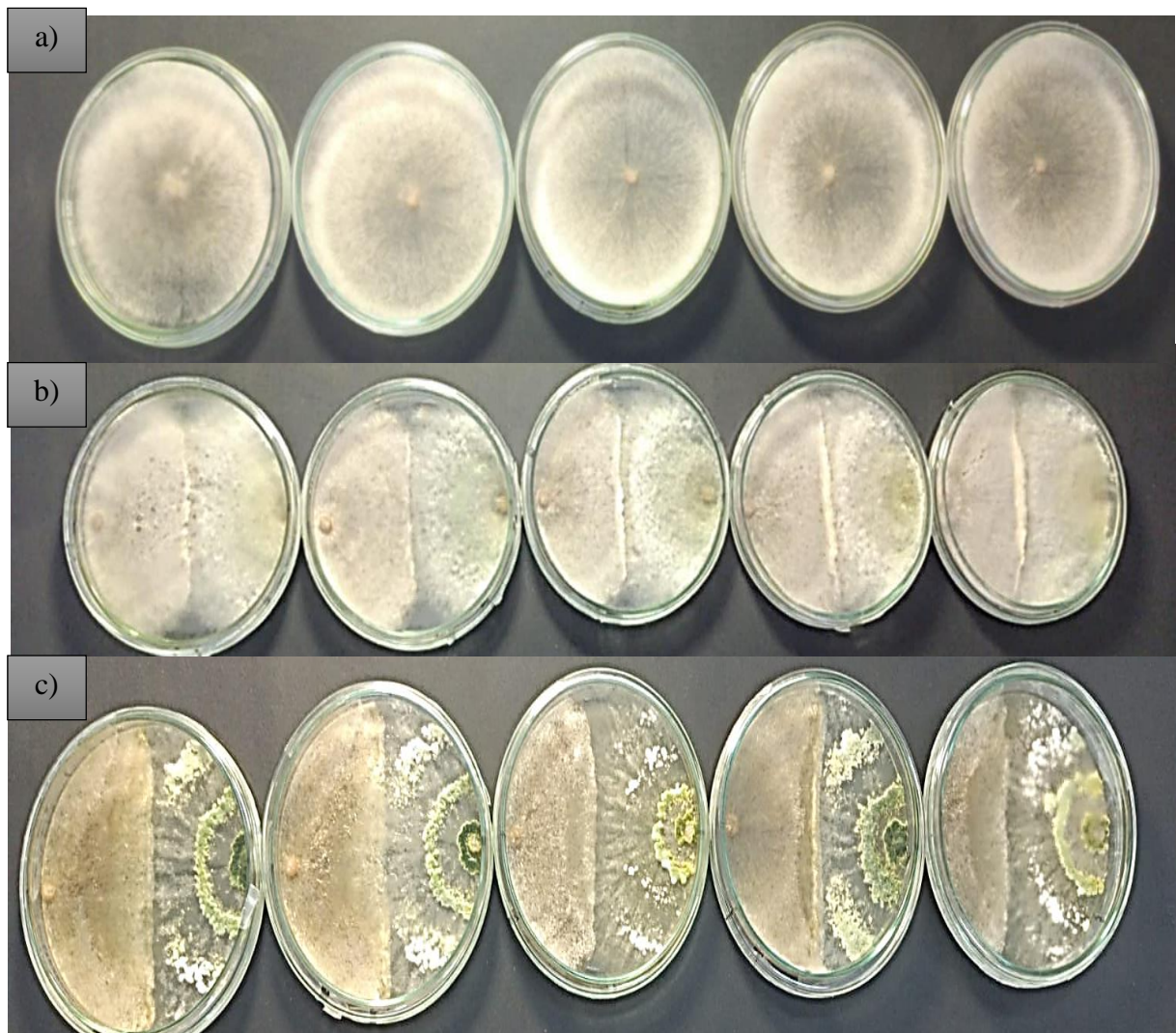
*Prueba de Tukey de la competencia dual de las cepas de Trichoderma spp. nativos frente a Rhizoctonia sp.*

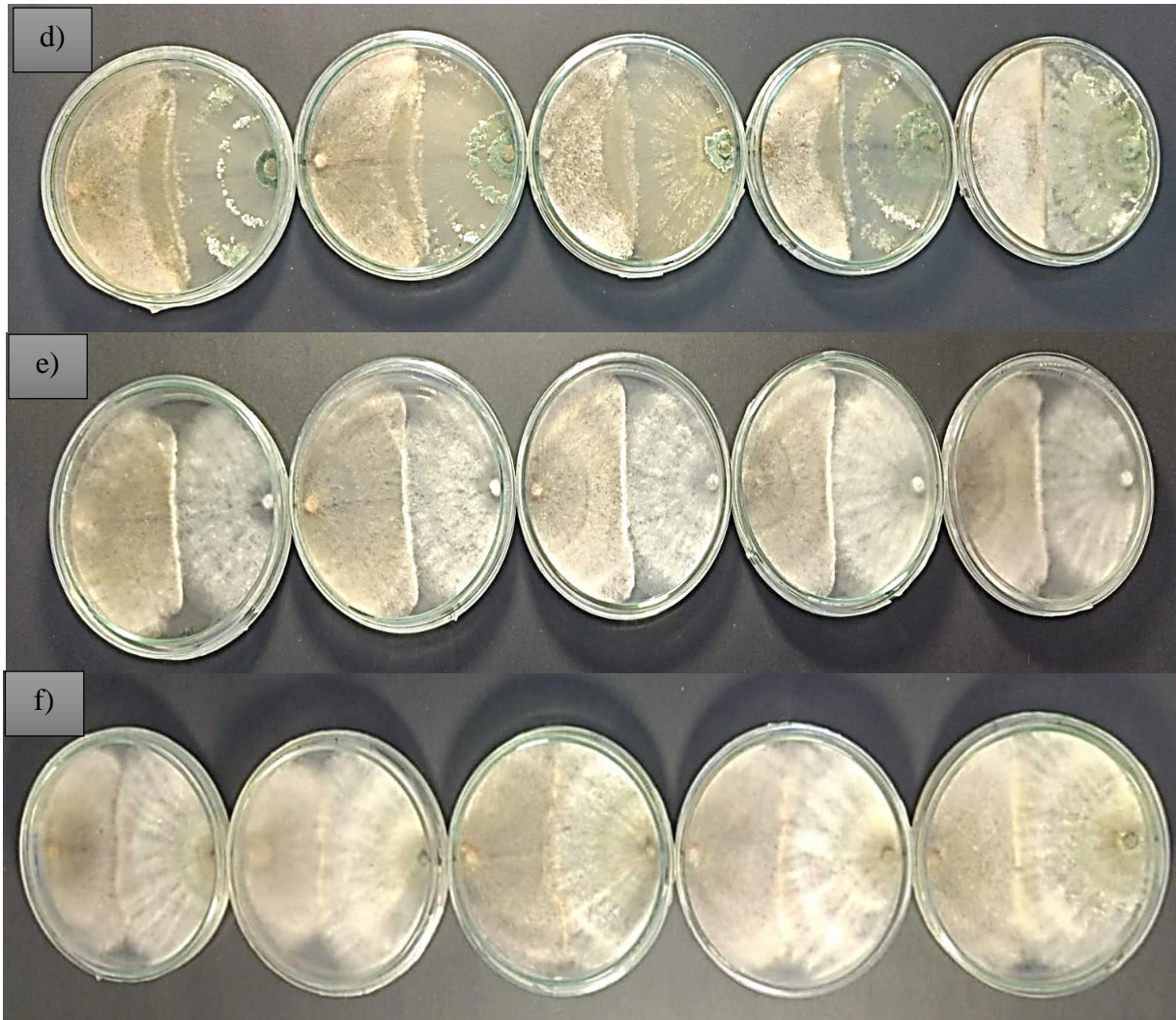


De acuerdo con la prueba de Tukey presentado en la figura 3.14., los mejores tratamientos fueron el T2 y el tratamiento T5 que inhibieron el crecimiento de *Rhizoctonia* sp. en un 15.6% y 15.1%, seguido por los tratamientos T3, T4 y T1 que inhibieron el crecimiento de *Rhizoctonia* sp. en un 12%, 9.8% y 9.3% respectivamente y por último el tratamiento testigo con 0% de inhibición de crecimiento, todos estos tratamientos confrontados tuvieron un efecto inhibitorio positivo en contra de *Rhizoctonia* sp., como lo reporta en su trabajo de investigación Nina et al. (2011) reportando un PICR de 22.4% lo cual respalda los resultados obtenidos, Rodríguez y Flores (2018) reportaron PICR desde 60% hasta un 44.94%, Savín-Molina et al. (2021) reportaron PICR de 56% hasta un 40%, todos estos resultados no coinciden con lo reportado en el presenta trabajo de investigación, esto podría deberse a la metodología utilizada por estos autores y el tiempo de enfrentamiento que le dieron a estos dos hongos.

### Figura 3.15.

Clasificación de la capacidad antagonica de *Rhizoctonia* sp. frente a las cepas de *Trichoderma* spp. nativos.





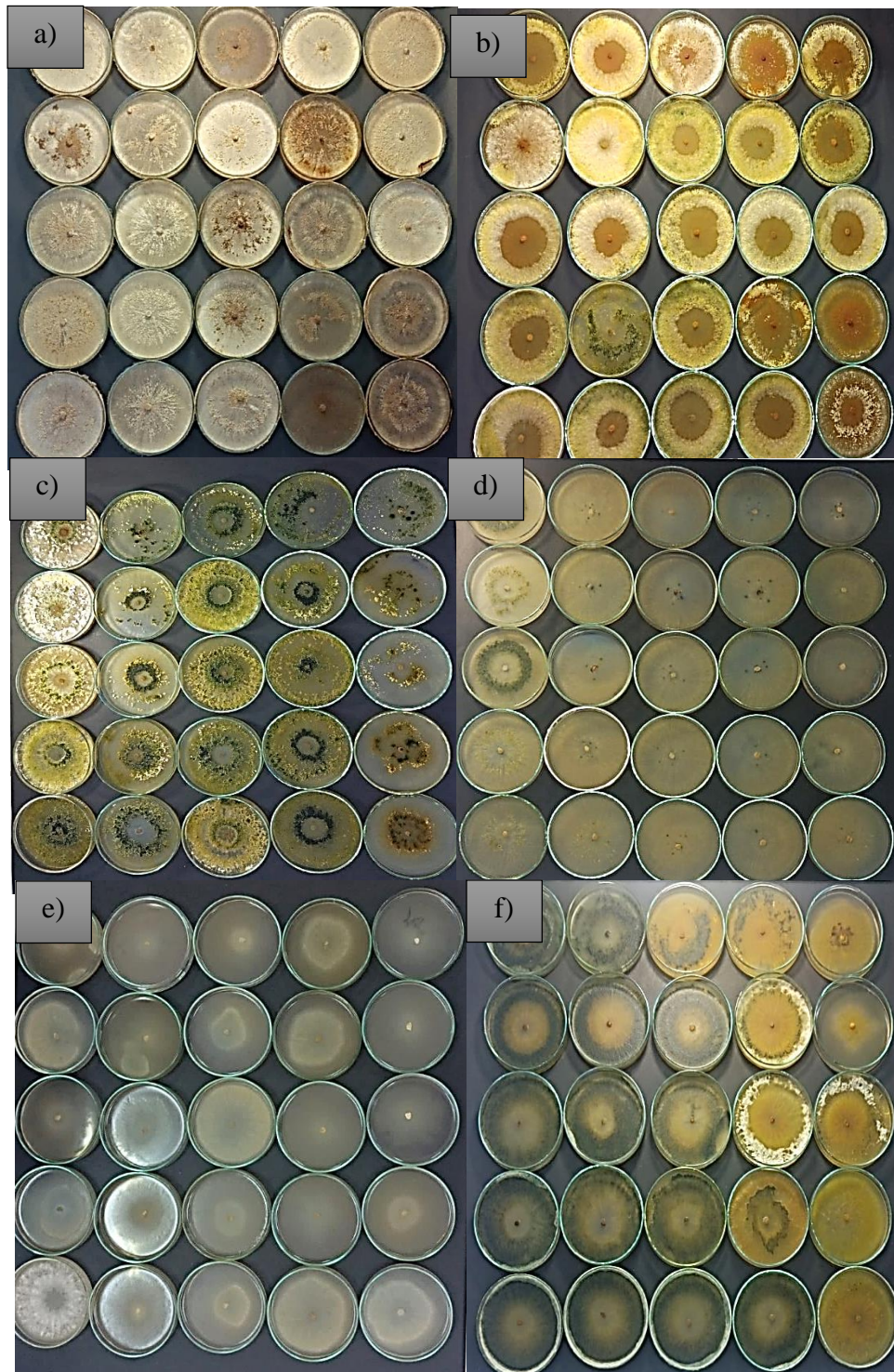
Nota. a) Testigo (*Rhizoctonia* sp.). b) T1: Cepa WTC1 (Grupo 1) de *Trichoderma* spp. (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) clasificación "1". c) T2: Cepa WTC2 (Grupo 2) de *Trichoderma* spp. (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) clasificación "1". d) T3: Cepa ETC14 (Grupo 3) de *Trichoderma* spp. (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) clasificación "1". e) T4: Cepa ETC17 (Grupo 4) de *Trichoderma* spp. (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) clasificación "1" f) Cepa ETC16 (Grupo 5) de *Trichoderma* spp. (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) clasificación "1".

### 3.5. Micoparasitismo

Los resultados obtenidos tuvieron un crecimiento micelial completo del micoparásito (*Trichoderma* spp.) en varios de los tratamientos, pero en algunos hubo una esporulación limitada del micoparásito con presencia del patógeno (*Rhizoctonia* sp.) después de haber realizado el repique a los 7 días como se describió en la metodología cuyos resultados se muestran a continuación.

**Figura 3.16.**

*Micoparasitismo de las cepas de Trichoderma spp. nativos frente a Rhizoctonia sp.*



*Nota:* a) Tratamiento testigo de *Rhizoctonia* sp. b) Tratamiento N°1 “Cepa WTC1 (Grupo 1) de *Trichoderma* spp. nativo frente a *Rhizoctonia* sp.” c) Tratamiento N°2 “Cepa WTC2 (Grupo 2) de *Trichoderma* spp. nativo frente a *Rhizoctonia* sp.” d) Tratamiento N°3 “Cepa ETC14 (Grupo 3) de *Trichoderma* spp. nativo frente a *Rhizoctonia* sp.”

sp.” e) Tratamiento N°4 “Cepa ETC17 (Grupo 4) de *Trichoderma* spp. nativo frente a *Rhizoctonia* sp.” f) Tratamiento N°5 “Cepa ETC16 (Grupo 5) de *Trichoderma* spp. nativo frente a *Rhizoctonia* sp.”

**Tabla 3.3.**

*Análisis de varianza de la prueba de micoparasitismo de las cepas de Trichoderma spp. nativos frente a Rhizoctonia sp.*

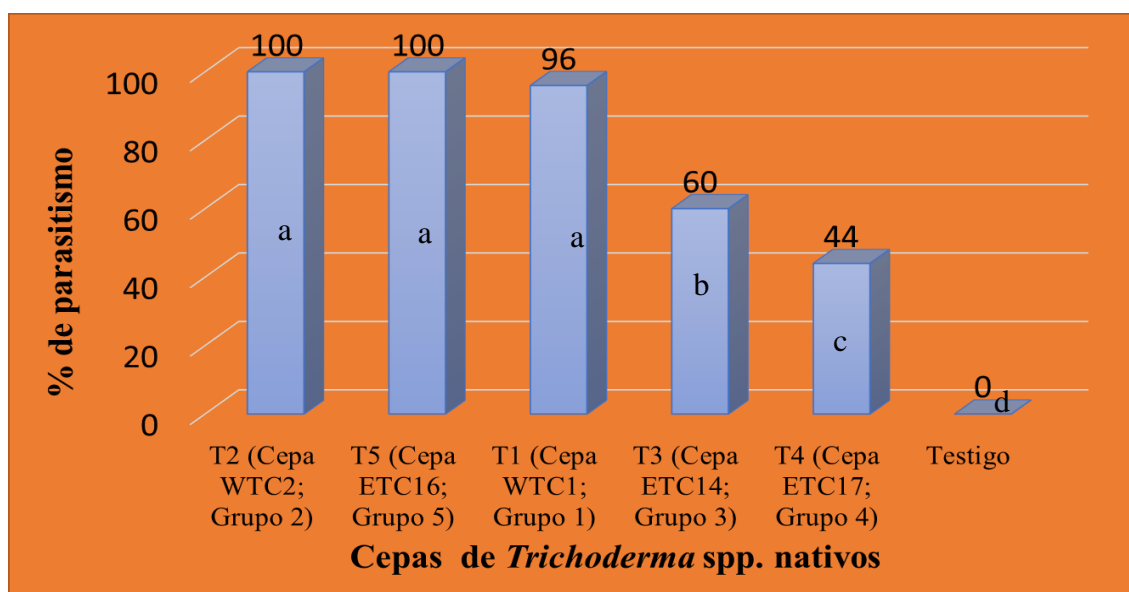
F.V.	SC	GL	CM	F	p - valor
Tratamiento	40426.67	5	8085.33	303.2	< 0.0001 **
Error	640	24	26.67		
Total	41066.67	29			

CV= 7.75 %

De acuerdo al ANVA presentado en la tabla 3.3., existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, lo cual nos indica que existe diferencias en el porcentaje de parasitismo de *Trichoderma* spp. nativo frente a *Rhizoctonia* sp., esto quiere decir que las cepas de *Trichoderma* spp. nativos tuvieron un efecto micoparásito en diferentes porcentajes frente a *Rhizoctonia* sp.

**Figura 3.17.**

*Prueba de Tukey de la prueba de micoparasitismo de las cepas de Trichoderma spp. frente a Rhizoctonia sp.*



De acuerdo con la prueba de Tukey presentado en la figura 3.17., los mejores tratamientos fueron T2, T5 y T1 que parasitaron en un 100 %, 100% y 96% respectivamente, seguido por el tratamiento T3 con un parasitismo de 60%, así como T4 con un parasitismo de 44% y por último el testigo con 0% de parasitismo de *Trichoderma* spp. nativo, el micoparasitismo de *Trichoderma* spp. nativo se dio gracias a la interacción de ambos hongos, en lo cual se dio un estímulo químico de las hifas de *Trichoderma* spp. teniendo un crecimiento micelial sobre el patógeno, para luego dar el reconocimiento entre ambos organismos para que las hifas de *Trichoderma* spp. se adhieran y enroscaran a través de los apresorios para la liberación de enzimas de carácter nocivo sobre las paredes celulares del patógeno (Martínez et al., 2013), Hoyos-Carvajal et al. (2008) reportó un 100% de actividad antagónica de *Trichoderma* spp. sobre *Rhizoctonia* sp. en la mayoría de sus tratamientos, logrando que *Trichoderma* spp. se establezca sobre *Rhizoctonia solani* parasitando totalmente su micelio.

### 3.6. Control de *Rhizoctonia* sp. con *Trichoderma* spp. nativos en frijol

#### 3.6.1. Porcentaje de germinación

En la evaluación del porcentaje de germinación se observó que en la mayoría de los tratamientos las semillas germinaron en gran porcentaje y en algunos tratamientos las semillas no germinaron por el ataque de *Rhizoctonia* sp., teniendo así los siguientes resultados.

**Tabla 3.4.**

*Análisis de varianza del porcentaje de germinación en la prueba de control de Rhizoctonia sp. con Trichoderma spp. nativos en semillas de frijol.*

F.V.	SC	GL	CM	F	p – valor
Tratamiento	3748.22	11	340.75	40.48	< 0.0001 **
Error	202	24	8.42		
Total	3950.22	35			

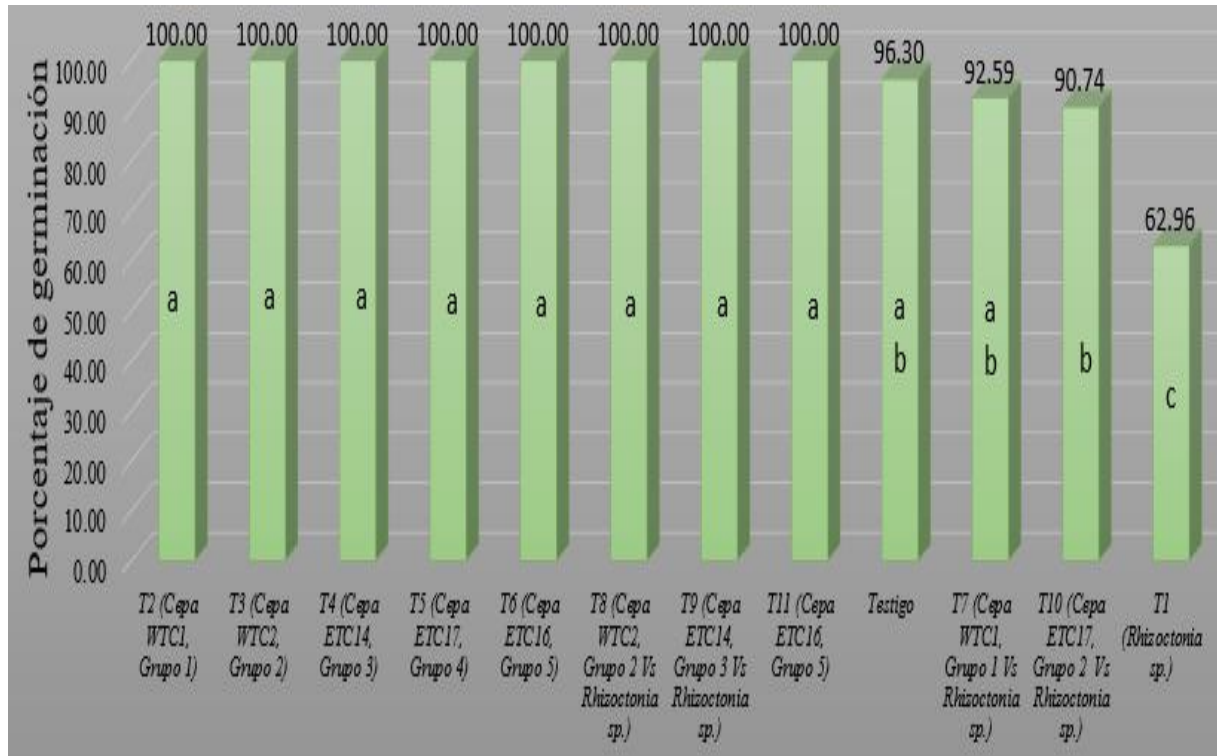
CV= 3.05%

De acuerdo al ANVA presentado en la tabla 3.4., existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, lo cual nos indica que existe diferencias en el porcentaje de germinación de las semillas de frijol, lo que da a entender que existió un efecto inhibitorio de

las cepas de *Trichoderma* spp. nativos sobre *Rhizoctonia* sp. al momento de la germinación de las semillas.

**Figura 3.18.**

*Prueba de Tukey del porcentaje de germinación en la prueba de control de Rhizoctonia sp. con Trichoderma spp. nativos en semillas de frijol.*



De acuerdo a la prueba de Tukey presentado en la figura 3.18., los mejores tratamientos contra la inhibición de *Rhizoctonia* sp. en el porcentaje de germinación del frijol fueron; T2, T3, T4, T5, T6, T8, T9, T11, todos estos teniendo un 100% de germinación, seguidos por el tratamiento testigo, T7 y T10 con un porcentaje de germinación de 96.3%, 92.59% y 90.74 % respectivamente y por último el T1 que tuvo un 62.96% de germinación. Se ha demostrado que la aplicación de *Trichoderma* spp. mejora las condiciones de los suelos, y favorece la germinación de semillas, ya que las cepas de *Trichoderma* spp. inhiben de manera significativa el desarrollo de microorganismos fitopatógenos, lo que favorece a un incremento en la tasa de crecimiento de las plantas (Sidiquee et al., 2017 citado por Rodríguez-García et al., 2022), estos resultados fueron similares con lo reportado por Alfaro (2019) al enfrentar *Trichoderma virens*

contra *Rhizoctonia solani* en frijol obteniendo porcentajes de germinación de 90% hasta 6.82%, Moreno-Bringas y Mattos-Calderón (2018) obtuvieron porcentajes de germinación de 75% hasta 5% al enfrentar *Trichoderma harzianum* contra *Rhizoctonia solani* en frijol, donde estos resultados no coinciden con lo reportado en el presente trabajo, esto podría deberse a la dosis de concentración del patógeno y antagonista que utilizó en los tratamientos y los días de evaluación.

### 3.6.2. Porcentaje de emergencia

En la evaluación del porcentaje de emergencia se observó que en la mayoría de los tratamientos las plántulas emergieron del suelo sanas, vigorosas y grandes, en algunos tratamientos las plántulas fueron atacadas por la *Rhizoctonia* sp. causando así un crecimiento limitado, teniendo así los siguientes resultados.

**Tabla 3.5.**

*Análisis de varianza del porcentaje de emergencia en la prueba de control de Rhizoctonia sp. con Trichoderma spp. nativos en frijol.*

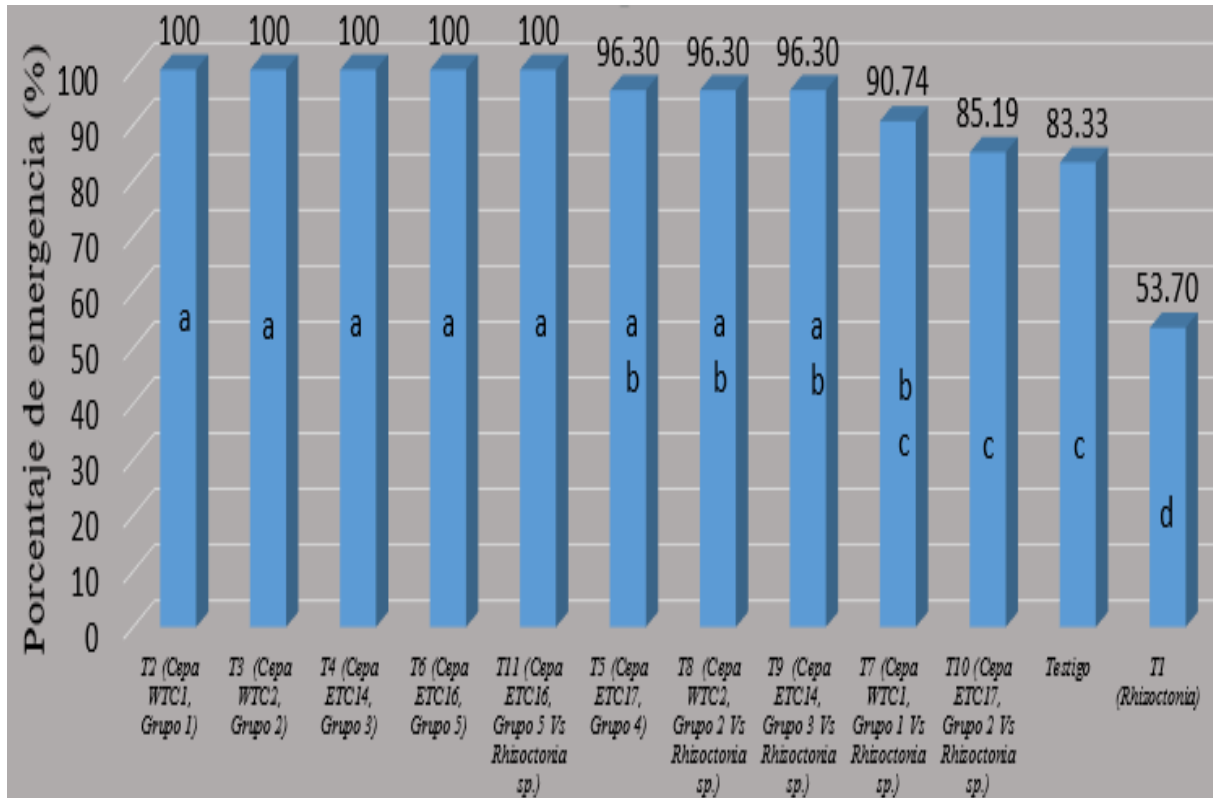
F.V.	SC	GL	CM	F	p - valor
Tratamiento	5815.42	11	528.67	65.63	< 0.0001 **
Error	193.33	24	8.06		
Total	6008.75	35			

CV= 3.09 %

De acuerdo al ANVA presentado en la tabla 3.5., existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, lo cual nos indica que existe diferencias en el porcentaje de emergencia de las plántulas de frijol, lo que da a entender que existió un efecto inhibitorio de las cepas de *Trichoderma* spp. nativos sobre *Rhizoctonia* sp. al momento de la emergencia de las plántulas del suelo.

### Figura 3.19.

*Prueba de Tukey del porcentaje de emergencia en la prueba de control de Rhizoctonia sp. con Trichoderma spp. nativos en frijol.*



De acuerdo a la prueba de Tukey presentado en la figura 3.19., los mejores tratamientos para el control de *Rhizoctonia* sp. en el porcentaje de emergencia del frijol fueron; T2, T3, T4, T6, T11, todos estos tratamientos con el 100% de emergencia, seguidas por T5, T8, T9 todos estos tratamientos con el 96.3% de emergencia, así como T7, T10 y el testigo con un porcentaje de emergencia de 90.74%, 85.19% y 83.33% respectivamente, por último, se tuvo al T1 con un 53.7% de emergencia de las plántulas. Esto indica que la planta aun teniendo síntomas no deja de crecer ya que *Trichoderma* spp. tiene muchos mecanismos para fomentar el crecimiento de las plantas como síntesis de fitohormonas, solubilización de nutrientes, incremento de la translocación y captación de nutrientes y un mejor desarrollo de las raíces (Rodríguez-García et al., 2022).

### 3.6.3. Porcentaje de incidencia

En la evaluación del porcentaje de incidencia, se observó que en el suelo ya existía el patógeno y que muchos de los tratamientos con *Trichoderma* spp. inhibieron el crecimiento y por ende la incidencia de *Rhizoctonia* sp. en las plántulas de frijol, en algunos tratamientos donde no se inhibió en gran porcentaje al patógeno se mostraron síntomas de laceraciones y lesiones hundidas de distintos tamaños que estuvieron ubicados en el cuello de la planta,

teniendo una coloración rojiza esta sintomatología coincide con lo que reporta Moreno-Bringas y Mattos-Calderón (2018), teniendo así los siguientes resultados.

**Tabla 3.6.**

*Análisis de varianza del porcentaje de incidencia en la prueba de control de Rhizoctonia sp. con Trichoderma spp. nativos en frijol.*

F.V.	SC	GL	CM	F	p - valor
Tratamiento	19385.22	11	1762.29	216.53	< 0.0001 **
Error	195.34	24	8.14		
Total	19580.56	35			

CV= 14.55%

De acuerdo al ANVA presentado en la tabla 3.6., existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, lo cual nos indica que existe diferencias en el porcentaje de incidencia de *Rhizoctonia sp.* en el frijol (semillas – plántulas), lo que da a entender que existió un efecto inhibitorio de las cepas de *Trichoderma spp.* nativo sobre *Rhizoctonia sp.*

**Figura 3.20.**

*Prueba de Tukey del porcentaje de incidencia en la prueba de control de Rhizoctonia sp. con Trichoderma spp. nativos en frijol.*



De acuerdo a la prueba de Tukey presentado en la figura 3.20., el tratamiento con mayor porcentaje de incidencia del patógeno fue T1 con un 81.5%, seguido por los tratamientos T7, Testigo y T9 con 37%, 31.5%, 29.6% de incidencia respectivamente, así como los tratamientos T10 y T8 con una incidencia de 25.9% y 20.4% respectivamente y por último el T11 con una incidencia de 9.3%, siendo este el que menor porcentaje de incidencia tuvo de todos los tratamientos a los que se les inoculó la *Rhizoctonia* sp., los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 no presentaron incidencia de *Rhizoctonia* sp., Alfaro (2019) al enfrentar *Trichoderma virens* contra *Rhizoctonia solani* en frijol, obtuvo porcentajes de incidencia de 100% hasta 1.25 % siendo similares al presente trabajo.

## **Capítulo IV**

### **Conclusiones y recomendaciones**

#### **4.1. Conclusiones**

1. Se aisló 18 cepas de *Trichoderma* spp. nativos, recolectados de suelos de la provincia de Vilcas Huamán, que se agruparon según las similitudes de sus características macroscópicas y microscópicas en 5 grupos. Se aisló una cepa *Rhizoctonia* sp. de plántulas de frijol.
2. En la prueba de la competencia dual los tratamientos T2 y T5 fueron los más efectivos con valores de Porcentaje de inhibición del crecimiento radial de 15.6 % y 15.1% respectivamente, en la prueba de micoparasitismo los tratamientos T5, T2 y T1 fueron los más efectivos con valores del 100%, 100% y 96% respectivamente.
3. En la prueba de control en semillas y plántulas de frijol, la cepa ETC16 del grupo 5 de *Trichoderma* spp. nativos, fue la más efectiva en las evaluaciones del porcentaje de germinación, emergencia e incidencia.

#### 4.2. Recomendaciones

1. Continuar con la obtención de cepas de *Trichoderma* spp, nativos de otras provincias de Ayacucho y del Perú.
2. Con las cepas obtenidas se pueden realizar trabajos posteriores de identificación a través de pruebas moleculares.
3. Dado que las cepas de *Trichoderma* spp. tuvieron resultados positivos en las distintas pruebas, se puede potenciar sus características antagónicas a través de mejores concentraciones de solución y con otros tipos de fuente de energía que mejoren su capacidad inhibitoria sobre otros hongos.

### Referencias bibliográficas

- Agrios, G., N. (2006). *Fitopatología*. 2ª. ed. Editorial. Limusa. Mexico. Limusa. [https://lienzyos.uv.mx/Uploads/resources/FITOPATOLOGIA---George-N-Agrios-1-200\\_a68e.pdf](https://lienzyos.uv.mx/Uploads/resources/FITOPATOLOGIA---George-N-Agrios-1-200_a68e.pdf)
- Albán, M. (2012). *Manual del cultivo de frijol Caupi*. Piura, Perú: Dirección Regional Agraria Piura. [https://www.academia.edu/36670560/Manual\\_de\\_cultivo\\_de\\_frijol\\_caupi](https://www.academia.edu/36670560/Manual_de_cultivo_de_frijol_caupi)
- Alexopoulos, C., J. & Mims, C., W. (1985). *Introducción a la micología*. Ed. Omega- Barcelona. <https://es.scribd.com/document/367405741/Introduccion-a-La-Micologia-C-lexopoulos-C-Mims-Omega-1985>
- Alfaro, G., L. B. (2019). *Antagonismo de Trichoderma virens en el control de Rhizoctonia solani en Phaseolus vulgaris var. Caupí*. Recuperado 13 de diciembre de 2025, de <https://dspace.unitru.edu.pe/items/5528ef3f-fe9c-4701-9b05-f9a811c60953>
- Ajayi-Oyetunde, O. O., & Bradley, C. A. (2018). *Rhizoctonia solani*: Taxonomy, population biology and management of *Rhizoctonia* seedling disease of soybean. *Plant Pathology*, 67(1), 3-17. <https://doi.org/10.1111/ppa.12733>
- Andrade-Hoyos, P., Luna-Cruz, A., Osorio-Hernández, E., Molina-Gayosso, E., Landero-Valenzuela, N., Barrales-Cureño, H. J., Andrade-Hoyos, P., Luna-Cruz, A., Osorio-Hernández, E., Molina-Gayosso, E., Landero-Valenzuela, N., & Barrales-Cureño, H. J. (2019). Antagonismo de *Trichoderma* spp. vs hongos asociados a la marchitez de chile. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(6), 1259-1272. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1326>
- Argumedo-Delira, R., Alarcón, A., Ferrera-Cerrato, R., & Peña-Cabriales, J. J. (2009). El género fúngico *Trichoderma* y su relación con contaminantes orgánicos e inorgánicos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(4), 257-269. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37012013006>
- Ávila J., Ávila J., Rivas F., & Martínez D., (2014). *El cultivo del frijol sistemas de producción en el noroeste de México*. Universidad de Sonora.

<https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DE%20L%20FRIJOL.pdf>

- Ayala, E. F. (2019). *Efecto antagónico in vitro de cepas nativas de Trichoderma sp. frente a los hongos fitopatógenos Colletotrichum sp. y Fusarium sp. Ayacucho, 2018*. [Tesis de título, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4477>
- Bell, D. K., Wells, H. D., & Markham, C. R. (1982). In Vitro Antagonism of *Trichoderma* species Against Six Fungal Plant Pathogens. *Phytopathology*, 72(4), 379. <https://doi.org/10.1094/Phyto-72-379>
- Buechel T. (2018). *Perfil de agente patógeno: Sclerotium*. Recuperado 9 de julio de 2025, de <https://www.pthorticulture.com/es-us/centro-de-formacion/perfil-de-agente-patogeno-sclerotium>
- Caiza, V. E. (2013). *Colección, identificación y pruebas de eficacia in vitro de (Trichoderma sp). En el control biológico de (Botrytis cinerea) en la finca florícola Picasso Roses [bachelorThesis]*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5073>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (1985). *Enfermedades de Frijol*. México: Trillas.
- Cortés-Hernández, F. del C., Alvarado-Castillo, G. & Sánchez-Viveros, G., (2023). *Trichoderma spp., una alternativa para la agricultura sostenible: Una revisión*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(2), 73-87. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384>
- Cotes, A. (1993). *Study of common bean protection against damping-off by treatment of seeds with Trichoderma koningii Oudemans*. Tesis de Doctorado. Gembloux, Facultad de Ciencias Agronómicas. Bélgica, 120p.
- DGSV-CNRF. (2020). *Pudrición de la raíz, Rhizoctonia solani*. Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 10 p. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600968/Pudrici\\_n\\_de\\_la\\_ra\\_z.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600968/Pudrici_n_de_la_ra_z.pdf)

- Díaz N, J. F., Vargas H, M., Ayvar S, S., Alvarado G, O. G., Solís A, J. F., Durán R, J. A., Díaz C, H. L., & Hernández, A. (2014). Identificación morfológica y por PCR de *Rhizoctonia solani* Kühn a partir de frutos de calabaza pipiana y su manejo en invernadero. 2014, XVI, 17-21. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971121003>
- Espinoza, M, E. (2009). *Evaluación de 16 genotipos seleccionados en dos densidades de siembra de Frijol Canario Cv. Centenario (Phaseolus vulgaris L.) por su calidad y rendimiento en condiciones de costa central.* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAL\\_105f08432a396e2682de5926293b83de/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAL_105f08432a396e2682de5926293b83de/Details)
- García-Espejo, C. N., Mamani-Mamani, M. M., Chávez-Lizárraga, G. A., & Álvarez-Aliaga, M. T. (2016). Evaluación de la actividad enzimática del *Trichoderma inhamatum* (BOL-12 QD) como posible biocontrolador. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 7(1), 20-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361344736004>
- Garrido R., M., & Vilela S., N. (2019). Capacidad antagonista de *Trichoderma harzianum* frente a *Rhizoctonia*, *Nakatea sigmoidea* y *Sclerotium rolfsii* y su efecto en cepas nativas de *Trichoderma* aisladas de cultivos de arroz. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 199-206. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.05>
- Gómez R., H. (2014). *Trichoderma virens* Miller Cepa SCB-LA109. <http://repositorio.senasa.gob.pe/handle/SENASA/260>
- Guigón-López, C., Guerrero-Prieto, V., Vargas-Albores, F., Carvajal-Millán, E., Ávila-Quezada, G. D., Bravo-Luna, L., Ruocco, M., Lanzuise, S., Woo, S., & Lorito, M. (2010). Identificación Molecular de Cepas Nativas de *Trichoderma* spp. Su Tasa de Crecimiento in vitro y Antagonismo contra Hongos Fitopatógenos. *Revista mexicana de fitopatología*, 28(2), 87-96. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0185-33092010000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0185-33092010000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Gutiérrez, B., González, M. S., & Salih L, A. (2006). Caracterización de aislamientos de *Rhizoctonia Solani* Kühn que inducen pudriciones radicales en cultivares de caraota (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Bioagro*, 18(1), 063-072.

- [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1316-33612006000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1316-33612006000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Henríquez, G.; Prophete, E. & Orellana, C. (1992). *Manejo Agronómico del Cultivo del Frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Ciat – Bid – Profrijol. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/2015/SB\\_327\\_U5\\_Vol.5.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2015/SB_327_U5_Vol.5.pdf)
- Hernández, E. O., Castillo, F. D. H., Herrera, R. R., Fuentes, S. E. V., Drouaillet, B. E., & Santillán, J. A. L. (2016). Actividad antagónica de *Trichoderma* spp. sobre *Rhizoctonia solani* in vitro. *Investigación y Ciencia*, 24(67), 5-11. <https://www.redalyc.org/journal/674/67446178001/html/>
- Hernandez F., J. (2009). *Manual de recomendaciones técnicas cultivo de frijol*. Costa Rica. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-9533.pdf>
- Hernández-López, V. M., Vargas-Vázquez, M. L. P., Muruaga-Martínez, J. S., Hernández-Delgado, S., & Mayek-Pérez, N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común: Avances y perspectivas. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(2), 95-104. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0187-73802013000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-73802013000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Hoyos-Carvajal, L., Cardona, A., Osorio, W., & Orduz, S. (2015). Efecto de diversos aislamientos de *Trichoderma* spp. en la absorción de nutrientes en frijol (*Phaseolus vulgaris*) en dos tipos de suelo. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(2), 268-278. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i2.4183>
- Huerta, M., & Huamán, E. (2017). Identificación y caracterización del agente causal de la pudrición de la raíz y tallo del maíz (*Zea mays L.*). *Aporte santiaguino*, 9, 69. <https://doi.org/10.32911/as.2016.v9.n1.214>
- Infante, D., Martínez, B., González, N., & Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de Protección Vegetal*, 24(1), 14-21. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1010-27522009000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1010-27522009000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (2013). Variedad de frijol arbustivo para la costa del Perú. Recuperado de [www.inia.gob.pe%2Fwpcontent%2Fuploads%2Finvestigacion%2Fprograma%2FsistP%2Fproductivo%2Fvariedad%2Ffrijol%2FCanario-2000.pdf&clen=1412698&chunk=true](http://www.inia.gob.pe%2Fwpcontent%2Fuploads%2Finvestigacion%2Fprograma%2FsistP%2Fproductivo%2Fvariedad%2Ffrijol%2FCanario-2000.pdf&clen=1412698&chunk=true)

- Koopert (s. f.). *Pythium spp.* - *Prevención, control y daños*. Recuperado 9 de julio de 2025, de <https://www.koopert.es/enfermedades-de-las-plantas/pythium-spp/>
- León, R., Pino, S. C., Martínez, B., Gonzalez, R. L., & Núñez, D. B. (2012). Aislamiento y selección de cepas de *Trichoderma* y su efecto antagonista frente a *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia* sp. y *Fusarium* sp. *Centro Agrícola*, 39(2). <https://agris.fao.org/search/en/providers/122597/records/6473564b53aa8c8963067e06>
- Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), 1-11. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n1/rpv01113.pdf>
- Martínez, B., Obret, Y., Pérez, S., & Reyes, Y. (2014). Antagonismo in vitro de cepas de *Trichoderma* spp. frente a *Sarocladium oryzae* (Sawada) W. Gams & D. Hawksworth. *Revista de Protección Vegetal*, 29(2), 106-111. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1010-27522014000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1010-27522014000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Mejías, S. H. (2017). Capacidad de *Trichoderma* spp. como estimulante de la germinación en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de Gestión del Conocimiento y el Desarrollo Local*, 4(1), Article 1. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/RGCDL/article/view/898>
- Mesa-Vanegas, A. M., Marin, A., & Calle-Osorno, J. (2019). Metabolitos secundarios en *Trichoderma* spp. y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. *Actualidades Biológicas*, 41(111), 32-44. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v41n111a02>
- Miguel-Ferrer, L., Romero-Arenas, O., Andrade-Hoyos, P., Sánchez-Morales, P., Rivera-Tapia, J. A., & Fernández-Pavía, S. P. (2021). Actividad antifúngica de *Trichoderma harzianum* y *T. koningiopsis* contra *Fusarium solani* asociado en la germinación y vigor de plántulas de chile Miahuateco. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(2), 228-247. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2101-5>
- Morales-Mora, L. A., Andrade-Hoyos, P., Valencia-de Ita, M. A., Romero-Arenas, O., Silva-Rojas, H. V., & Contreras-Paredes, C. A. (2020). Caracterización de hongos asociados al cultivo de fresa y efecto antagonista in vitro de *Trichoderma harzianum*. *Revista mexicana de fitopatología*, 38(3), 434-449. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2005-7>

- Mora, F. & Blum, L. (1990). Virulencia de aislamientos locales de *Rhizoctonia solani* en frijol (*Phaseolus vulgaris*) en invernadero. *Agronomía Costarricense*: 14 (2): 247 - 250. Recuperado de: [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v14n02\\_247.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v14n02_247.pdf).
- Moreno - Bringas, D. A. & Mattos - Calderón, L. (2018). Porcentaje de germinación de semillas de frijol, *Phaseolus vulgaris* inoculadas con *Rhizoctonia solani* y tratadas con *Trichoderma harzianum*. *Revista Científica Pakamuros*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.37787/n8p0d311>
- Nina, R., Smeltekop, H., Almanza, J. C., & Loza-Murguía, M. (2011). Evaluación de la capacidad biocontroladora de cepas nativas de *Trichoderma* spp sobre *Rhizoctonia* sp y *Fusarium* sp en café (*Coffea arabica*) en condiciones experimentales. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 2(1), 43-52. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2072-92942011000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2072-92942011000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Novagri. (2019), *Trichoderma como fungicida en la agricultura*. <https://www.novagri.com/trichoderma-como-fungicida-en-agricultura/nuevo/>
- Núñez CH, G, (1984). *Frijol suelos y fertilización*. Lima, Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria. Estación Experimental Agrícola. La Molina. Boletín Técnico N1 1. 30 p.
- Poalacín, J. M. (2015). *Estudio del adecuado crecimiento del hongo Trichoderma Harzianum y Trichoderma hamatum en sustrato sólido*. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>
- Ramírez, J., Trujillo, J., Osorio, V., Jaramillo, M. M., & Botero, L. (2019). In vitro antagonism of *Trichoderma asperellum* against *Colletotrichum gloeosporioides*, *Curvularia lunata*, and *Fusarium oxysporum*. *Revista UIS Ingenierías*, 18(2), 159-166. <https://10.18273/revuin.v18n2-2019015>
- Rivera-Méndez, W., Brenes-Madriz, J., & Zúñiga-Vega, C. (2018). Efectos de la aplicación de *Trichoderma asperellum* y su filtrado en el crecimiento de almácigos de cebolla (*Allium cepa*). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(2), 98-105. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i2.3627>

- Rodríguez, I. C., & Flores, J. (2018). Capacidad antagonica in vitro de *Trichoderma* spp. Frente a *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Fusarium verticillioides* Nirenberg. *Bioagro*, 30(1), 49-58. <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2710/1693>
- Rodríguez-García, D., & Vargas-Rojas, J. (2022). Efecto de la inoculación con *Trichoderma* sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Solanum lycopersicum*). *Agronomía Costarricense*, 46(2), 47-60. <https://doi.org/10.15517/rac.v46i2.52045>
- Samaniego-Fernández, L. M., Harouna, M., Corbea, O., Rondón-Castillo, A. J. & Placeres-Espinosa, I. (2018). Aislamiento, identificación y evaluación de cepas autóctonas de *Trichoderma* spp. Antagonistas de patógenos del suelo. *Revista de Protección Vegetal*, 33(3). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1010-27522018000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1010-27522018000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=pt)
- Santambrosio, E. (2009). *Catedra de biotecnología*. Facultad Regional Rosario.
- Savín-Molina, J., Hernández-Montiel, L. G., Ceiro-Catasú, W., Ávila-Quezada, G. D., Palacios-Espinosa, A., Ruiz-Espinoza, F. H., & Romero-Bastidas, M. (2021). Caracterización morfológica y potencial de biocontrol de especies de *Trichoderma* aisladas de suelos del semiárido. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(3), 435-451. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2106-7>
- Seaby, D. A. (1987). Infección del compost de hongos por especies de *Trichoderma*. *The Mushroom Journal* 179: 355-361
- Secretaría de Agricultura y Ganadería [SAG]. (2011). *El cultivo del frijol*. Tegucigalpa, Honduras. <https://dicta.gob.hn/files/2011,-Cultivo-de-frijol-G.pdf>
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [SENASA]. (2019). Productores de palta usarán “*Trichoderma Viride*” para enfrentar plagas en sus cultivos. *SENASA al día*. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/productores-de-palta-usaran-trichoderma-viride-para-enfrentar-plagas-en-sus-cultivos/>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA]. (2020). Ficha Técnica: Aislamiento de bacterias fitopatógenas y pruebas de patogenicidad [Versión 1.0]. Autor. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/728771/1.\\_FT.\\_Aislamiento\\_de\\_bacterias\\_fitopat\\_genas\\_y\\_pruebas\\_de\\_patogenicidad\\_1.0\\_2020.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/728771/1._FT._Aislamiento_de_bacterias_fitopat_genas_y_pruebas_de_patogenicidad_1.0_2020.pdf)

- Ulloa, J. A., Rosas U, P., Ramirez - Ramirez, J. C., & Ulloa R, B. E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/1.pdf>.
- Valladolid, Á. (2001). *El cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en la costa del Perú* (2ª ed.). Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/860>
- Vásquez García, J., Vilca Valqui, N. C., & Malqui Ramos, R. F. (2023). *Manual de manejo agronómico de frijol en regiones andinas* (Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA). <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstreams/301dc41a-8634-4e9b-8aa9-17ec51fcd58f/download>
- Zin, N. A., & Badaluddin, N. A. (2020). Funciones biológicas de *Trichoderma* spp. para aplicaciones agrícolas. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2020.09.003>

## Anexos

### Anexo 1.1. Recolección de muestras de suelo.



### Anexo 1.2. Preparación de medio PDA (Agar de papa dextrosa).



**Anexo 1.3.** Esterilización de medio PDA y materiales en el autoclave a 121 °C por 20 minutos.



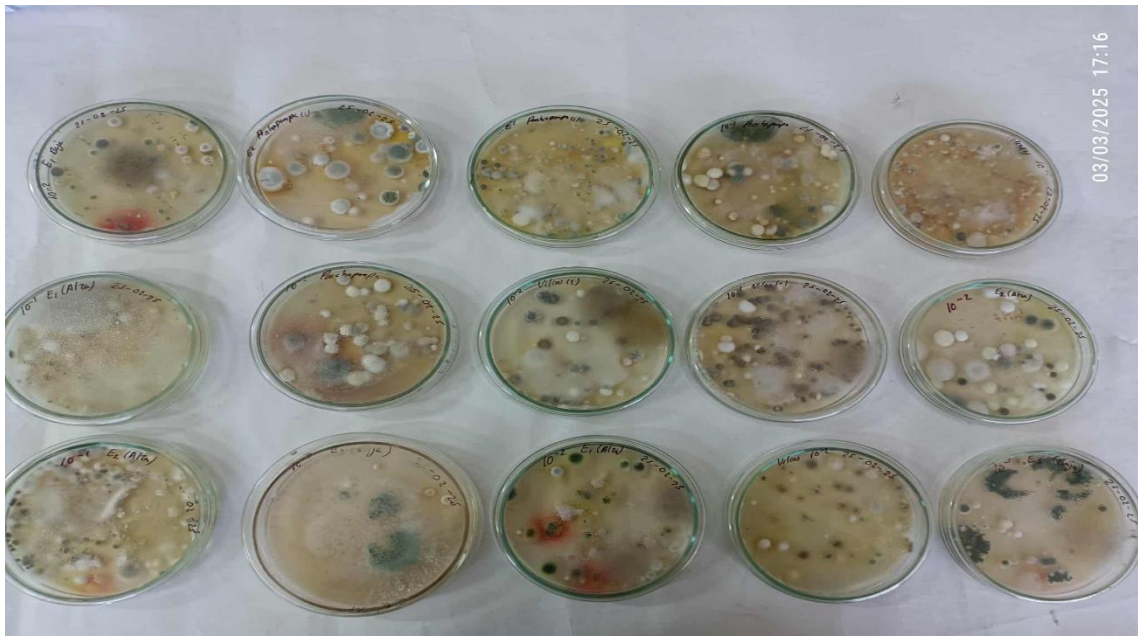
**Anexo 1.4.** Plaqueo del medio PDA en la cámara de flujo laminar.



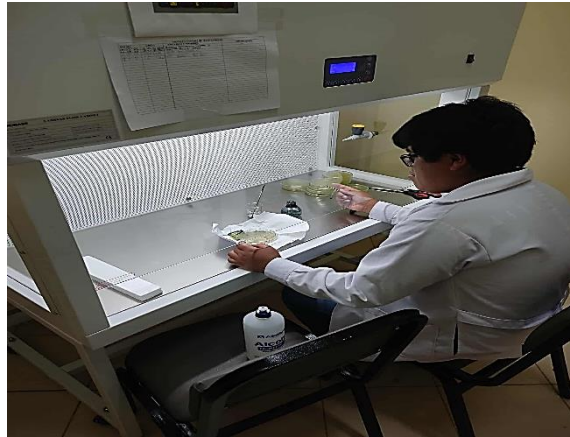
**Anexo 1.5.** Dilución de las muestras de suelo en el laboratorio de Fitopatología, para la obtención de cepas de *Trichoderma* spp. nativos.



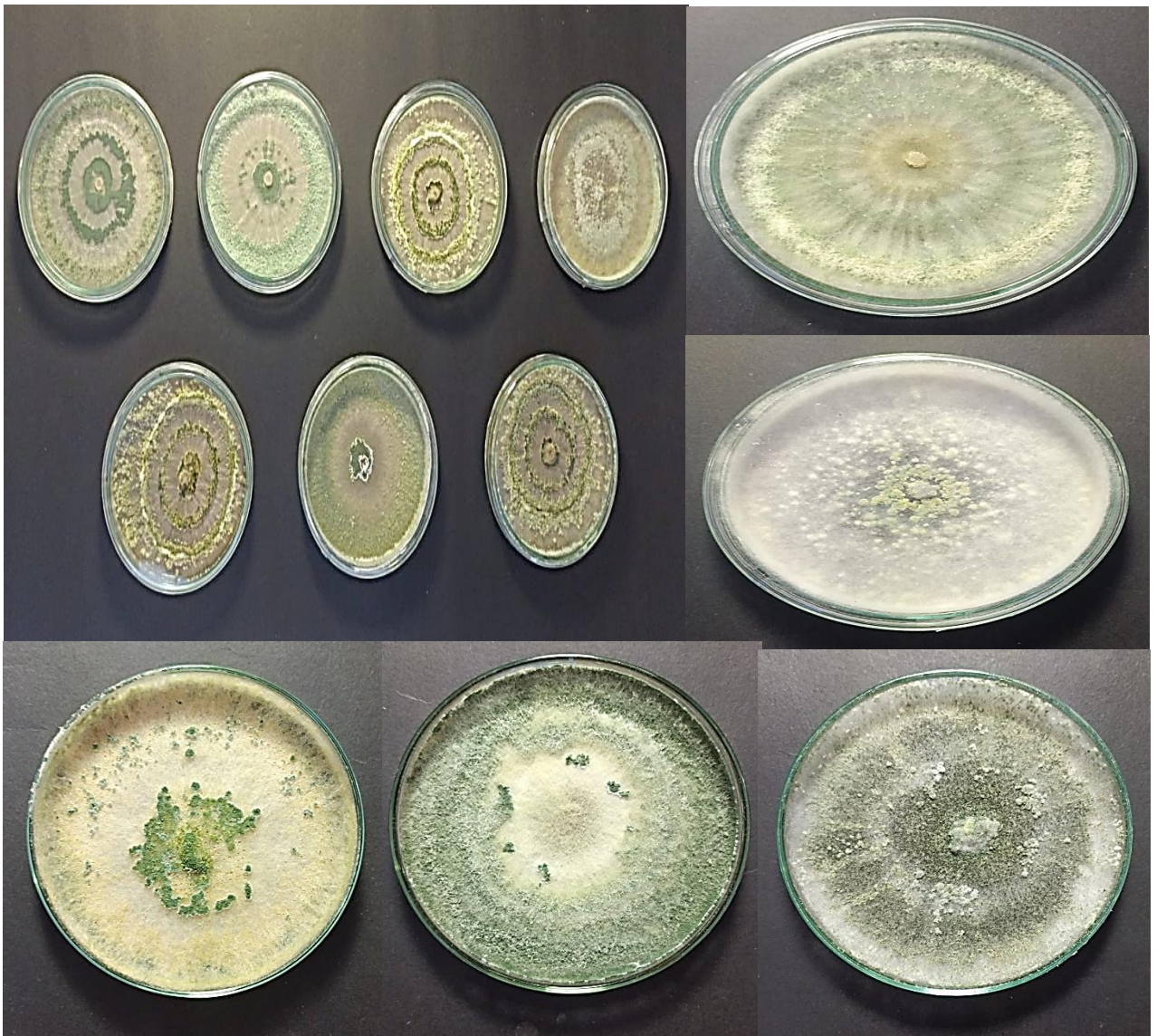
**Anexos 1.6.** Obtención de una amplia variedad de microorganismos a partir de la dilución de las muestras de suelo en medio PDA.



**Anexo 1.7.** Purificación de los aislamientos en la cámara de flujo laminar.



**Anexo 1.8.** Obtención de cepas puras.



**Anexo 1.9.** Medidas del ratio de crecimiento de las cepas de *Trichoderma* spp. nativos.



**Anexo 1.10.** Medidas de crecimiento en cm/día de las cepa WTC1 (Grupo 1) de *Trichoderma* spp. nativos.

Repetición 1					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.5	0.4	0.4	0.4
2		1.6	1.5	1.4	1.6
3		2.8	2.8	2.7	2.9
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 2					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.6	0.6	0.5	0.5
2		1.7	1.7	1.8	1.6
3		3	2.9	3	2.8
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 3					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.6	0.5	0.4	0.5
2		1.7	1.6	1.6	1.6
3		2.9	2.9	3	2.8
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 4					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.6	0.6	0.7	0.8
2		1.9	2	2	2
3		3.1	3	3	3.1
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 5					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.6	0.6	0.7	0.7
2		1.8	1.8	2	1.8
3		2.8	2.7	3.1	2.9
4		4.5	4.5	4.5	4.5

**Anexo 1.11.** Medidas de crecimiento en cm/día de las cepa WTC2 (Grupo 2) de *Trichoderma* spp. nativos.

Repetición 1					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.9	0.9	0.8	0.8
2		2.2	2.3	2.2	2.3
3		3.8	3.9	3.7	3.7
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 2					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.9	0.8	1	0.9
2		2.3	2.4	2.4	2.4
3		3.7	3.8	3.9	3.9
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 3					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		1	1	0.9	0.9
2		2.3	2.4	2.4	2.4
3		3.6	3.8	3.7	3.7
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 4					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		1	1.1	0.9	0.9
2		2.4	2.5	2.4	2.2
3		3.8	3.9	3.8	3.7
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 5					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		1.1	0.9	0.9	0.9
2		2.5	2.3	2.3	2.2
3		3.8	3.7	3.9	3.7
4		4.5	4.5	4.5	4.5

**Anexo 1.12.** Medidas de crecimiento en cm/día de las cepa ETC14 (Grupo 3) de *Trichoderma* spp. nativos.

Repetición 1				
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4
0		0	0	0
1		0.6	0.6	0.4
2		1.7	1.7	1.6
3		2.9	2.8	2.8
4		4.5	4.5	4.5
Repetición 2				
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4
0		0	0	0
1		0.6	0.5	0.6
2		1.8	1.9	1.8
3		3	3.1	3.1
4		4.5	4.5	4.5
Repetición 3				
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4
0		0	0	0
1		0.6	0.4	0.4
2		1.9	1.7	1.8
3		3.1	3	3.2
4		4.5	4.5	4.5
Repetición 4				
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4
0		0	0	0
1		0.6	0.6	0.6
2		1.8	1.8	1.9
3		3.1	3.1	3.1
4		4.5	4.5	4.5
Repetición 5				
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4
0		0	0	0
1		0.7	0.7	0.6
2		2	1.9	1.9
3		3.2	3.2	3.3
4		4.5	4.5	4.5

**Anexo 1.13.** Medidas de crecimiento en cm/día de las cepa ETC17 (Grupo 4) de *Trichoderma* spp. nativos.

Repetición 1					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.6	0.7	0.7	0.7
2		1.5	1.6	1.6	1.7
3		2.7	2.7	2.9	2.9
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 2					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.7	0.7	0.6	0.7
2		1.8	1.8	1.9	1.8
3		2.9	2.8	3.2	3
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 3					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.7	0.8	0.7	0.7
2		1.9	1.9	1.8	1.9
3		3	3	3.1	3.1
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 4					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.7	0.6	0.6	0.6
2		1.8	1.7	1.7	1.7
3		3.1	3	2.9	2.9
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 5					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.6	0.6	0.6	0.6
2		1.8	1.8	1.8	1.7
3		3	3.1	2.9	2.8
4		4.5	4.5	4.5	4.5

**Anexo 1.14.** Medidas de crecimiento en cm/día de las cepa ETC16 (Grupo 5) de *Trichoderma* spp. nativos.

Repetición 1					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.7	0.7	0.6	0.6
2		2.1	2	1.8	1.7
3		3.4	3.3	3.2	3.2
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 2					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.6	0.6	0.6	0.5
2		2	1.9	2	1.9
3		3.4	3.1	3.1	3.3
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 3					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.6	0.6	0.7	0.5
2		2	2.1	2.2	2.1
3		3.5	3.7	3.6	3.5
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 4					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.6	0.6	0.5	0.6
2		2	2.2	2.1	2.1
3		3.4	3.8	3.5	3.7
4		4.5	4.5	4.5	4.5
Repetición 5					
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.5	0.5	0.7	0.7
2		1.9	1.9	1.8	2
3		3.4	3.5	3.4	3.7
4		4.5	4.5	4.5	4.5

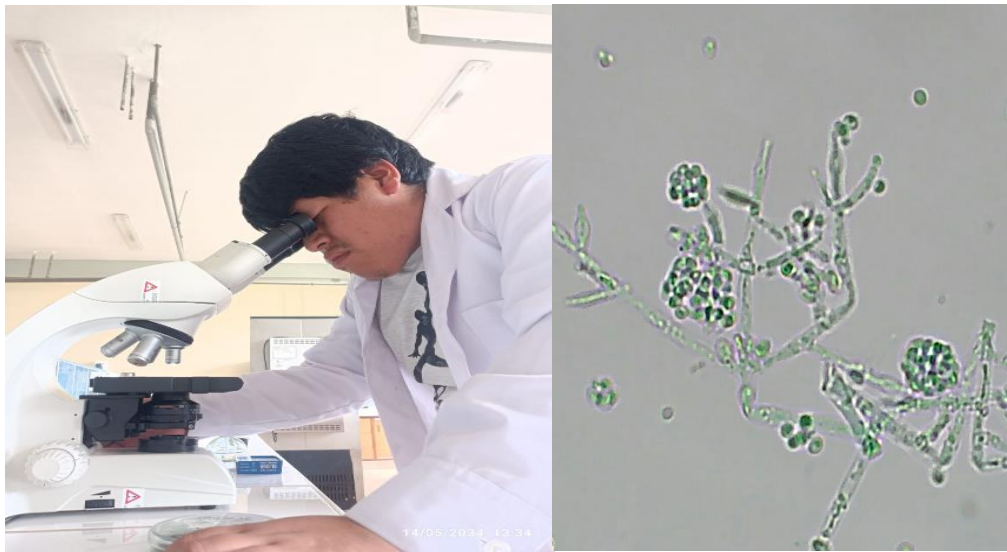
**Anexo 1.15.** Conteo de conidios de las cepas de *Trichoderma* spp. nativos haciendo la dilución para el uso con la cámara de Neubauer.



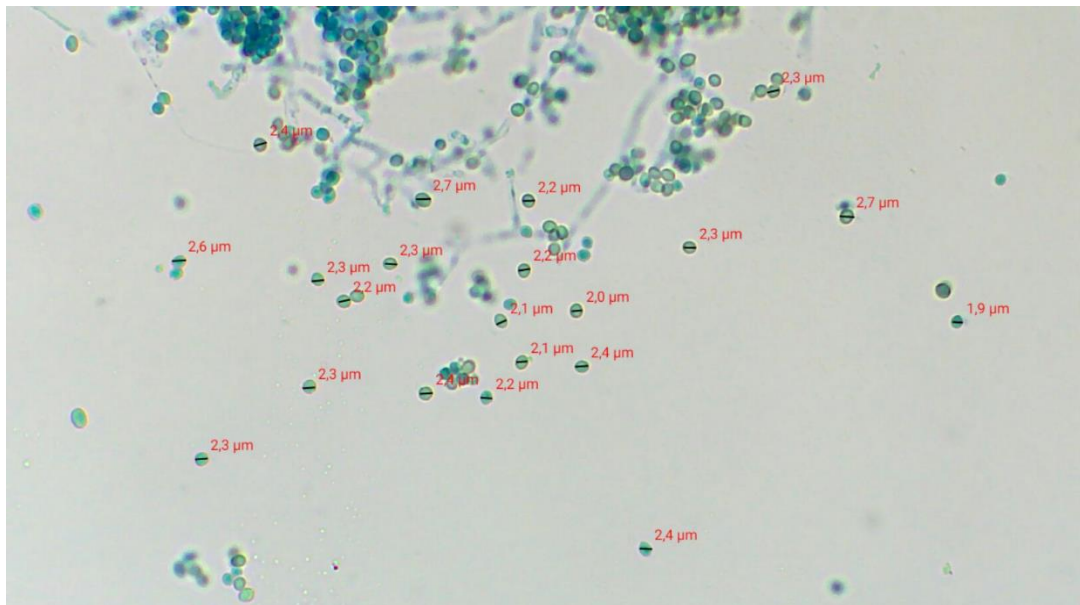
**Anexo 1.16.** Conteo de conidios de las cepas de *Trichoderma* spp. nativos.

	Conidios / Cuadrante 1	Conidios / Cuadrante 2	Conidios / Cuadrante 3	Conidios / Cuadrante 4	Conidios / Cuadrante 5	Total	Conidios/ mL
WTC1	13	12	8	12	9	54	2.70E+06
WTC6	11	8	10	6	9	44	2.20E+06
ETC10	11	12	13	11	10	57	2.85E+06
ETC11	8	9	9	12	13	51	2.55E+06
WTC2	17	15	19	18	17	86	4.30E+06
WTC3	19	16	16	15	16	82	4.10E+06
PTC7	16	14	17	18	14	79	3.95E+06
PTC8	16	18	15	15	17	81	4.05E+06
PTC9	14	17	18	19	16	84	4.20E+06
ETC12	17	18	19	13	16	83	4.15E+06
ETC13	16	18	18	15	17	84	4.20E+06
WTC4	8	9	9	9	7	42	2.10E+06
WTC5	8	9	7	9	7	40	2.00E+06
ETC14	9	11	9	10	11	50	2.50E+06
ETC17	3	4	3	2	1	13	6.50E+05
ETC18	3	2	1	4	2	12	6.00E+05
ETC15	20	25	21	24	27	117	5.85E+06
ETC16	24	22	26	22	24	118	5.90E+06

**Anexo 1.17.** Vista microscópica para la caracterización de las cepas de *Trichoderma* spp. nativos.



**Anexo 1.18.** Medidas del largo y ancho de conidios de *Trichoderma* spp. nativos en microscopio digital.



**Anexo 1.19.** Medidas del largo y ancho de los conidios de la cepa WTC1 (Grupo 1) de *Trichoderma* spp. nativo.

Ancho (µm) Largo (µm)		Ancho (µm) Largo (µm)		Ancho (µm) Largo (µm)		Ancho (µm) Largo (µm)		Ancho (µm) Largo (µm)						
1	1.9	2.4	21	1.8	2.6	41	1.9	2.6	61	1.7	2.3	81	1.9	2.6
2	1.8	2.7	22	1.8	2.7	42	1.9	2.8	62	1.8	2.4	82	1.6	2.5
3	1.8	2.5	23	1.8	2.4	43	1.7	2.3	63	1.7	2.7	83	1.7	2.6
4	1.7	2.6	24	1.8	2.3	44	1.9	2.7	64	1.6	2.6	84	1.7	2.3
5	1.7	2.5	25	1.9	2.6	45	2	2.2	65	1.9	2.5	85	1.8	2.5
6	1.9	2.7	26	1.9	2.7	46	1.8	2.1	66	1.9	2.2	86	1.8	2.5
7	1.9	2.6	27	1.9	2.6	47	1.8	2.3	67	1.9	2.4	87	1.6	2.7
8	2	2.5	28	1.7	2.6	48	1.6	2.4	68	1.9	2.8	88	1.9	2.4
9	1.8	2.6	29	1.7	2.2	49	1.9	2.6	69	1.6	2.5	89	1.9	2.5
10	1.9	2.6	30	1.6	2.2	50	1.7	2.5	70	1.7	2.3	90	1.6	2.4
11	2	2.8	31	1.9	2.4	51	1.8	2.8	71	1.7	2.6	91	1.9	2.4
12	1.9	2.9	32	1.9	2.8	52	1.7	2.8	72	1.8	2.4	92	1.8	2.6
13	1.9	2.7	33	1.8	2.3	53	2	2.7	73	1.9	2.6	93	1.8	2.8
14	1.7	2.4	34	1.7	2.3	54	2	2.3	74	1.6	2.5	94	1.7	2.3
15	1.8	2.4	35	1.8	2.6	55	1.8	2.4	75	1.8	2.5	95	1.9	2.4
16	1.8	2.7	36	1.7	2.5	56	1.8	2.4	76	1.8	2.4	96	1.6	2.5
17	1.9	2.8	37	1.9	2.6	57	1.6	2.3	77	1.9	2.2	97	1.8	2.3
18	1.8	2.7	38	1.7	2.4	58	1.9	2.5	78	1.6	2.3	98	2	2.6
19	1.7	2.5	39	2	2.8	59	1.9	2.7	79	1.7	2.7	99	1.7	2.4
20	1.8	2.6	40	1.9	2.7	60	2	2.7	80	1.9	2.8	100	1.8	2.5

**Anexo 1.20.** Medidas del largo y ancho de los conidios de la cepa WTC2 (Grupo 2) de *Trichoderma* spp. nativo.

Ancho (µm) Largo (µm)		Ancho (µm) Largo (µm)		Ancho (µm) Largo (µm)		Ancho (µm) Largo (µm)		Ancho (µm) Largo (µm)						
1	1.9	2.7	21	1.6	2.6	41	1.9	2.4	61	1.6	2.1	81	1.7	2.6
2	1.7	2.6	22	1.8	2.4	42	1.7	2.1	62	1.6	2.2	82	1.7	2.4
3	1.7	2.6	23	1.5	2.5	43	1.6	2.1	63	1.6	2.3	83	1.8	2.4
4	1.6	2.8	24	1.5	2.3	44	1.6	2.2	64	1.8	2.2	84	1.7	2.3
5	1.8	2.8	25	1.8	2.3	45	1.8	2.3	65	1.7	2.1	85	1.5	2.4
6	1.9	2.6	26	1.7	2.6	46	1.6	2.5	66	1.7	2.5	86	1.6	2.3
7	1.8	2.4	27	1.9	2.7	47	1.7	2.4	67	1.6	2.5	87	1.6	2.7
8	1.5	2.7	28	1.7	2.6	48	1.5	2.3	68	1.7	2.6	88	1.6	2.5
9	1.5	2.3	29	1.6	2.6	49	1.9	2.2	69	1.7	2.3	89	1.5	2.7
10	1.5	2.4	30	1.5	2.5	50	1.5	2.1	70	1.8	2.4	90	1.8	2.8
11	1.4	2.3	31	1.6	2.4	51	1.4	2.6	71	1.8	2.3	91	1.8	2.6
12	1.7	2.3	32	1.6	2.4	52	1.6	2.6	72	1.7	2.3	92	1.8	2.4
13	1.7	2.4	33	1.7	2.8	53	1.7	2.4	73	1.7	2.3	93	1.6	2.7
14	1.8	2.2	34	1.8	2.5	54	1.7	2.3	74	1.6	2.4	94	1.5	2.8
15	1.6	2.5	35	1.6	2.5	55	1.6	2.3	75	1.7	2.1	95	1.9	2.6
16	1.7	2.6	36	1.6	2.4	56	1.8	2.1	76	1.8	2.7	96	1.5	2.9
17	1.5	2.7	37	1.9	2.6	57	1.5	2.2	77	1.7	2.6	97	1.6	2.2
18	1.5	2.5	38	1.6	2.7	58	1.6	2.5	78	1.7	2.8	98	1.7	2.5
19	1.4	2.6	39	1.6	2.3	59	1.6	2.6	79	1.8	2.5	99	1.7	2.6
20	1.6	2.5	40	1.7	2.5	60	1.8	2.8	80	1.6	2.7	100	1.8	2.9

**Anexo 1.21.** Medidas del largo y ancho de los conidios de la cepa ETC14 (Grupo 3) de *Trichoderma* spp. nativo.

	Ancho (µm)	Largo (µm)		Ancho (µm)	Largo (µm)		Ancho (µm)	Largo (µm)		Ancho (µm)	Largo (µm)		Ancho (µm)	Largo (µm)
1	2.1	2.8	21	1.8	2.7	41	1.7	3	61	1.8	3.2	81	1.9	2.9
2	2	2.9	22	1.9	2.8	42	1.9	3	62	1.9	3.2	82	1.8	2.9
3	2.1	2.9	23	1.9	3	43	1.9	3.2	63	2	3.4	83	1.8	3
4	2.2	2.7	24	2	3.1	44	2	3.1	64	1.7	3.3	84	1.8	3.2
5	2	2.8	25	2.1	3.2	45	2.1	2.9	65	2.2	3.1	85	2.4	3.3
6	2	2.8	26	2.2	3	46	2.2	2.9	66	2.3	2.9	86	2.3	3.1
7	2.3	3	27	2.1	2.9	47	2	3	67	2.1	2.8	87	2.2	3.4
8	2.3	3.1	28	2	2.8	48	2	3.1	68	2	2.9	88	2.3	3.2
9	2.1	3	29	1.9	2.9	49	1.7	3	69	2.3	2.7	89	2.3	3.3
10	2.1	2.8	30	1.8	3	50	1.9	3.4	70	2.3	3.2	90	2.1	3.1
11	2.2	2.9	31	2	3.1	51	1.8	3.2	71	2.1	3.2	91	2.1	3.2
12	2	3	32	2.1	3.2	52	2.1	3.1	72	2.1	3.3	92	2.2	3.1
13	1.9	2.9	33	2.3	3	53	2.1	2.9	73	2	3	93	2.1	2.9
14	1.9	3.1	34	2.2	3.2	54	2	2.8	74	1.9	3.1	94	2	2.8
15	2	3.2	35	2.1	2.9	55	2.2	2.8	75	1.9	3.1	95	2	2.9
16	2.1	3.2	36	2.1	2.8	56	2.1	2.9	76	2	3.2	96	2.1	3.1
17	2.3	3.2	37	2	2.9	57	2	2.9	77	2.1	3.4	97	2.2	3.2
18	2.1	3	38	2.3	3	58	1.9	3.3	78	2.3	3	98	2.1	3.1
19	2	3	39	2.1	3.2	59	1.9	3.1	79	2	3.3	99	2.3	2.8
20	2.2	3.3	40	1.9	3	60	1.8	3.2	80	2.1	3.1	100	2.4	2.9

**Anexo 1.22.** Medidas del largo y ancho de los conidios de la cepa ETC17 (Grupo 4) de *Trichoderma* spp. nativo.

	Ancho (µm)	Largo (µm)		Ancho (µm)	Largo (µm)		Ancho (µm)	Largo (µm)		Ancho (µm)	Largo (µm)		Ancho (µm)	Largo (µm)
1	2.3	2.7	21	2.2	2.6	41	2.2	2.7	61	2.1	2.6	81	2.3	2.8
2	2.3	2.8	22	2.2	2.7	42	2.3	2.8	62	2.1	2.7	82	2.2	2.8
3	2.1	2.6	23	2.1	2.6	43	2.4	2.7	63	2.4	2.6	83	2.1	2.9
4	2.4	2.7	24	2.3	2.8	44	2.1	2.7	64	2.4	2.6	84	2.1	2.7
5	2.4	2.9	25	2.2	2.9	45	2.1	2.6	65	2.3	2.8	85	2.3	2.6
6	2.3	2.6	26	2.1	2.9	46	2	2.7	66	2.4	2.8	86	2.2	2.9
7	2.3	2.7	27	2.4	2.9	47	2.4	2.8	67	2.1	2.7	87	2.4	2.7
8	2.1	2.7	28	2.4	2.6	48	2.3	2.9	68	2.3	2.6	88	2.1	2.8
9	2.4	2.6	29	2.3	2.6	49	2.3	2.7	69	2.2	2.6	89	2	2.6
10	2.4	2.6	30	2.3	2.7	50	2.3	2.6	70	2.4	2.7	90	2	2.5
11	2.3	2.5	31	2.3	2.7	51	2.4	2.8	71	2	2.5	91	2.3	2.9
12	2.3	2.8	32	2.4	2.6	52	2.3	2.8	72	2.3	2.5	92	2.3	2.8
13	2.1	2.9	33	2.4	2.9	53	2.3	2.7	73	2.5	2.7	93	2.4	2.8
14	2.3	2.7	34	2.3	2.6	54	2.3	2.9	74	2.1	2.7	94	2.3	2.5
15	2.3	2.8	35	2.3	2.8	55	2.3	2.6	75	2.1	2.8	95	2.1	2.8
16	2.3	2.8	36	2.1	2.7	56	2.4	2.8	76	2.3	2.9	96	2.1	2.8
17	2.2	2.9	37	2.3	2.6	57	2	2.8	77	2.2	2.9	97	2	2.7
18	2.3	2.7	38	2.2	2.9	58	2	2.7	78	2.3	2.8	98	2.2	2.9
19	2.1	2.7	39	2.3	2.8	59	2.1	2.6	79	2.1	2.5	99	2.4	2.9
20	2.3	2.9	40	2.2	2.9	60	2.4	2.9	80	2.3	2.8	100	2.3	2.8

**Anexo 1.23.** Medidas del largo y ancho de los conidios de la cepa ETC16 (Grupo 5) de *Trichoderma* spp. nativo.

	Ancho (µm)	Largo (µm)	Ancho (µm)	Largo (µm)	Ancho (µm)	Largo (µm)	Ancho (µm)	Largo (µm)	Ancho (µm)	Largo (µm)	Ancho (µm)	Largo (µm)		
1	2.2	2.6	21	2.1	2.7	41	2	2.5	61	2.1	2.6	81	2.3	2.8
2	2.1	2.4	22	2	2.8	42	2	2.5	62	2.2	2.7	82	2.2	2.8
3	2	2.6	23	2.2	2.6	43	2.1	2.7	63	2.3	2.5	83	2.2	2.9
4	2.3	2.7	24	2	2.6	44	2.3	2.6	64	2.1	2.8	84	2.1	2.7
5	2.1	2.7	25	1.9	2.8	45	2.4	2.9	65	1.9	2.7	85	1.9	2.7
6	2.2	2.8	26	1.9	2.7	46	2.1	2.9	66	1.8	2.7	86	1.7	2.9
7	2.1	2.5	27	2	2.7	47	2.3	2.8	67	2	2.9	87	1.8	2.8
8	2.3	2.5	28	1.7	2.8	48	2.2	2.7	68	1.9	2.4	88	2.1	2.7
9	2	2.6	29	2.1	2.9	49	2.1	2.6	69	1.8	2.6	89	2.3	2.6
10	2.2	2.6	30	2	2.7	50	2	2.8	70	2.2	2.6	90	2.1	2.8
11	2.1	2.7	31	1.9	2.6	51	2.1	2.7	71	2.1	2.8	91	2	2.8
12	2.3	2.5	32	2.2	2.6	52	2.3	2.6	72	2.4	2.7	92	1.9	2.5
13	2.4	2.7	33	1.8	2.5	53	2.2	2.8	73	2.3	2.6	93	1.8	2.7
14	2.3	2.9	34	2.3	2.8	54	2.3	2.7	74	2.1	2.9	94	2.3	2.7
15	2	2.8	35	2.1	2.8	55	1.9	2.9	75	2	2.8	95	2.4	2.4
16	2.2	2.6	36	2	2.7	56	1.9	2.6	76	1.9	2.7	96	2.3	2.5
17	2.1	2.7	37	2.1	2.6	57	1.7	2.8	77	1.9	2.6	97	2.1	2.6
18	2.1	2.9	38	2	2.7	58	2.3	2.5	78	2	2.9	98	2.1	2.5
19	2.3	2.8	39	2.1	2.7	59	2.3	2.7	79	2.3	2.9	99	2	2.5
20	2.2	2.9	40	2.2	2.9	60	2.4	2.8	80	2	2.8	100	2.1	2.9

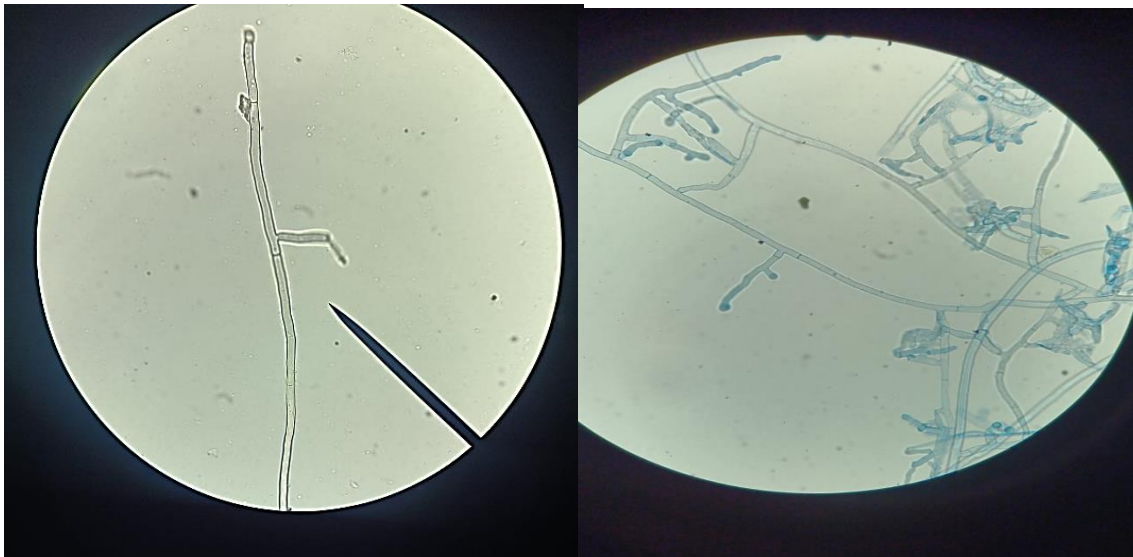
**Anexo 1.24.** Conservación de cepas de *Trichoderma* spp. nativos.



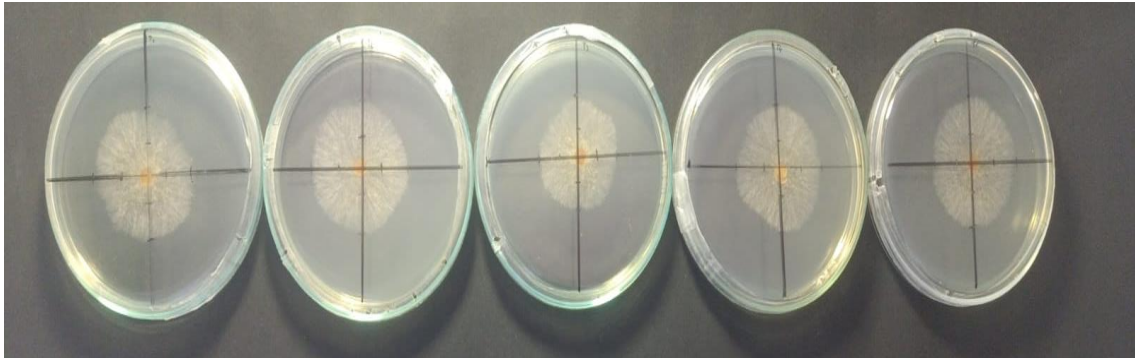
**Anexo 1.25.** Colecta de muestras con síntomas de chupadera fungosa provocada por *Rhizoctonia* sp en plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)



**Anexo 1.26.** Vista microscópica de *Rhizoctonia* sp.



**Anexo 1.27.** Medidas del ratio de crecimiento de *Rhizoctonia* sp. a los 2 días después de haber relizado el repique.

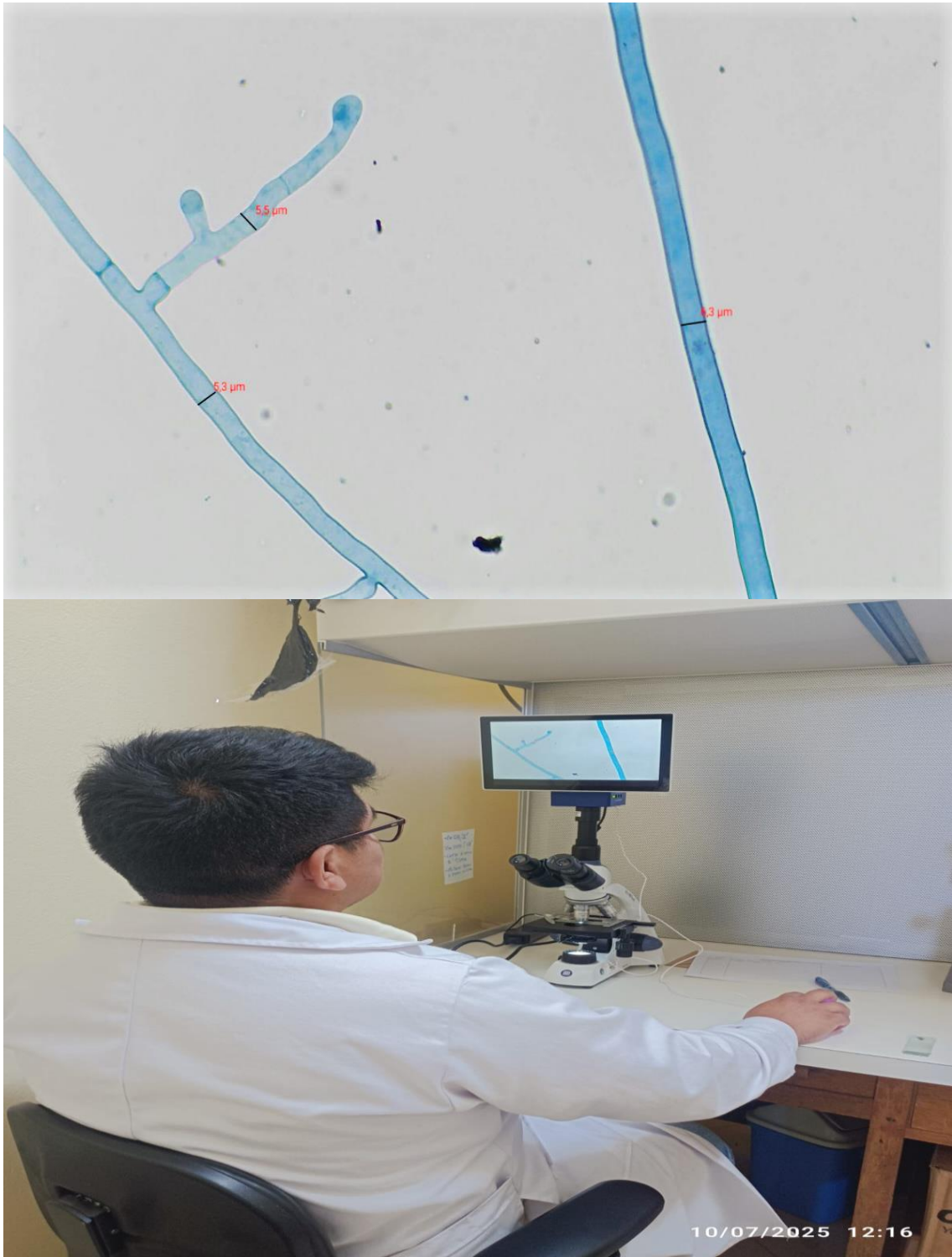


**Anexo 1.28.** Medidas de crecimiento en cm/día de *Rhizoctonia* sp.

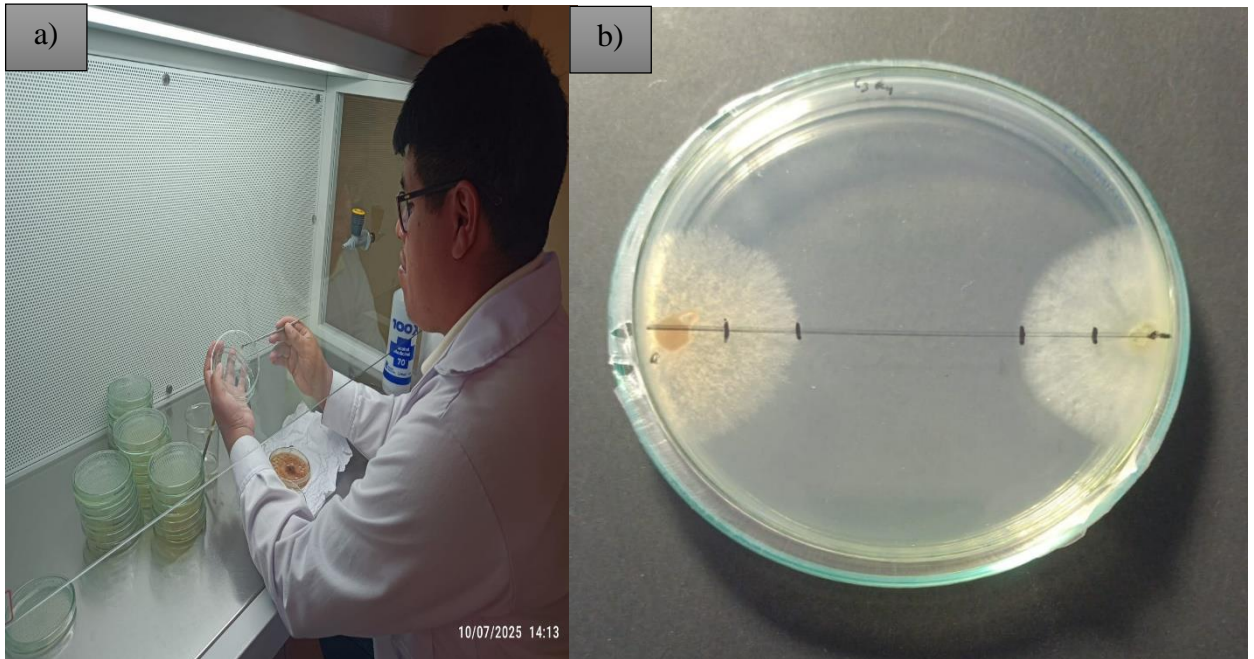
		Repetición 1			
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.7	0.5	0.6	0.5
2		2	1.8	1.9	1.7
3		3.8	3.6	3.8	3.8
4		4.5	4.5	4.5	4.5
		Repetición 2			
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.7	0.6	0.6	0.6
2		2	1.9	2	2
3		3.7	3.7	3.6	3.7
4		4.5	4.5	4.5	4.5
		Repetición 3			
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.6	0.5	0.4	0.6
2		1.6	1.7	1.5	1.6
3		3.3	3.4	3.3	3.6
4		4.5	4.5	4.5	4.5
		Repetición 4			
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.5	0.5	0.6	0.5
2		1.7	1.7	1.5	1.7
3		3.3	3.4	3.1	3.6
4		4.5	4.5	4.5	4.5
		Repetición 5			
Día	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	
0		0	0	0	0
1		0.6	0.6	0.7	0.6
2		2	1.9	1.8	1.9
3		3.8	3.8	3.7	3.9
4		4.5	4.5	4.5	4.5

*Rhizoctonia* sp.

**Anexo 1.29.** Medidas del ancho de las hifas de *Rhizoctonia* sp. en microscopio digital.

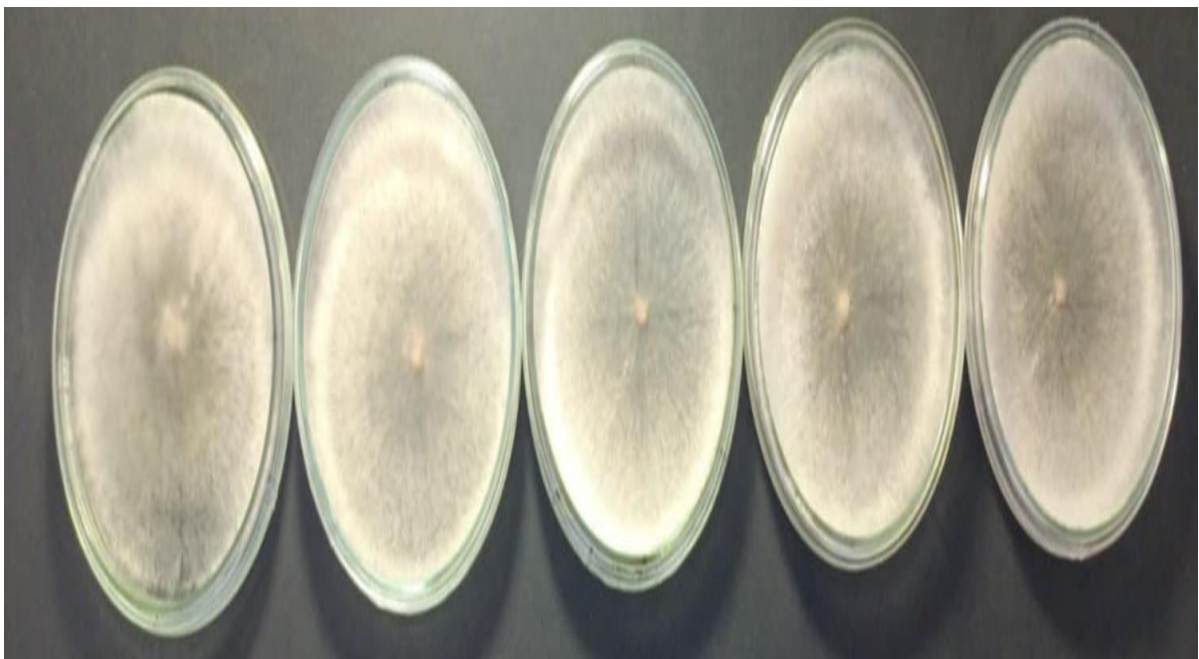


### Anexo 1.30. Competencia dual.

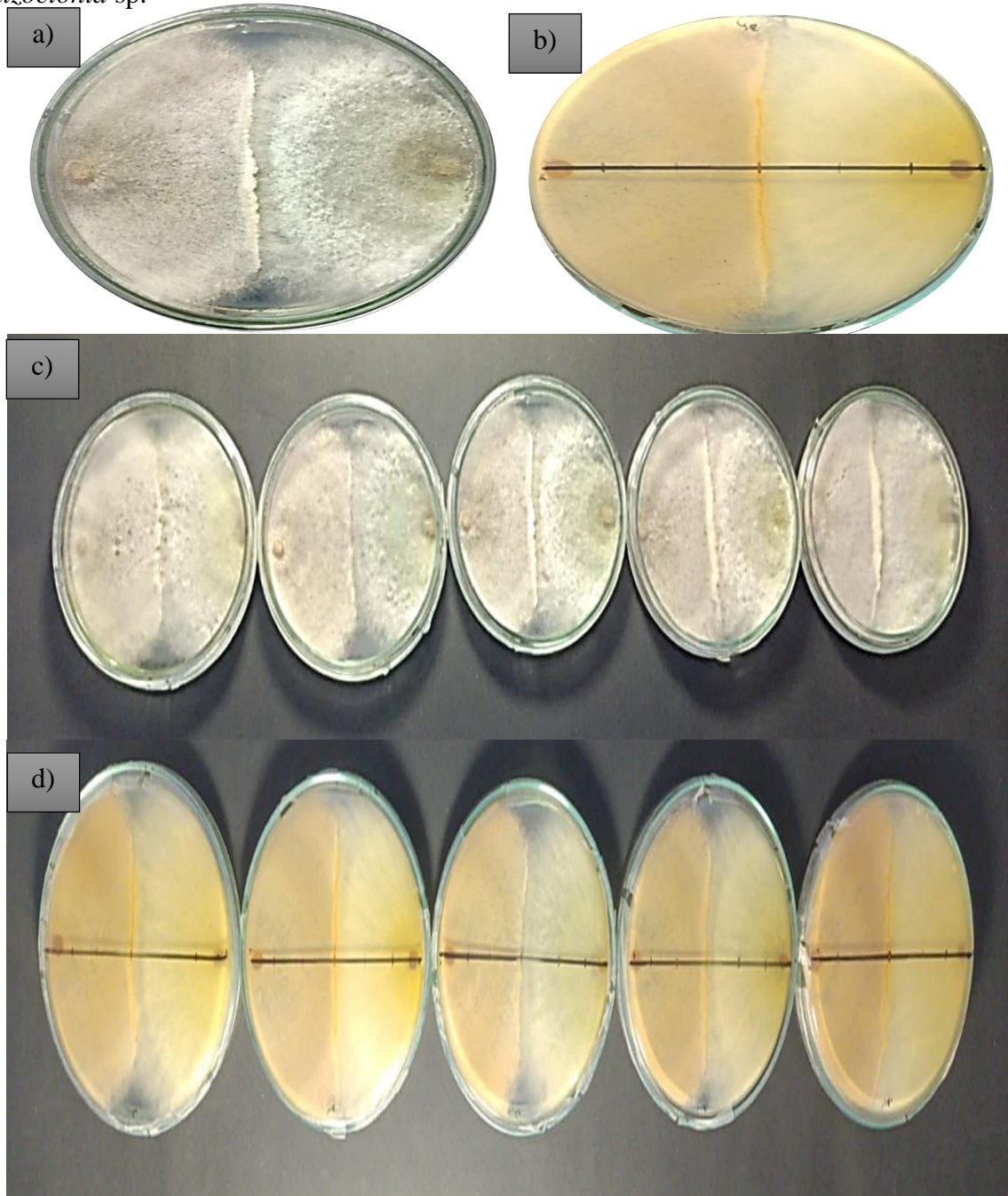


*Nota:* a) Instalación de tratamientos *in vitro* de la competencia dual. b) Cepa WTC1 (Grupo 1) de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) a los 2 días después de haber realizado el repique.

**Anexo 1.31.** Testigo *Rhizoctonia* sp. a los 4 días después de haber realizado el repique, para la competencia dual.

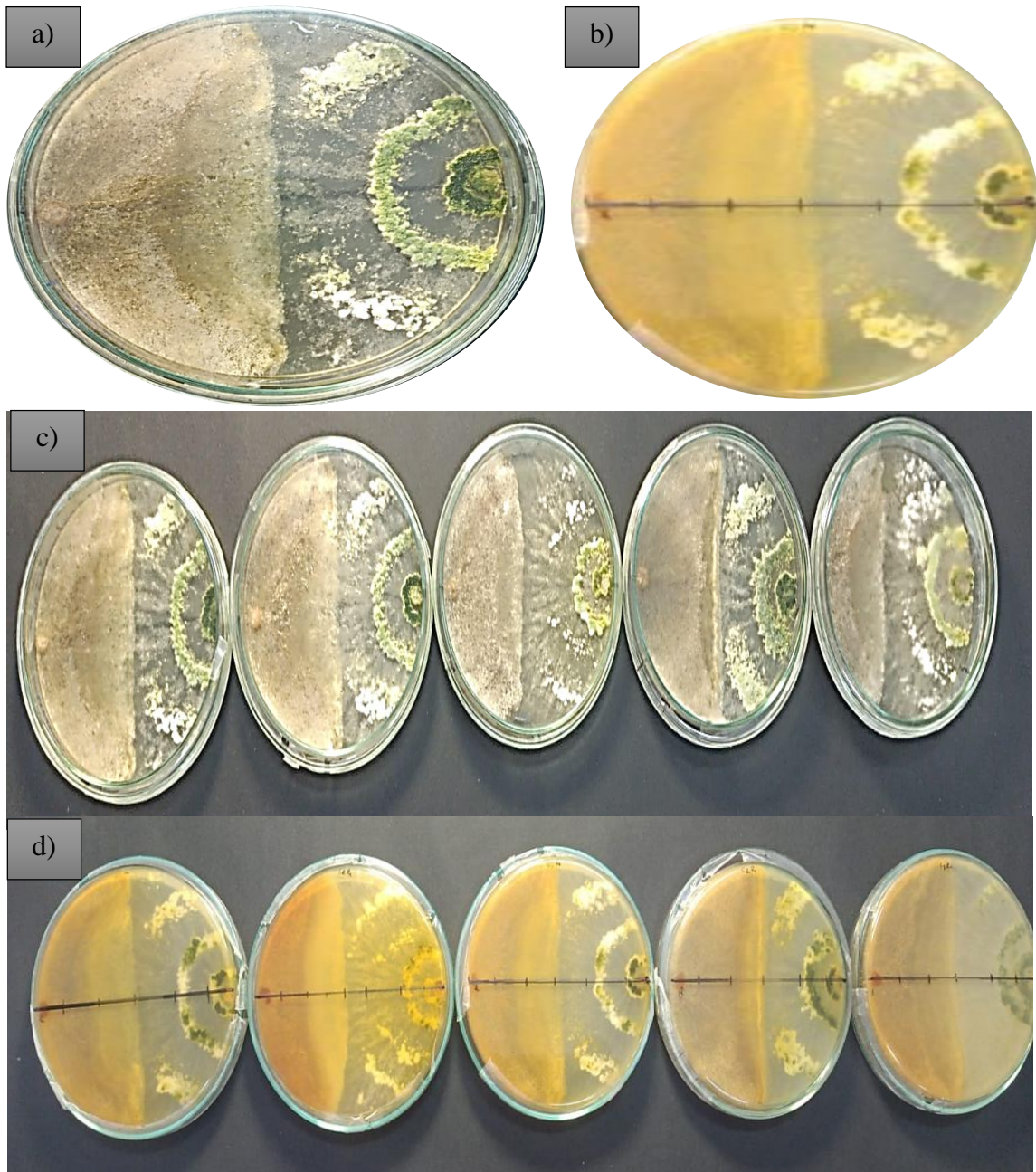


**Anexo 1.32.** Tratamiento N°1, cepa WTC1 (Grupo 1) de *Trichoderma* spp. nativo frente a *Rhizoctonia* sp.



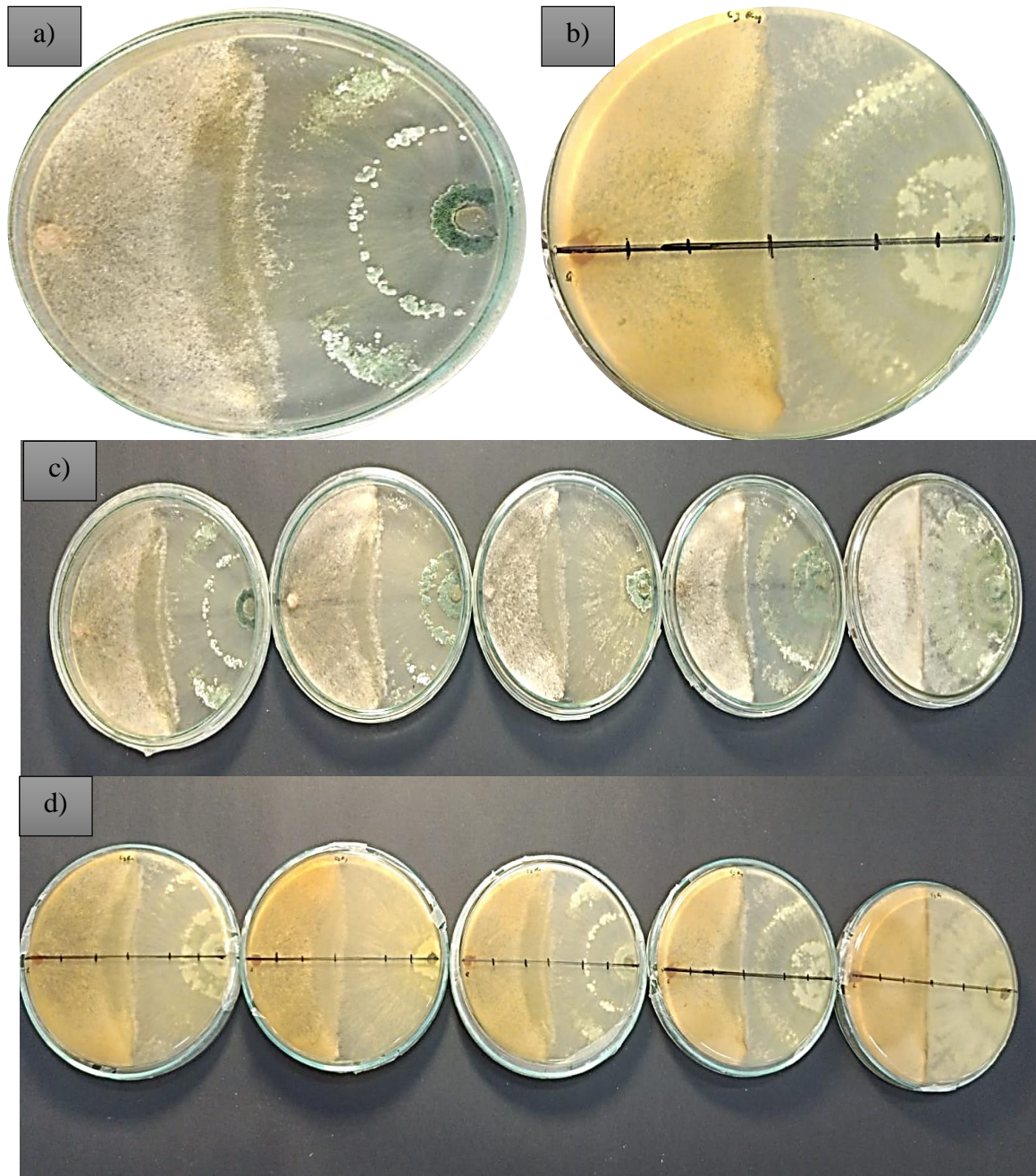
*Nota:* a) Cepa WTC1 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) 4 días después de haber realizado el repique. b) Reverso del enfrentamiento de la Cepa WTC1 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) 4 días después de haber realizado el repique. c) Anverso de las repeticiones de la Cepa WTC1 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo). d) Reverso de las repeticiones de la Cepa WTC1 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo).

**Anexo 1.33.** Tratamiento N°2, cepa WTC2 (Grupo 2) de *Trichoderma* spp. nativo frente a *Rhizoctonia* sp.



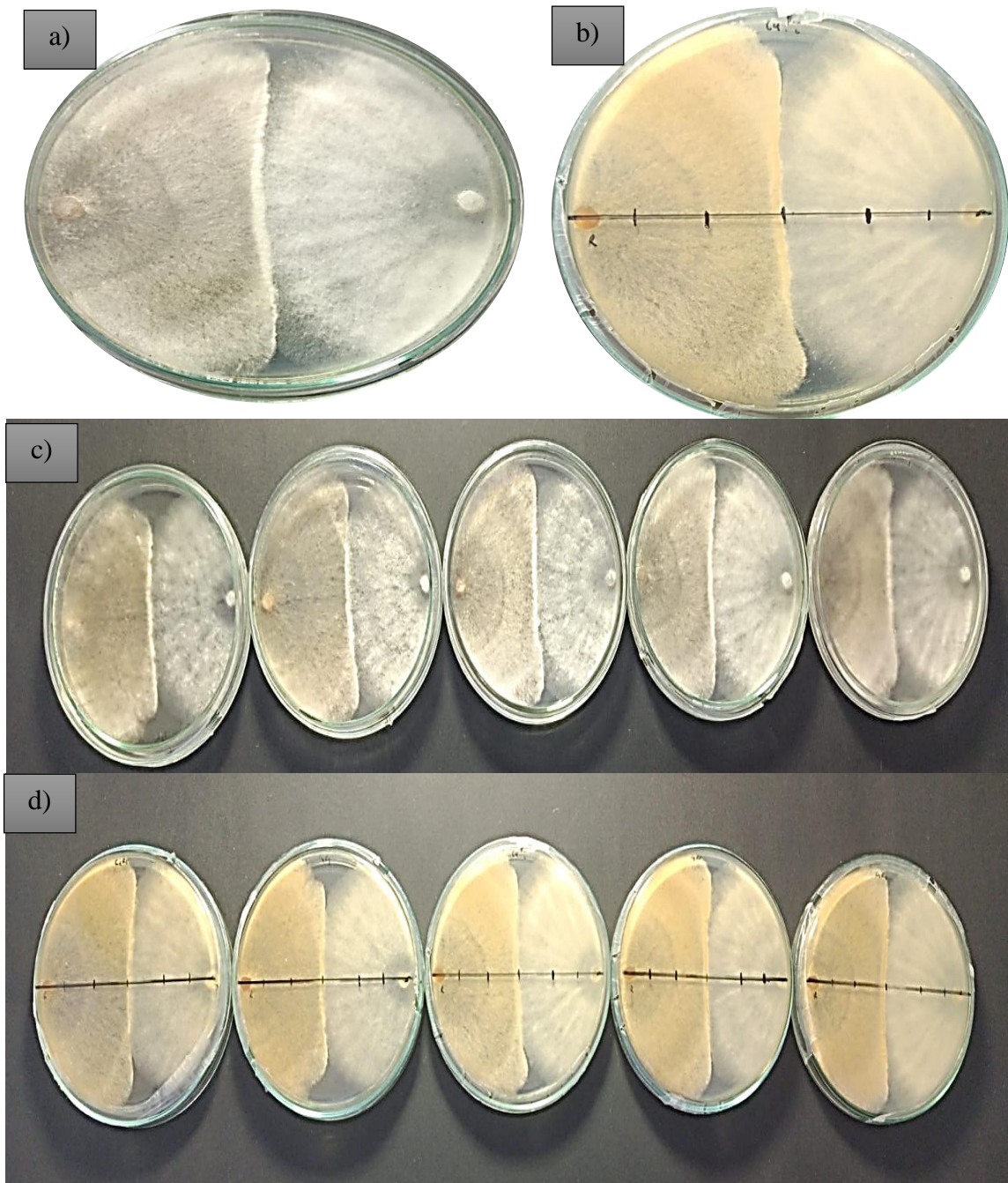
*Nota.* a) Cepa WTC2 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) 4 días después de haber realizado el repique. b) Reverso del enfrentamiento de la Cepa WTC2 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) 4 días después de haber realizado el repique. c) Anverso de las repeticiones de la Cepa WTC2 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo). d) Reverso de las repeticiones de la Cepa WTC2 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo).

**Anexo 1.34.** Tratamiento N°3, cepa ETC14 ( Grupo 3) de *Trichoderma* spp. nativo frente a *Rhizoctonia* sp.



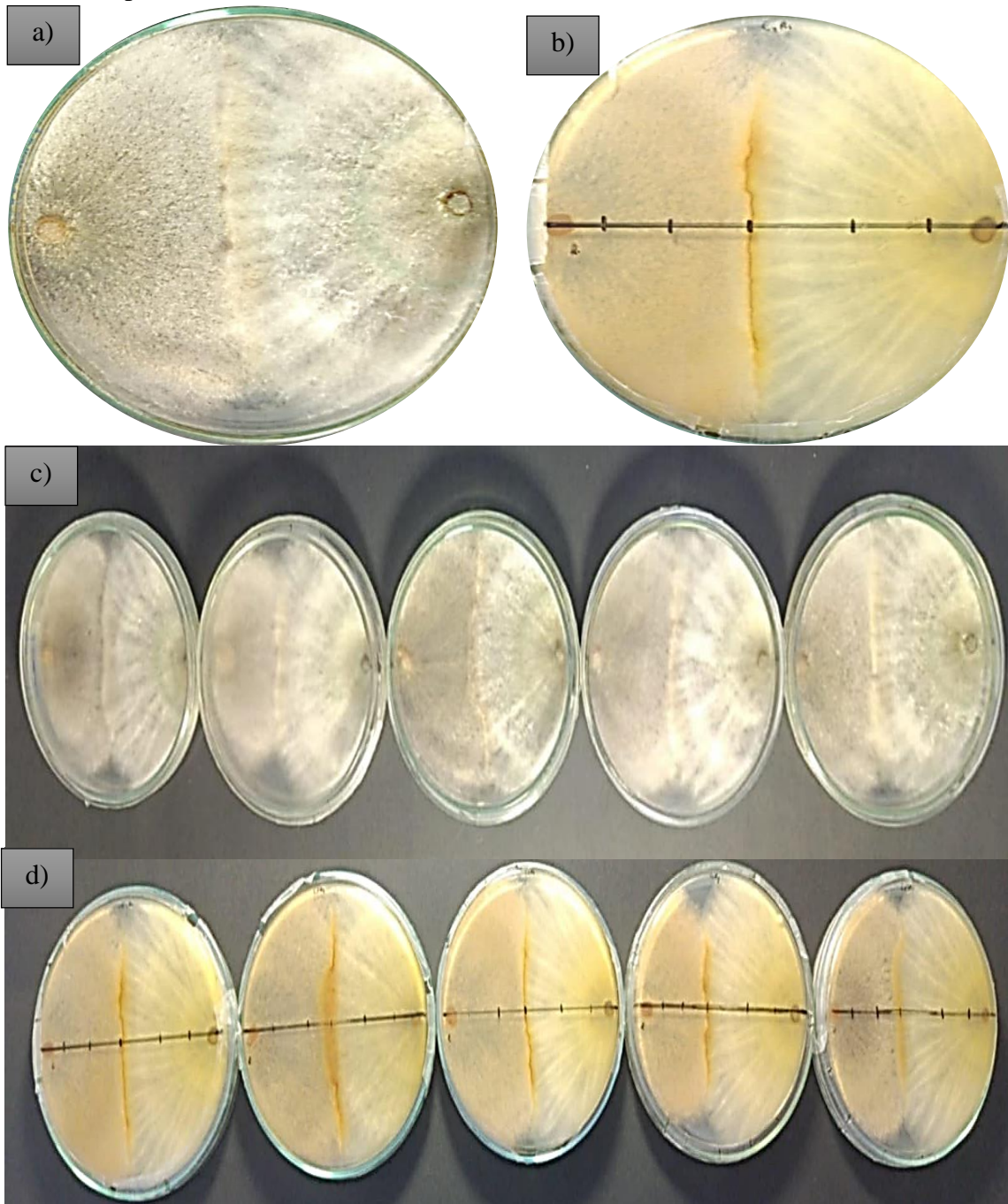
*Nota.* a) Cepa ETC14 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) 4 días después de haber realizado el repique. b) Reverso del enfrentamiento de la Cepa ETC14 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) 4 días después de haber realizado el repique. c) Anverso de las repeticiones de la Cepa ETC14 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo). d) Reverso de las repeticiones de la Cepa ETC14 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo).

**Anexo 1.35.** Tratamiento N°4, cepa ETC17 (Grupo 4) de *Trichoderma* spp. nativo frente a *Rhizoctonia* sp.



*Nota.* a) Cepa ETC17 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) 4 días después de haber realizado el repique. b) Reverso del enfrentamiento de la Cepa ETC17 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) 4 días después de haber realizado el repique. c) Anverso de las repeticiones de la Cepa ETC17 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo). d) Reverso de las repeticiones de la Cepa ETC17 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo).

**Anexo 1.36.** Tratamiento N°5, cepa ETC16 (Grupo 5) de *Trichoderma* spp. nativo frente a *Rhizoctonia* sp.

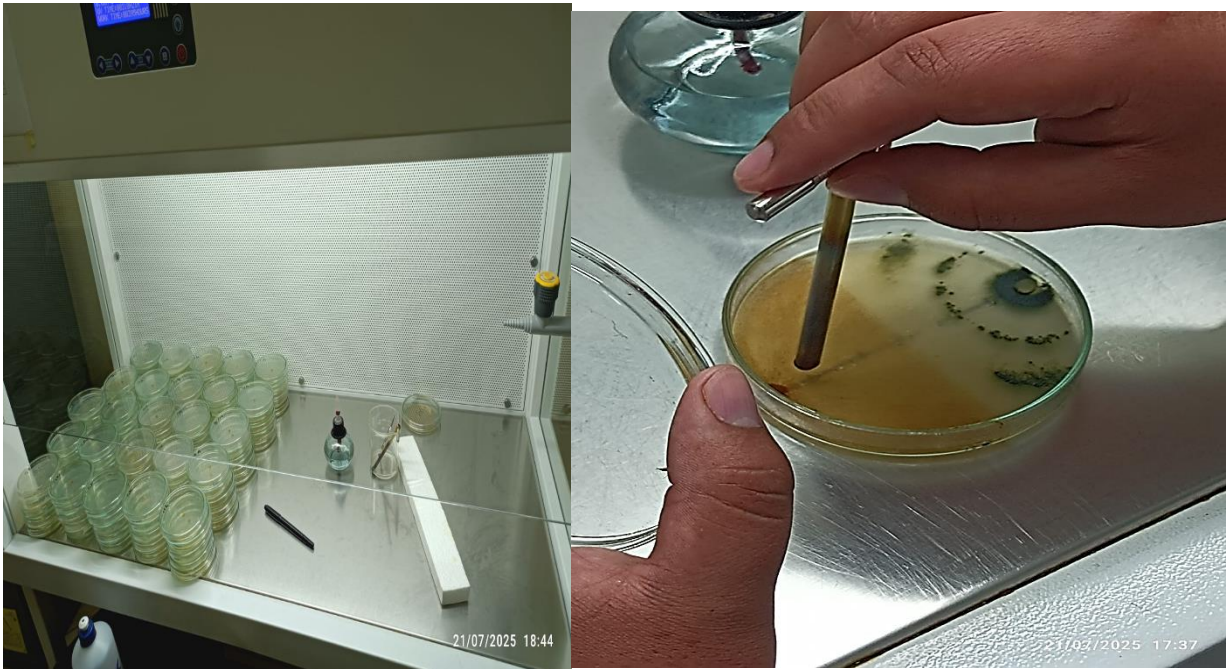


*Nota.* a) Cepa ETC16 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) 4 días después de haber realizado el repique. b) Reverso del enfrentamiento de la Cepa ETC16 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo) 4 días después de haber realizado el repique. c) Anverso de las repeticiones de la Cepa ETC16 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo). d) Reverso de las repeticiones de la Cepa ETC16 de *Trichoderma* spp. nativo (lado derecho) frente a *Rhizoctonia* sp. (lado izquierdo).

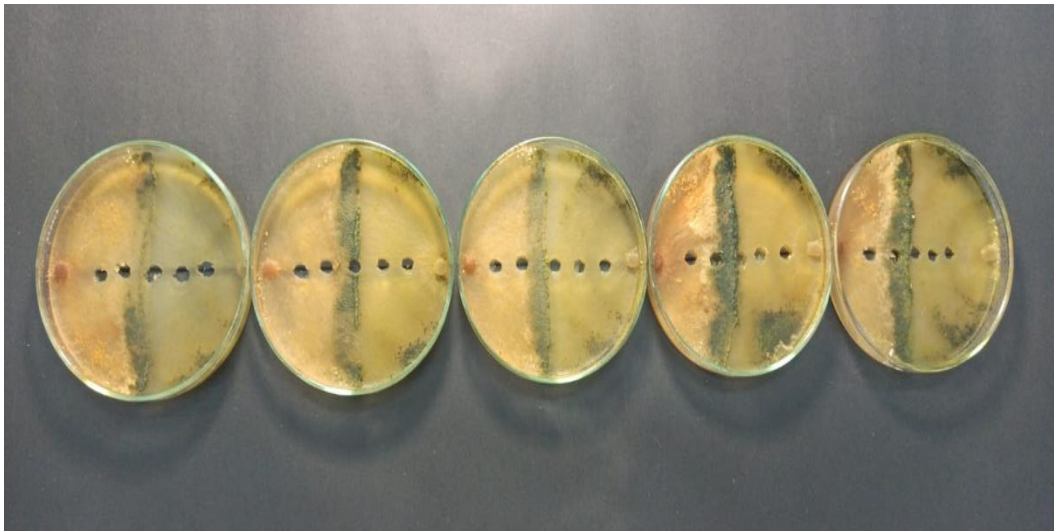
**Anexo 1.37.** Datos obtenidos de la competencia dual entre las cepas de *Trichoderma* spp. nativos frente a *Rhizoctonia* sp.

Cepa WTC1 vs <i>Rhizoctonia</i> sp																			
R1				R2				R3				R4				R5			
Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1	0.8	0.6	1	0.8	0.6	1	0.8	0.5	1	0.9	0.6	1	0.7	0.6					
2	2.3	1.8	2	2.3	2	2	2.2	1.8	2	2.2	1.9	2	2.2	1.7					
3	4.1	3.5	3	3.8	3.7	3	4.1	3.5	3	4.1	3.6	3	4.1	3.7					
4	4.8	4	4	4.3	4.1	4	4.6	4	4	4.6	4.1	4	4.6	4.2					
Cepa WTC2 vs <i>Rhizoctonia</i> sp																			
R1				R2				R3				R4				R5			
Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1	0.4	0.5	1	0.4	0.5	1	0.5	0.6	1	0.6	0.7	1	0.4	0.6					
2	2.1	2.3	2	1.6	1.7	2	2	2.1	2	1.9	2.3	2	1.8	1.8					
3	4	3.9	3	3.3	3	3	4.1	3.6	3	3.9	3.9	3	4.2	3.3					
4	4.6	3.9	4	4.3	3.8	4	4.6	3.8	4	4.4	3.7	4	4.6	3.8					
Cepa ETC14 vs <i>Rhizoctonia</i> sp																			
R1				R2				R3				R4				R5			
Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1	0.8	0.8	1	0.6	0.6	1	0.8	0.6	1	0.7	0.7	1	0.7	0.8					
2	2.1	2.3	2	2.1	2.4	2	2	2	2	1.9	1.8	2	2.1	2.4					
3	4	3.5	3	4	3.8	3	3.8	3.6	3	4	3.5	3	3.9	3.7					
4	4.7	3.9	4	4.5	4.1	4	4.6	3.9	4	4.6	3.9	4	4.7	4					
Cepa ETC17 vs <i>Rhizoctonia</i> sp																			
R1				R2				R3				R4				R5			
Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1	0.8	0.6	1	0.8	0.7	1	0.8	0.7	1	0.7	0.6	1	0.8	0.9					
2	2.2	2.1	2	2.2	2.2	2	2.1	2.1	2	1.9	1.8	2	2.1	2					
3	3.7	3.5	3	3.7	3.5	3	3.6	3.6	3	3.7	3.5	3	3.7	3.6					
4	4.3	4.1	4	4.3	4	4	4.4	4.1	4	4.6	4	4	4.5	4.1					
Cepa ETC16 vs <i>Rhizoctonia</i> sp																			
R1				R2				R3				R4				R5			
Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp	Día	<i>Trichoderma</i> spp	<i>Rhizoctonia</i> sp					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1	0.7	0.5	1	0.7	0.6	1	0.8	0.7	1	0.7	0.5	1	0.7	0.6					
2	2.3	1.8	2	2.3	2.1	2	2.5	2.2	2	2.3	1.8	2	2.2	1.9					
3	4.3	3.3	3	4.1	3.5	3	4	3.6	3	4.5	2.8	3	4.6	3.2					
4	4.9	3.8	4	5.2	3.8	4	5.1	3.8	4	5	3.8	4	5.1	3.9					

**Anexo 1.38.** Procedimientos del micoparasitismo.



**Anexo 1.39.** Repiques de la cepa ETC16 (Grupo 5) para el micoparasitismo.



**Anexo 1.40.** Preparación de soluciones con las cepas de *Trichoderma* spp. para la inoculación en semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).



**Anexo 1.41.** Desinfección de semillas de frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) con hipoclorito de sodio al 1% por 5 minutos.



**Anexo 1.42.** Inoculación de *Rhizoctonia* sp. al suelo.



**Anexo 1.43.** Siembra de semillas de frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) en los tratamientos.



**Anexo 1.44.** Resultados obtenidos del testigo “Semillas sin inoculación de *Trichoderma* spp. y sin inoculación de *Rhizoctonia* sp. al suelo.”



Nota: a) Tratamiento testigo y sus repeticiones. b) Plántulas de la Repetición N°1 a los 15 días después de la siembra. c) Plántulas con síntomas de chupadera fungosa causa por *Rhizoctonia* sp.

**Anexo 1.45.** Resultados obtenidos del tratamiento N°1 “Semillas sin inoculación de *Trichoderma* spp. y con inoculación de *Rhizoctonia* sp. al suelo.”



Nota: a) Tratamiento N°1 y sus repeticiones. b) Semillas germinadas y no germinadas con síntomas de chupadera fungosa causa por *Rhizoctonia* sp. 15 días después de la siembra.

**Anexo 1.46.** Resultados obtenidos del tratamiento N°2 “Semillas inoculadas con la Cepa WTC1 (Grupo 1) de *Trichoderma* spp., sin inoculación de *Rhizoctonia* sp. al suelo”.



*Nota:* a) Tratamiento N°2 y sus repeticiones. b) Plántulas de la Repetición N°1 a los 15 días después de la siembra sin presencia de la enfermedad.

**Anexo 1.47.** Resultados obtenidos del tratamiento N°3 “Semillas inoculadas con la Cepa WTC2 (Grupo 2) de *Trichoderma* spp., sin inoculación de *Rhizoctonia* sp. al suelo”



*Nota:* a) Tratamiento N°3 y sus repeticiones. b) Plántulas de la Repetición N°1 a los 15 días después de la siembra sin presencia de la enfermedad.

**Anexo 1.48.** Resultados obtenidos del tratamiento N°4 “Semillas inoculadas con la Cepa ETC14 (Grupo 3) de *Trichoderma* spp., sin inoculación de *Rhizoctonia* sp. al suelo”.



*Nota:* a) Tratamiento N°4 y sus repeticiones. b) Plántulas de la Repetición N°1 a los 15 días después de la siembra sin presencia de la enfermedad.

**Anexo 1.49.** Resultados obtenidos del tratamiento N°5 “Semillas inoculadas con la Cepa ETC17 (Grupo 4) de *Trichoderma* spp., sin inoculación de *Rhizoctonia* sp. al suelo”.



*Nota:* a) Tratamiento N°5 y sus repeticiones. b) Plántulas de la Repetición N°1 a los 15 días después de la siembra sin presencia de la enfermedad.

**Anexo 1.50.** Resultados obtenidos del tratamiento N°6 “Semillas inoculadas con la Cepa ETC16 (Grupo 5) de *Trichoderma* spp., sin inoculación de *Rhizoctonia* sp. al sustrato”.



*Nota:* a) Tratamiento N°6 y sus repeticiones. b) Plántulas de la Repetición N°1 a los 15 días después de la siembra sin presencia de la enfermedad.

**Anexo 1.51.** Resultados obtenidos del tratamiento N°7 “Semillas inoculadas con la Cepa WTC1 (Grupo 1) de *Trichoderma* spp., con inoculación de *Rhizoctonia* sp. al sustrato”.



*Nota:* a) Tratamiento N°7 y sus repeticiones. b) Plántulas de la Repetición N°1 a los 15 días después de la siembra. c) Plántulas con síntomas de chupadera fungosa causa por *Rhizoctonia* sp.

**Anexo 1.52.** Resultados obtenidos del tratamiento N°8 “Semillas inoculadas con la Cepa WTC2 (Grupo 2) de *Trichoderma* spp., con inoculación de *Rhizoctonia* sp. al sustrato”.



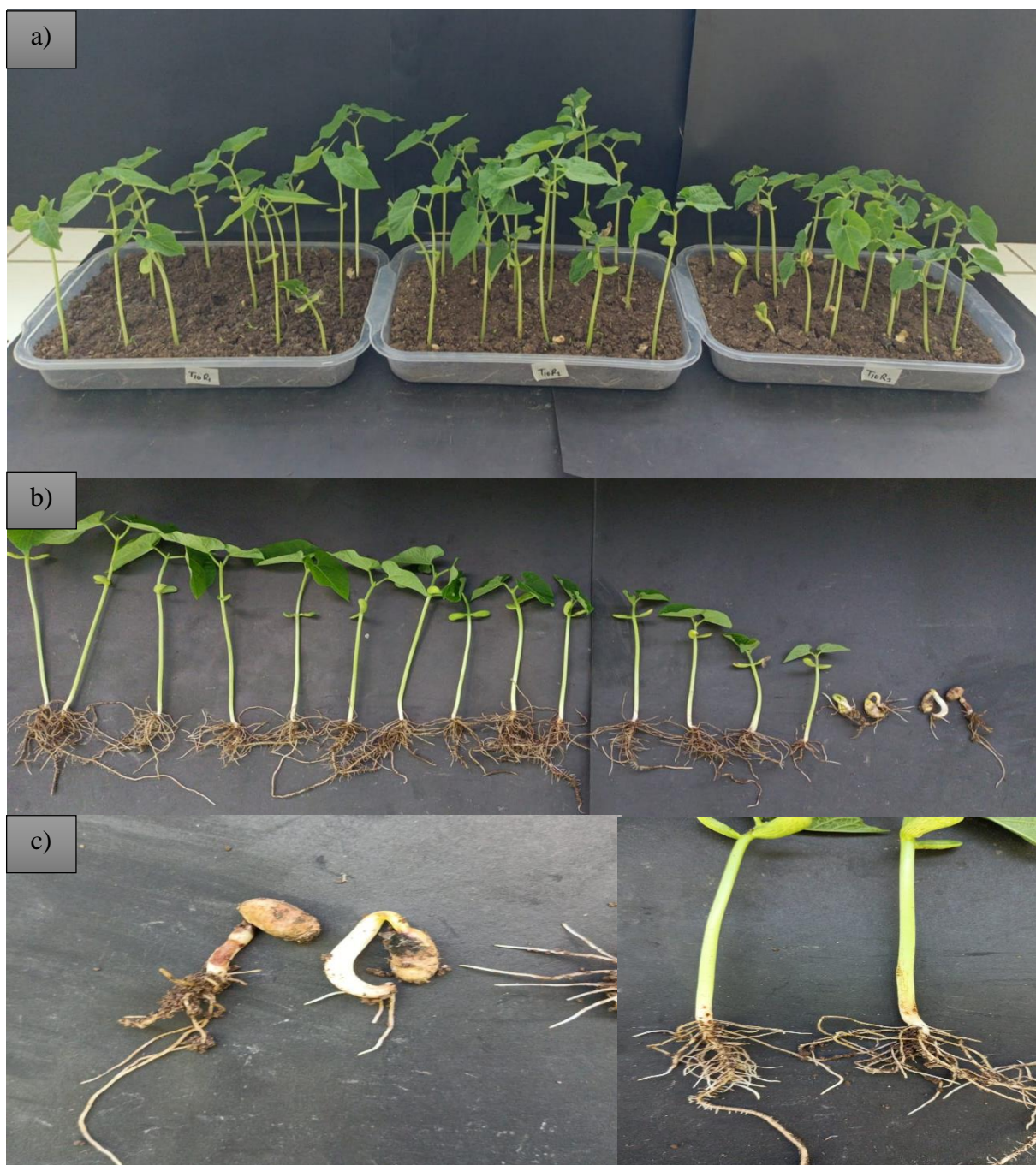
*Nota:* a) Tratamiento N°8 y sus repeticiones. b) Plántulas de la Repetición N°1 a los 15 días después de la siembra. c) Plántulas con síntomas de chupadera fungosa causa por *Rhizoctonia* sp.

**Anexo 1.53.** Resultados obtenidos del tratamiento N°9 “Semillas inoculadas con la Cepa ETC14 (Grupo 3) de *Trichoderma* spp., con inoculación de *Rhizoctonia* sp. al sustrato”.



*Nota:* a) Tratamiento N°9 y sus repeticiones. b) Plántulas de la Repetición N°1 a los 15 días después de la siembra. c) Plántulas con síntomas de chupadera fungosa causada por *Rhizoctonia* sp.

**Anexo 1.54.** Resultados obtenidos del tratamiento N°10 “Semillas inoculadas con la Cepa ETC17 (Grupo 4) de *Trichoderma* spp., con inoculación de *Rhizoctonia* sp. al sustrato”.



*Nota:* a) Tratamiento N°10 y sus repeticiones. b) Plántulas de la Repetición N°1 a los 15 días después de la siembra. c) Semillas germinadas y plántulas con síntomas de chupadera fungosa causa por *Rhizoctonia* sp.

**Anexo 1.55.** Resultados obtenidos del tratamiento N°11 “Semillas inoculadas con la Cepa ETC16 (Grupo 5) de *Trichoderma* spp., con inoculación de *Rhizoctonia* sp. al sustrato”.



*Nota:* a) Tratamiento N°11 y sus repeticiones. b) Plántulas de la Repetición N°1 a los 15 días después de la siembra. c) Plántulas con síntomas de chupadera fungosa causada por *Rhizoctonia* sp.



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**Bach. MIGUEL ANGEL MENDOZA GOMEZ**  
**R.D. N° 502-2025-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los trece días del mes de marzo del año dos mil veintiséis, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por el Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa, M.Sc. Angela Juana Requis Quintanilla como asesora, Ing. Guillermo Carrasco Aquino y el M.Sc. Fortunato Álvarez Aquise; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Aislamiento y caracterización de *Trichoderma* spp. nativos para el control de *Rhizoctonia* sp. en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Ayacucho - 2025**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por el Bachiller **MIGUEL ANGEL MENDOZA GOMEZ**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa	15	13	16	15
M.Sc. Angela Juana Requis Quintanilla	17	16	17	17
Ing. Guillermo Carrasco Aquino	14	14	14	14
M.Sc. Fortunato Álvarez Aquise	15	15	15	15
<b>PROMEDIO GENERAL</b>				<b>15</b>

Acto seguido se invita a la sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.

  
 .....  
**Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa**  
 Presidente

  
 .....  
**M.Sc. Angela Juana Requis Quintanilla**  
 Asesora

  
 .....  
**Ing. Guillermo Carrasco Aquino**  
 Jurado

  
 .....  
**M.Sc. Fortunato Álvarez Aquise**  
 Jurado

  
 .....  
**Mtro. Rodolfo Alca Mendoza**  
 Secretario Docente



**UNSCH**

FACULTAD DE CIENCIAS  
**AGRARIAS**

## CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por R.D N° 213-2025-UNSCH-FCA-D; hace constar que el trabajo titulado;

### **Aislamiento y caracterización de *Trichoderma* spp. nativos para el control de *Rhizoctonia* sp. en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Ayacucho – 2025**

Autor : Miguel Angel MENDOZA GOMEZ  
Asesor : Angela Juana REQUIS QUINTANILLA

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de tesis, aprobando mediante de RCU 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de trece por ciento (**13%**) de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajo estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con identificador de la entrega: 2925832242

Ayacucho, 08 de abril de 2026

.....  
**Angela J. Requis Quintanilla**

M.Sc. en Fitopatología

E.P. Agronomía

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

# Aislamiento y caracterización de *Trichoderma* spp. nativos para el control de *Rhizoctonia* sp. en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Ayacucho – 2025

*por* Miguel Angel Mendoza Gomez

---

**Fecha de entrega:** 08-abr-2026 09:45a. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2925832242

**Nombre del archivo:** TESIS\_MIGUEL\_MENDOZA\_SUSTENTADO\_4\_.pdf (10.44M)

**Total de palabras:** 26063

**Total de caracteres:** 142270

# Aislamiento y caracterización de *Trichoderma* spp. nativos para el control de *Rhizoctonia* sp. en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Ayacucho – 2025

## INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
3	<a href="https://agricultura.unison.mx">agricultura.unison.mx</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://repositorio.ujcm.edu.pe">repositorio.ujcm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://img1.wsimg.com">img1.wsimg.com</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://oldri.ues.edu.sv">oldri.ues.edu.sv</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://revistas.unat.edu.pe">revistas.unat.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%

9	<a href="http://repositorio.inia.gob.pe">repositorio.inia.gob.pe</a> Fuente de Internet	1 %
10	Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander Trabajo del estudiante	1 %
11	<a href="http://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://repositorio.usfq.edu.ec">repositorio.usfq.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co">repositoriodspace.unipamplona.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
15	Josefa Rosello Caselles. "Capacidad antagonista de <i>Penicillium oxalicum</i> Currie & Thom y <i>Trichoderma harzianum</i> Rifai frente a diferentes agentes fitopatógenos. Estudios ecofisiológicos.", Universitat Politecnica de Valencia, 2004 Publicación	<1 %
16	<a href="http://cca.uas.edu.mx">cca.uas.edu.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

[repositorio.chapingo.edu.mx](http://repositorio.chapingo.edu.mx)

18

Fuente de Internet

&lt;1 %

19

[docplayer.es](https://docplayer.es)

Fuente de Internet

&lt;1 %

20

[dspace.ups.edu.ec](https://dspace.ups.edu.ec)

Fuente de Internet

&lt;1 %

21

[dspace.utb.edu.ec](https://dspace.utb.edu.ec)

Fuente de Internet

&lt;1 %

22

[repositorio.lamolina.edu.pe](https://repositorio.lamolina.edu.pe)

Fuente de Internet

&lt;1 %

23

[reunionescientificas2022.inifap.gob.mx](https://reunionescientificas2022.inifap.gob.mx)

Fuente de Internet

&lt;1 %

24

Víctor M. Hernández-López, Ma. Luisa P. Vargas-Vázquez, José S. Muruaga-Martínez, Sanjuana Hernández-Delgado et al. "ORIGEN, DOMESTICACIÓN Y DIVERSIFICACIÓN DEL FRIJOL COMÚN. AVANCES Y PERSPECTIVAS", Revista Fitotecnia Mexicana, 2013

Publicación

&lt;1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

&lt; 30 words

Excluir bibliografía

Activo

**Aislamiento y caracterización de *Trichoderma* spp. nativos para el control de *Rhizoctonia* sp. en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Ayacucho – 2025**

**Isolation and characterization of native *Trichoderma* spp. for the control of *Rhizoctonia* sp. in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Ayacucho – 2025**

Miguel Angel Mendoza Gomez<sup>1</sup>

Angela Juana Requis Quintanilla<sup>2</sup>

[miguel.mendoza.01@unsch.edu.pe](mailto:miguel.mendoza.01@unsch.edu.pe)

[angela.requis@unsch.edu.pe](mailto:angela.requis@unsch.edu.pe)

Área de investigación: Fitopatología Agrícola

Línea de investigación: Conservación y valoración de la biodiversidad

**RESUMEN**

*Rhizoctonia* sp. es uno de los hongos causantes de la chupadera fungosa en el frijol, provocando laceraciones y heridas en el cuello de la planta con posterior muerte, el objetivo planteado para este trabajo fue controlar la *Rhizoctonia* sp. con *Trichoderma* spp. nativos, para lo cual se colectaron muestras de suelo de 3 localidades de la provincia de Vilcas Huamán; Pacchapampa, Witco y Estanciapata. A nivel *in vitro*, en la prueba de competencia dual se determinó el Porcentaje de Inhibición del Crecimiento Radial (PICR), en la prueba de micoparasitismo se determinó el porcentaje de parasitismo, para el análisis de estos datos, se uso un Diseño Completo al Azar (DCA) con 5 tratamientos, 1 testigo y 5 repeticiones para cada prueba. Para la prueba de control en semillas y plántulas de frijol, se evaluó el porcentaje de germinación, emergencia e incidencia, para el análisis de estos datos, se uso un Diseño Completo al Azar (DCA) con 11 tratamientos, 1 testigo y 3 repeticiones. Se logró aislar 18 cepas de *Trichoderma* spp. nativos, teniendo en cuenta las características macroscópicas y microscópicas se formaron 5 grupos, se tomó una cepa de cada grupo para realizar las pruebas *in vitro* e *in vivo*. En la prueba de competencia dual los tratamientos T2 y T5 fueron los más efectivos con un PICR de 15.6 % y 15.1% respectivamente, en la prueba de micoparasitismo los tratamientos más efectivos fueron T5, T2 y T1 con 100%, 100% y 96% de parasitismo respectivamente. En la prueba de control en semillas y plántulas de frijol, la cepa ETC16 del grupo 5 de *Trichoderma* spp. nativos, fue la más efectiva en las evaluaciones del porcentaje de germinación, emergencia e incidencia.

**Palabras claves:** *Trichoderma* spp. nativos, *Rhizoctonia* sp., competencia dual, micoparasitismo, germinación, incidencia, emergencia.

## ABSTRACT

*Rhizoctonia* sp. is one of the fungi that causes damping-off in beans, resulting in lacerations and wounds at the base of the plant, leading to its death. The objective of this study was to control *Rhizoctonia* sp. with native *Trichoderma* spp. Soil samples were collected from three locations in the province of Vilcas Huamán: Pacchapampa, Witco, and Estanciapata. In vitro, the Radial Growth Inhibition Percentage (RGI) was calculated in the dual competition test, and the percentage of parasitism was calculated in the mycoparasitism test. A Completely Randomized Design (CRD) with five treatments, one control, and five replicates for each test was used for data analysis. For the control trial in bean seeds and seedlings, germination, emergence, and incidence percentages were evaluated. A completely randomized design (CRD) with 11 treatments, 1 control, and 3 replicates was used to analyze these data. Eighteen native *Trichoderma* spp. strains were isolated. Based on macroscopic and microscopic characteristics, five groups were formed, and one strain from each group was selected for in vitro and in vivo testing. In the dual competition test, treatments T2 and T5 were the most effective, with a germination percentage of 15.6% and 15.1%, respectively. In the mycoparasitism test, the most effective treatments were T5, T2, and T1, with 100%, 100%, and 96% parasitism, respectively. In the control trial in bean seeds and seedlings, strain ETC16 from group 5 of *Trichoderma* spp. native, was the most effective in the evaluations of germination percentage, emergence and incidence.

**Keywords:** *Trichoderma* spp. natives, *Rhizoctonia* sp., dual competition, mycoparasitism, germination, incidence, emergence.

## INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) destaca como una de las especies más relevantes de la familia Fabaceae dentro del género *Phaseolus*, este género comprende 55 especies de las cuales cinco han sido domesticadas (Hernández, 2009), es una leguminosa de grano cultivada globalmente, siendo América Latina la zona de mayor producción y consumo, esta planta constituye una fuente clave de proteínas y carbohidratos, especialmente para poblaciones limitadas económicamente que no acceden fácilmente a otras fuentes proteicas, además este cultivo posee relevancia agroeconómica por contribuir a la mejora del suelo (Espinoza, 2009).

Una de las enfermedades con mayor impacto económico en el frijol es la chupadera fungosa, provocada por el hongo *Rhizoctonia solani*, esta afecta principalmente las etapas de germinación y plántula, reduciendo la densidad de plantas por hectárea y el rendimiento final.

Los síntomas inician con manchas alargadas rojizas en la base del tallo, las cuales evolucionan a laceraciones hundidas de tono oscuro que comprometen todo el diámetro del tallo, finalmente las plantas mueren y se desarrollan estructuras negras irregulares llamados esclerotes que son estructuras de conservación (Proyecto Red de Innovación Agrícola, 2012). La *Rhizoctonia* sp. puede reducir los rendimientos de los cultivos hasta en un 50%. Si afecta antes de que la semilla germine, puede impedir la germinación, y si ocurre después de la emergencia, puede provocar la muerte de las plántulas (Mora & Blum, 1990).

Las cepas de *Trichoderma* spp. son reconocidas mundialmente por su efectividad como agentes de biocontrol contra diversos microorganismos patógenos, además estudios recientes han demostrado que estos hongos también contribuyen a fortalecer la resistencia de las plantas, así como a promover su crecimiento y desarrollo, lo que resulta en un aumento en la producción de estas mismas. Los mecanismos principales involucrados incluyen la producción de antibióticos, el micoparasitismo, la competencia por nutrientes y la inducción a la resistencia sistémica de las plantas, en la actualidad las especies de *Trichoderma* spp. se utilizan cada vez más en sistemas sostenibles para el manejo de enfermedades vegetales. *Trichoderma* spp. se presenta como una solución efectiva en el manejo de enfermedades agrícolas mediante estrategias de control biológico, este hongo suprime el desarrollo de microorganismos patógenos y modula el crecimiento vegetal, según estudios recientes que respaldan su eficacia contra problemas como pudrición radicular, marchitamiento, muerte de plántulas y daños en frutos (Zin & Badaluddin, 2020).

En este contexto, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo, aislar y caracterizar cepas de *Trichoderma* spp. nativos para el control de *Rhizoctonia* sp. en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

## METODOLOGÍA

### Ubicación del experimento

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Fitopatología de la Escuela Profesional de Agronomía, de la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud de 2788,4 msnm y con coordenadas de 13°08'43"S 74°13'18"W, lugar donde se llevaron a cabo las siguientes labores; aislamiento, purificación, caracterización de *Trichoderma* spp. y *Rhizoctonia* sp., y las pruebas de enfrentamiento *in vitro* e *in vivo*.

### **Recolección de muestras de suelo para la obtención de *Trichoderma* spp. nativos**

Las muestras de suelo fueron recolectadas del distrito de Vilcas Huamán, provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho, de las siguientes zonas:

Witco : Altitud de 3417 msnm y con coordenadas de 13°39'07"S 73°57'44"W.

Estanciapata : Altitud de 3517 msnm y con coordenadas de 13°40'00"S 73°57'18"W.

Pacchapampa : Altitud de 3625 msnm y con coordenadas de 13°40'23"S 73°55'38"W.

La recolección de muestras de suelo se llevó a cabo por el método de zig- zag, en parcelas agroecológicas que tenían cultivos de papa, frijol, maíz y olluco. Se extrajo muestras de suelo circundante a las raíces de los cultivos con aproximadamente 500 gr de peso, las cuales se depositaron en bolsas de papel Kraft, con la fecha, nombre del lugar y del cultivo del que se recolectó la muestra de suelo.

### **Aislamiento de *Trichoderma* spp. nativos.**

Se realizó a partir de 10 gr de cada muestra de suelo colectada, donde se hizo una solución de 10 gr de suelo con 90 ml de agua estéril, en la cámara de flujo laminar se extrajo del sobrenadante de la solución 1000  $\mu$ l con la ayuda de una micropipeta y se añadió al primer tubo  $10^{-1}$  (primera dilución), después se sacó 1000  $\mu$ l del primer tubo para añadirlo en el segundo tubo  $10^{-2}$  (segunda dilución). Luego se sacó 100  $\mu$ l de cada dilución y se sembró en placas Petri con medio PDA, con un triángulo de Drigalsky estéril se dispersó la solución por toda la placa, posteriormente las placas se rotularon y se llevaron a incubación a 25 °C entre 5 – 7 días para el crecimiento de las distintas colonias, las cuales fueron purificadas hasta obtener cepas de *Trichoderma* spp. nativos.

### **Aislamiento de *Rhizoctonia* sp.**

Se sembraron semillas de frijol de la variedad canario, en pequeños tapers, para inducir a la aparición de los síntomas de la enfermedad de la chupadera, se realizaron riegos constantes y abundantes y una vez que los síntomas se manifestaron estas muestras vegetales se introdujeron en cámaras húmedas hasta que se presenten los signos, de las cuales se hicieron siembras directas en la cámara de flujo laminar, para lo cual, con la ayuda de un estilete estéril se extrajo los signos del patógeno del material vegetal para introducirlos en las placas con medio PDA, los cuales se rotularon con la fecha y el nombre del patógeno, para luego ser depositados en la estufa a 25 °C para su crecimiento y desarrollo. Después de 3 días se procedió

a observar las placas y en las que presentaron contaminación, se procedió a volver hacer el repique hasta obtener cultivos puros de *Rhizoctonia* sp.

### **Caracterización morfológica de *Trichoderma* spp. nativos**

Para este procedimiento se tuvo en cuenta las características microscópicas como el color, tamaño y forma de las hifas, conidióforos, fiálides y conidios comparando con claves taxonómicas Barnett y Hunter (1972), realizando el conteo de conidios y midiendo el ancho y largo de estos, también se tuvo en cuenta las características macroscópicas como el color y forma que presentan los cultivos puros, ratio de crecimiento y en cuantos días llenaron las placas, comparando con lo que reportaban otros autores.

### **Caracterización morfológica de *Rhizoctonia* sp.**

Para este procedimiento se tuvo en cuenta las características microscópicas como el color, tamaño y forma de las hifas, también se tuvo en cuenta las características macroscópicas como el color y forma que presentan los cultivos puros, ratio de crecimiento, en cuantos días llenaron las placas y el color, forma y tamaño de los esclerocios, se hicieron las comparaciones que reportan los distintos autores que realizaron estudios de caracterización en este hongo y también se usaron las claves taxonómicas Barnett y Hunter (1972) para aseverar la caracterización.

### **Prueba de enfrentamiento *in vitro***

#### **1. Competencia dual**

La competencia dual de las cepas de *Trichoderma* spp. nativos y *Rhizoctonia* sp. se evaluaron mediante la prueba de cultivos pareados, que consistió en colocar en cada extremo de la placa Petri un disco de 5 mm de diámetro de *Trichoderma* spp. y de *Rhizoctonia* sp. previamente caracterizadas, midiendo todos los días la tasa de crecimiento de estos dos hongos hasta que entren en contacto en la placa Petri, para lo cual se calculó el porcentaje de inhibición del crecimiento radial:

$$\text{PICR} = ((R1 - R2) / R1) \times 100$$

Dónde: R1 es el crecimiento de *Rhizoctonia* sp. sin enfrentamiento y R2 el crecimiento de *Rhizoctonia* sp. frente a *Trichoderma* spp, también se evaluó la capacidad antagónica propuesta por Ramirez et al. (2019).

**Tabla 2.1**

Escala utilizada para la evaluación de la capacidad antagónica de hongos en condiciones *in vitro*.

Clasificación	Capacidad antagónica
0	Sin crecimiento o inhibición
1	1 - 25% de inhibición del crecimiento
2	26 - 50% de inhibición del crecimiento
3	51 - 75% de inhibición del crecimiento
4	76 - 100% de inhibición del crecimiento

Fuente: Ramirez et al. (2019).

La prueba se realizó con 5 tratamientos, 1 testigo y 5 repeticiones.

**Tabla 2.2**

Tratamientos de la prueba de competencia dual de *Trichoderma* spp. nativos frente *Rhizoctonia* sp. *in vitro*.

Tratamientos	Descripción
Testigo	Cepa de <i>Rhizoctonia</i> sp. sin enfrentamiento
T1	Cepa WTC1 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T2	Cepa WTC2 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T3	Cepa ETC14 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T4	Cepa ETC17 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T5	Cepa ETC16 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.

## 2. Micoparasitismo

Para esta prueba se realizaron enfrentamientos de la misma manera que la prueba anterior (enfrentamiento dual), con la diferencia que en esta prueba no se midió la tasa de crecimiento de estos dos hongos, sino que se incubaron en la estufa a 25 °C por 10 días, pasado estos días se tomó de cada placa Petri con un sacabocado estéril 5 discos de 5 mm de diámetro de la colonia de *Rhizoctonia* sp. hasta la colonia de *Trichoderma* spp., las cuales se volvieron a repicar en placas Petri con medios de cultivo PDA donde se incubaron en la estufa a 25 °C por 7 días para detectar la presencia del micoparásito (*Trichoderma* spp.) o del fitopatógeno (*Rhizoctonia* sp.), para lo cual se utilizó la fórmula de % Parasitismo:

$$\% \text{ Parasitismo} = (\text{CT} \times 100) / \text{N}$$

Dónde: CT son las muestras con crecimiento de *Trichoderma* spp. nativos y N el número de muestras extraídas de cada placa.

La prueba se realizó con 5 tratamientos, 1 testigo y 5 repeticiones.

**Tabla 2.3**

*Tratamientos de la prueba de micoparasitismo de Trichoderma spp. nativos frente al patógeno Rhizoctonia sp.*

Tratamientos	Descripción
Testigo	Cepa de <i>Rhizoctonia</i> sp.
T1	Cepa WTC1 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T2	Cepa WTC2 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T3	Cepa ETC14 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T4	Cepa ETC17 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.
T5	Cepa ETC16 de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Rhizoctonia</i> sp.

### **Control de *Rhizoctonia* sp. en frijol inoculadas con *Trichoderma* spp. nativos**

#### **1. Preparación del sustrato**

El sustrato se preparó con la proporción 2:1 (tierra negra: suelo agrícola) dándole las condiciones para el crecimiento, germinación y la emergencia del frijol. Este sustrato se depositó en bandejas de plástico de 38.7 cm largo, 25.1 cm de ancho y 5.1 cm de profundidad, teniendo en cuenta los tratamientos al sustrato se le incorporó el patógeno con medio PDA (tres placas por cada bandeja).

#### **2. Inoculación de semillas.**

Las semillas del frijol de la variedad canario se inocularon con las cepas caracterizadas de *Trichoderma* spp., para lo cual se preparó una mezcla de *Trichoderma* spp. con agua destilada estéril (2 placas para 200 ml de agua), teniendo en cuenta los tratamientos en la mezcla se sumergieron las semillas durante dos horas. Se sembró 18 semillas en cada fuente.

Se trabajó con 5 cepas diferentes de *Trichoderma* spp. nativos y una cepa de *Rhizoctonia* sp., todas estas estuvieron previamente caracterizadas.

Las pruebas se realizaron con 11 tratamientos, 1 testigo y 3 repeticiones, donde se evaluó el porcentaje de germinación, emergencia e incidencia, en semillas y plántulas de frijol canario.

**Tabla 2.4**

*Tratamientos para la prueba de germinación, emergencia e incidencia en semillas y plántulas de frijol canario.*

Tratamientos	Descripción
Testigo	Semillas sin inoculación de <i>Trichoderma</i> spp. y sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T1	Semillas sin inoculación de <i>Trichoderma</i> spp. y con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.

T2	Semillas inoculadas con la Cepa WTC1 de <i>Trichoderma</i> spp., sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T3	Semillas inoculadas con la Cepa WTC2 de <i>Trichoderma</i> spp., sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T4	Semillas inoculadas con la Cepa ETC14 de <i>Trichoderma</i> spp., sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T5	Semillas inoculadas con la Cepa ETC17 de <i>Trichoderma</i> spp., sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T6	Semillas inoculadas con la Cepa ETC16 de <i>Trichoderma</i> spp., sin inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T7	Semillas inoculadas con la Cepa WTC1 de <i>Trichoderma</i> spp., con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T8	Semillas inoculadas con la Cepa WTC2 de <i>Trichoderma</i> spp., con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T9	Semillas inoculadas con la Cepa ETC14 de <i>Trichoderma</i> spp., con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T10	Semillas inoculadas con la Cepa ETC17 de <i>Trichoderma</i> spp., con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.
T11	Semillas inoculadas con la Cepa ETC16 de <i>Trichoderma</i> spp., con inoculación de <i>Rhizoctonia</i> sp. al suelo.

---

### Diseño experimental

Se usó el diseño completamente al azar (DCA) y el procesamiento de los datos se realizaron en el software estadístico Infostat, en el cual se realizó el análisis de varianza (ANVA) y se aplicó la prueba de Tukey con 5% de error, el cual tuvo como fin determinar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Obtención de cepas de *Trichoderma* spp. nativos

Se aislaron 6 cepas de *Trichoderma* spp. nativos de la localidad de Witco, 3 cepas de la localidad de Pacchapampa y 9 cepas de la localidad de Estanciapata, las cuales fueron codificadas con las iniciales del lugar y el número de la cepa.

#### Tabla 3.1

*Cepas de Trichoderma spp. nativos aislados de tres localidades; Witco, Pacchapampa y Estanciapata, y sus códigos respectivos.*

Lugar	Código
Witco	WTC1
Witco	WTC2
Witco	WTC3
Witco	WTC4

Witco	WTC5
Witco	WTC6
Pacchapampa	PTC7
Pacchapampa	PTC8
Pacchapampa	PTC9
Estanciapata	ETC10
Estanciapata	ETC11
Estanciapata	ETC12
Estanciapata	ETC13
Estanciapata	ETC14
Estanciapata	ETC15
Estanciapata	ETC16
Estanciapata	ETC17
Estanciapata	ETC18

### **Caracterización morfológica de cepas de *Trichoderma* spp. nativos.**

Las 18 cepas obtenidas se dividieron en 5 grupos teniendo en cuenta las características macroscópicas y microscópicas similares, por lo que se tomó una cepa de cada grupo para realizar las pruebas posteriores.

#### **1. Cepas grupo 1**

Las cepas, WTC1, WTC6, ETC10 y ETC11, presentaron características morfológicas similares. Macroscópicamente en medio PDA presentaron micelio algodonoso de color blanco que se tornó de color verde oscuro con el paso de los días, al reverso de la placa tomo una tonalidad crema - anaranjada que coincide con lo reportado por Gupta et al. (2014, citado por Mesa-Vanegas et al., 2019) y Caiza (2013). En medio PDA presentaron una tasa de crecimiento promedio de 1.21 cm/día que coincide con lo reportado por Miguel-Ferrer et al. (2021), llenando la placa en 4 días. En la vista microscópica se observó que las hifas son hialinas, los conidióforos son erguidos solitarios y ramificados con fiálides gruesas y conidios elipsoidales de color verde que coincide con lo reportado por Savín-Molina et al. (2021), los conidios presentaron un tamaño promedio de 1.8  $\mu\text{m}$  de ancho y 2.52  $\mu\text{m}$  de largo.

#### **2. Cepas grupo 2**

Las cepas, WTC2, WTC3, PTC7, PTC8, PTC9, ETC12 y ETC13 presentaron características morfológicas similares entre ellas. Macroscópicamente en medio PDA presentaron micelio blanco con mucha esporulación formando anillos concéntricos de color blanco que se fueron tornando de color verde oscuro con el pasar de los días, el reverso de la placa Petri se tornó de

un color amarillo intenso, estas características coinciden con lo reportado por Savín-Molina et al. (2021) y Caiza (2013). En medio PDA las cepas presentaron una tasa de crecimiento promedio de 1.41 cm/día que coincide con lo reportado por Guigón-López et al. (2010), llenando la placa en 4 días. En la vista microscópica se observó que las hifas son hialinas sin septas, los conidióforos solitarios y ramificados con fiálides agrupados de 2 – 3 verticilos y conidios globosos de color verde que coincide con lo reportado por Savín-Molina et al. (2021), los conidios presentaron un tamaño promedio de 1.66  $\mu\text{m}$  de ancho y 2.47  $\mu\text{m}$  de largo.

### **3. Cepas grupo 3**

Las cepas, WTC4, WTC5 y ETC14, presentaron características morfológicas similares. Macroscópicamente en medio PDA presentaron micelio blanco plano como lo reporta Savín-Molina et al. (2021), formando anillos concéntricos de color blanco que se fueron tornando de color verde oscuro con el pasar de los días, el reverso de la placa Petri no se tornó de ningún color todo esto coincide con lo reportado por García-Espejo et al. (2016). En medio PDA presentaron una tasa de crecimiento promedio de 1.25 cm/día que coincide con lo reportado por Miguel-Ferrer et al. (2021), llenando la placa en 4 días. En la vista microscópica se observó que las hifas son hialinas sin septas, los conidióforos erguidos y ramificados con fiálides agrupados de 2 – 3 verticilos y conidios semiglobosos de color verde que coincide con lo reportado por Savín-Molina et al. (2021), los conidios presentaron un tamaño promedio de 2.1  $\mu\text{m}$  de ancho y 3  $\mu\text{m}$  de largo.

### **4. Cepas grupo 4**

Las cepas, ETC17 y ETC18, presentaron características morfológicas similares, en medio PDA presentaron un micelio blanco algodonoso como lo reporta Savín-Molina et al. (2021). En medio PDA presentaron una tasa de crecimiento promedio de 1.2 cm/día que coincide con lo reportado por Miguel-Ferrer et al. (2021), llenando la placa en 4 días. En la vista microscópica se observó que las hifas son hialinas con septas, los conidióforos erguidos con fiálides que producen conidios en su extremo y conidios de una forma redonda unicelular que coincide con lo reportado por García-Espejo et al. (2016), los conidios presentaron un tamaño promedio de 2.25  $\mu\text{m}$  de ancho y 2.7  $\mu\text{m}$  de largo.

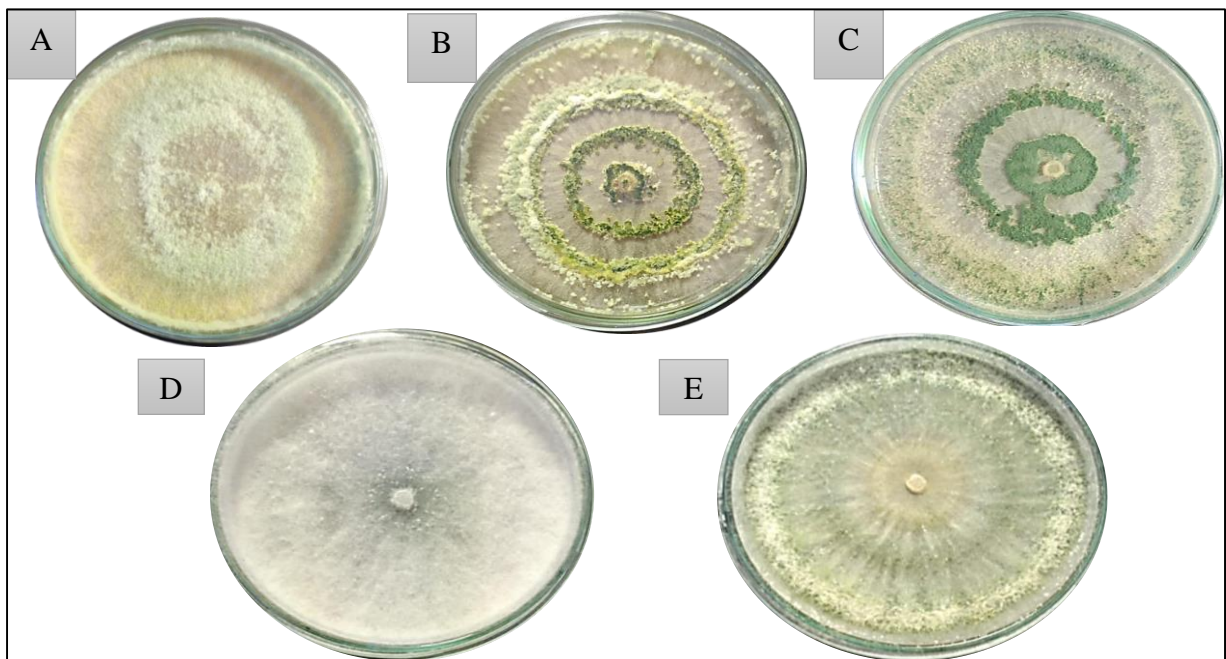
### **5. Cepas grupo 5**

Las cepas, ETC15 y ETC16, presentaron características morfológicas similares. Macroscópicamente en medio PDA presentaron micelio blanco algodonoso, formando un

anillo concéntrico de color verde para luego formar un anillo concéntrico de color verde claro, el reverso de la placa Petri no se tornó de ningún color con respecto al hongo, todo esto coincide con lo reportado por Savín-Molina et al. (2021) y García-Espejo et al. (2016). En medio PDA las cepas presentaron una tasa de crecimiento promedio de 1.42 cm/día que coincide con lo reportado por Guigón-López et al. (2010), llenando la placa en 4 días. En la vista microscópica se observó que las hifas son hialinas engrosadas sin septas, los conidióforos erguidos y ramificados y cortos con fialides agrupados de 2 – 3 verticilos y conidios globosos de color verde que coincide con lo reportado por Savín-Molina et al. (2021), los conidios presentaron un tamaño promedio de 2.1  $\mu\text{m}$  de ancho y 2.7  $\mu\text{m}$  de largo.

### Figura 3.1

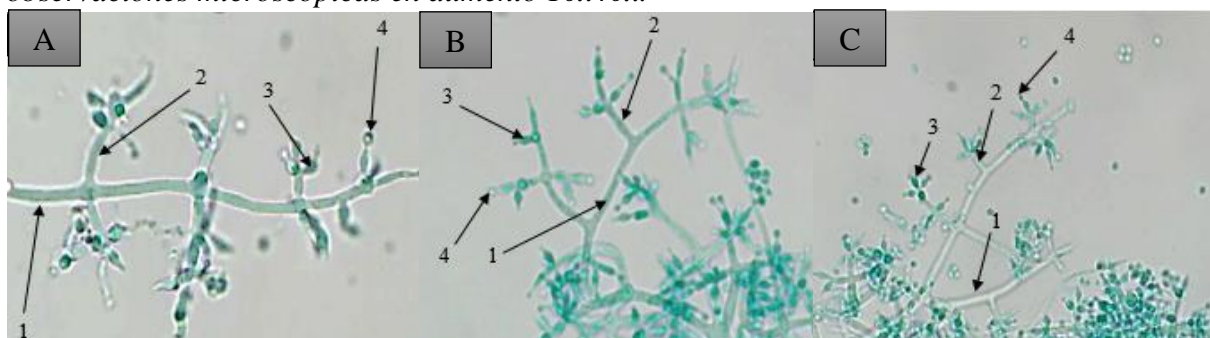
*Características macroscópicas de las agrupaciones de las cepas de Trichoderma spp. nativos.*

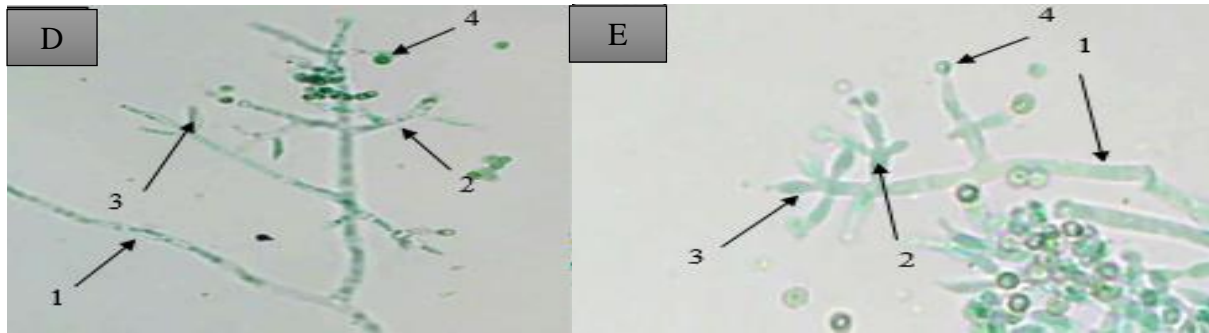


*Nota:* A) Cepa del grupo 1. B) Cepa del grupo 2. C) Cepa del grupo 3. D) Cepa del grupo 4. E) Cepa del grupo 5.

### Figura 3.2

*Características microscópicas de las agrupaciones de las cepas de Trichoderma spp. nativos, observaciones microscópicas en aumento 10x40x.*





Nota: A) Observación microscópica de la cepa del grupo 1. B) Observación microscópica de la cepa del grupo 2. C) Observación microscópica de la cepa del grupo 3. D) Observación microscópica de la cepa del grupo 4. E) Observación microscópica de la cepa del grupo 5. Donde: hifas (1), conidióforo (2), fiálides (3) y conidios (4).

### Caracterización morfológica de *Rhizoctonia* sp.

La cepa de *Rhizoctonia* sp. presentó micelios de rápido crecimiento, inicialmente de coloración blanca y luego se tornó de color marrón oscuro, esto coincide con lo reportado por Morales-Mora et al. (2020) y Huerta y Huamán (2017). Formó esclerocios entre los 7 a 10 días después de haber realizado el repique, los esclerocios presentaron una coloración marrón oscura con un promedio del diámetro de 2.4 mm que coincide con lo reportado por Díaz et al. (2014). En medio PDA presentó una tasa de crecimiento promedio de 1.4 cm/día, Gutiérrez et al. (2006) reporto valores de 3.88 cm/día, 3.42 cm/día, 2.0 cm/día, esto no coincide con los valores encontrados en la presente investigación, esto podría deberse al método y temperatura de conservación de las cepas. La cepa lleno la placa a los 4 días. Microscópicamente se observaron hifas septadas de coloración marrón, con ramificaciones en ángulo recto y no forman estructuras de fructificación que coincide con lo reportado por Huerta y Huamán (2017).

### Figura 3.3

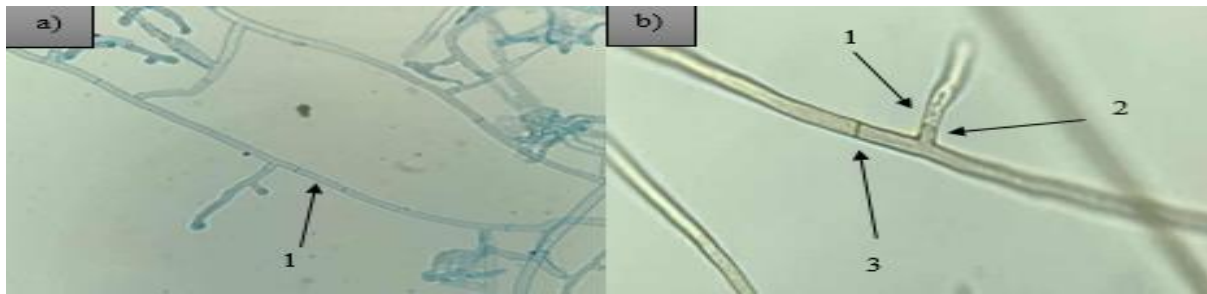
*Características macroscópicas de Rhizoctonia sp. en medio PDA.*



Nota: A) Colonia de *Rhizoctonia* sp. a los 7 días después de a ver realizado el repique. B) Esclerocio de *Rhizoctonia* sp., observado en estereoscopio en aumento de 20x 2.5x.

### Figura 3.4

Características microscópicas de *Rhizoctonia* sp., observaciones microscópicas en aumento 10x40x.



Nota: a) Vista microscópica de hifas de *Rhizoctonia* sp. teñidas con lactofenol. b) Hifa de *Rhizoctonia* sp. con ramificación en forma de ángulo recto (1), constricción (2), septas (3).

### Competencia dual

#### Tabla 3.2

Análisis de varianza de la competencia dual de las cepas de *Trichoderma* spp. frente a *Rhizoctonia* sp. *in vitro*.

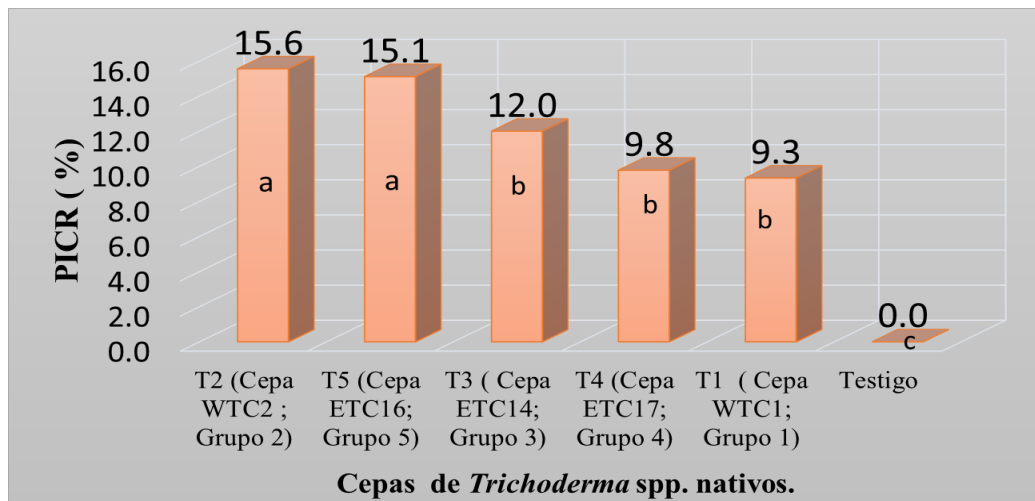
F.V.	SC	GL	CM	F	p - valor
Tratamiento	805	5	161	78.28	< 0.0001 **
Error	49.36	24	2.06		
Total	854.36	29			

CV = 13.93%

De acuerdo al ANVA presentado en la tabla 3.2, existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, lo cual nos indica que existe diferencias en el PICR de *Rhizoctonia* sp. frente a las cepas de *Trichoderma* spp. nativos, los cuales inhiben el crecimiento del patógeno en diferentes porcentajes.

### Figura 3.5

Prueba de Tukey de la competencia dual de las cepas de *Trichoderma* spp. nativos frente a *Rhizoctonia* sp.



De acuerdo con la prueba de Tukey presentado en la figura 3.5, los mejores tratamientos fueron el T2 y el tratamiento T5 que inhibieron el crecimiento de *Rhizoctonia* sp. en un 15.6% y 15.1%, seguido por los tratamientos T3, T4 y T1 que inhibieron el crecimiento de *Rhizoctonia* sp. en un 12%, 9.8% y 9.3% respectivamente y por último el tratamiento testigo con 0% de inhibición de crecimiento, todos estos tratamientos confrontados tuvieron un efecto inhibitorio positivo en contra de *Rhizoctonia* sp., como lo reporta en su trabajo de investigación Nina et al. (2011) reportando un PICR de 22.4% lo cual respalda los resultados obtenidos, Rodríguez y Flores (2018) reportaron PICR desde 60% hasta un 44.94%, Savín-Molina et al. (2021) reportaron PICR de 56% hasta un 40%, todos estos resultados no coinciden con lo reportado en el presenta trabajo de investigación, esto podría deberse a la metodología utilizada por estos autores y el tiempo de enfrentamiento que le dieron a estos dos hongos, todas las cepas de *Trichoderma* spp. nativos tuvieron una clasificación antagónica de “1”, es decir inhibieron el crecimiento de *Rhizoctonia* sp. en un rango de 1 % – 25%.

### Micoparasitismo

**Tabla 3.3**

*Análisis de varianza de la prueba de micoparasitismo de las cepas de Trichoderma spp. nativos frente a Rhizoctonia sp.*

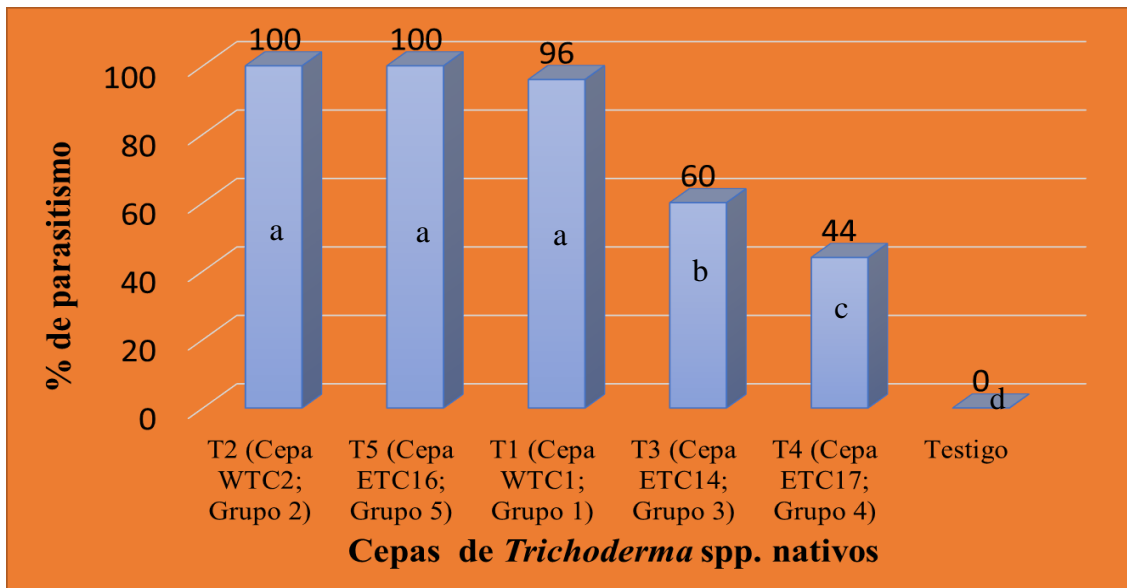
F.V.	SC	GL	CM	F	p - valor
Tratamiento	40426.67	5	8085.33	303.2	< 0.0001 **
Error	640	24	26.67		
Total	41066.67	29			

CV= 7.75 %

De acuerdo al ANVA presentado en la tabla 3.3, existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, lo cual nos indica que existe diferencias en el porcentaje de parasitismo de *Trichoderma* spp. nativo frente a *Rhizoctonia* sp., esto quiere decir que las cepas de *Trichoderma* spp. nativos tuvieron un efecto micoparásito en diferentes porcentajes frente a *Rhizoctonia* sp.

**Figura 3.6**

*Prueba de Tukey de la prueba de micoparasitismo de las cepas de Trichoderma spp. frente a Rhizoctonia sp.*



De acuerdo con la prueba de Tukey presentado en la figura 3.6, los mejores tratamientos fueron T2, T5 y T1 que parasitaron en un 100 %, 100% y 96% respectivamente, seguido por el tratamiento T3 con un parasitismo de 60%, así como T4 con un parasitismo de 44% y por último el testigo con 0% de parasitismo de *Trichoderma* spp. nativo, el micoparasitismo de *Trichoderma* spp. nativo se dio gracias a la interacción de ambos hongos, en lo cual se dio un estímulo químico de las hifas de *Trichoderma* spp. teniendo un crecimiento micelial sobre el patógeno, para luego dar el reconocimiento entre ambos organismos para que las hifas de *Trichoderma* spp. se adhieran y enroscaran a través de los apresorios para la liberación de enzimas de carácter nocivo sobre las paredes celulares del patógeno (Martínez et al., 2013), Hoyos-Carvajal et al. (2008) reportó un 100% de actividad antagónica de *Trichoderma* spp. sobre *Rhizoctonia* sp. en la mayoría de sus tratamientos, logrando que *Trichoderma* spp. se establezca sobre *Rhizoctonia solani* parasitando totalmente su micelio.

## Control de *Rhizoctonia* sp. con *Trichoderma* spp. nativos en frijol

### 1. Porcentaje de germinación

**Tabla 3.4**

Análisis de varianza del porcentaje de germinación en la prueba de control de *Rhizoctonia* sp. con *Trichoderma* spp. nativos en semillas de frijol.

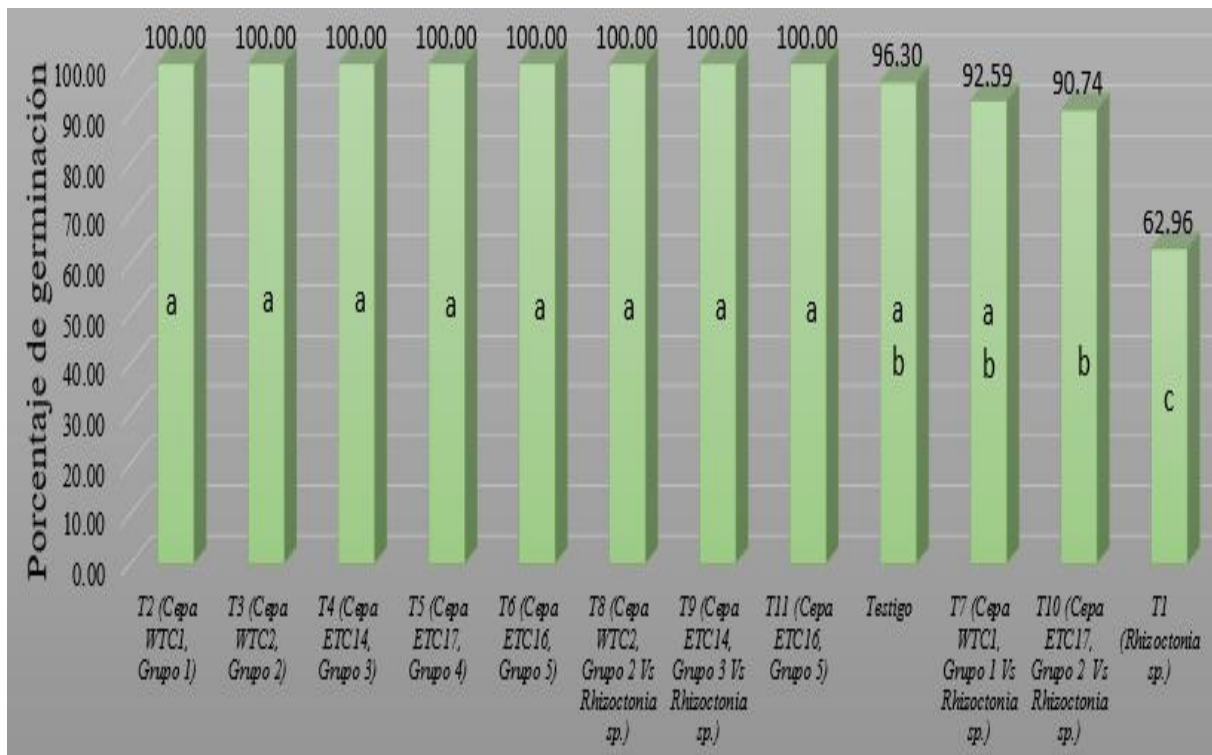
F.V.	SC	GL	CM	F	p – valor
Tratamiento	3748.22	11	340.75	40.48	< 0.0001 **
Error	202	24	8.42		
Total	3950.22	35			

CV= 3.05%

De acuerdo al ANVA presentado en la tabla 3.4, existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, lo cual nos indica que existe diferencias en el porcentaje de germinación de las semillas de frijol, lo que da a entender que existió un efecto inhibitorio de las cepas de *Trichoderma* spp. nativos sobre *Rhizoctonia* sp. al momento de la germinación de las semillas.

### Figura 3.7

Prueba de Tukey del porcentaje de germinación en la prueba de control de *Rhizoctonia* sp. con *Trichoderma* spp. nativos en semillas de frijol.



De acuerdo a la prueba de Tukey presentado en la figura 3.7., los mejores tratamientos contra la inhibición de *Rhizoctonia* sp. en el porcentaje de germinación del frijol fueron; T2, T3, T4, T5, T6, T8, T9, T11, todos estos teniendo un 100% de germinación, seguidos por el tratamiento testigo, T7 y T10 con un porcentaje de germinación de 96.3%, 92.59% y 90.74% respectivamente y por último el T1 que tuvo un 62.96% de germinación. Se ha demostrado que la aplicación de *Trichoderma* spp. mejora las condiciones de los suelos, y favorece la germinación de semillas, ya que las cepas de *Trichoderma* spp. inhiben de manera significativa el desarrollo de microorganismos fitopatógenos, lo que favorece a un incremento en la tasa de crecimiento de las plantas (Sidiquee et al., 2017 citado por Rodríguez-García et al., 2022), estos resultados fueron similares con lo reportado por Alfaro (2019) al enfrentar *Trichoderma virens* contra *Rhizoctonia solani* en frijol obteniendo porcentajes de germinación de 90% hasta 6.82%, Moreno-Bringas y Mattos-Calderón (2018) obtuvieron porcentajes de germinación de 75% hasta 5% al enfrentar *Trichoderma harzianum* contra *Rhizoctonia solani* en frijol, donde estos

resultados no coinciden con lo reportado en el presente trabajo, esto podría deberse a la dosis de concentración del patógeno y antagonista que utilizó en los tratamientos y los días de evaluación.

## 2. Porcentaje de emergencia

**Tabla 3.5**

*Análisis de varianza del porcentaje de emergencia en la prueba de control de Rhizoctonia sp. con Trichoderma spp. nativos en frijol.*

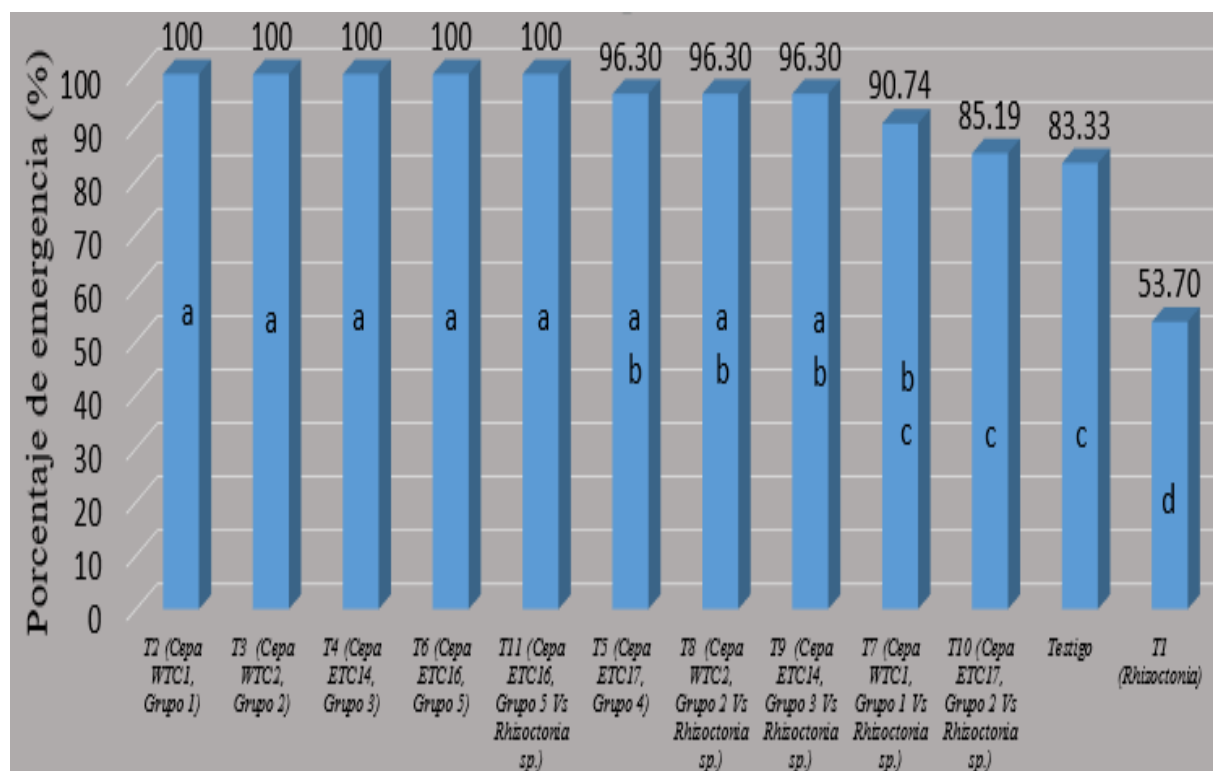
F.V.	SC	GL	CM	F	p - valor
Tratamiento	5815.42	11	528.67	65.63	< 0.0001 **
Error	193.33	24	8.06		
Total	6008.75	35			

CV= 3.09 %

De acuerdo al ANVA presentado en la tabla 3.5, existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, lo cual nos indica que existe diferencias en el porcentaje de emergencia de las plántulas de frijol, lo que da a entender que existió un efecto inhibitorio de las cepas de *Trichoderma* spp. nativos sobre *Rhizoctonia* sp. al momento de la emergencia de las plántulas del suelo.

**Figura 3.8**

*Prueba de Tukey del porcentaje de emergencia en la prueba de control de Rhizoctonia sp. con Trichoderma spp. nativos en frijol.*



De acuerdo a la prueba de Tukey presentado en la figura 3.8, los mejores tratamientos para el control de *Rhizoctonia* sp. en el porcentaje de emergencia del frijol fueron; T2, T3, T4, T6, T11, todos estos tratamientos con el 100% de emergencia, seguidos por T5, T8, T9 todos estos tratamientos con el 96.3% de emergencia, así como T7, T10 y el testigo con un porcentaje de emergencia de 90.74%, 85.19% y 83.33% respectivamente, por último, se tuvo al T1 con un 53.7% de emergencia de las plántulas. Esto indica que la planta aun teniendo síntomas no deja de crecer ya que *Trichoderma* spp. tiene muchos mecanismos para fomentar el crecimiento de las plantas como síntesis de fitohormonas, solubilización de nutrientes, incremento de la translocación y captación de nutrientes y un mejor desarrollo de las raíces (Rodríguez-García et al., 2022).

### 3. Porcentaje de incidencia

**Tabla 3.6**

*Análisis de varianza del porcentaje de incidencia en la prueba de control de Rhizoctonia sp. con Trichoderma spp. nativos en frijol.*

F.V.	SC	GL	CM	F	p - valor
Tratamiento	19385.22	11	1762.29	216.53	< 0.0001 **
Error	195.34	24	8.14		
Total	19580.56	35			

CV= 14.55%

De acuerdo al ANVA presentado en la tabla 3.6, existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, lo cual nos indica que existe diferencias en el porcentaje de incidencia de *Rhizoctonia* sp. en el frijol (semillas – plántulas), lo que da a entender que existió un efecto inhibitorio de las cepas de *Trichoderma* spp. nativo sobre *Rhizoctonia* sp.

### Figura 3.9

*Prueba de Tukey del porcentaje de incidencia en la prueba de control de Rhizoctonia sp. con Trichoderma spp. nativos en frijol.*



De acuerdo a la prueba de Tukey presentado en la figura 3.9, el tratamiento con mayor porcentaje de incidencia del patógeno fue T1 con un 81.5%, seguido por los tratamientos T7, Testigo y T9 con 37%, 31.5%, 29.6% de incidencia respectivamente, así como los tratamientos T10 y T8 con una incidencia de 25.9% y 20.4% respectivamente y por último el T11 con una incidencia de 9.3 %, siendo este el que menor porcentaje de incidencia tuvo de todos los tratamientos a los que se les inoculó la *Rhizoctonia* sp., los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 no presentaron incidencia de *Rhizoctonia* sp., Alfaro (2019) al enfrentar *Trichoderma virens* contra *Rhizoctonia solani* en frijol, obtuvo porcentajes de incidencia de 100% hasta 1.25 % siendo similares al presente trabajo.

## CONCLUSIONES

1. Se aisló 18 cepas de *Trichoderma* spp. nativos, recolectados de suelos de la provincia de Vilcas Huamán, que se agruparon según las similitudes de sus características macroscópicas y microscópicas en 5 grupos. Se aisló una cepa *Rhizoctonia* sp. de plántulas de frijol.
2. En la prueba de la competencia dual los tratamientos T2 y T5 fueron los más efectivos con valores de Porcentaje de inhibición del crecimiento radial de 15.6 % y 15.1% respectivamente, en la prueba de micoparasitismo los tratamientos T5, T2 y T1 fueron los más efectivos con valores del 100%, 100% y 96% respectivamente.
3. En la prueba de control en semillas y plántulas de frijol, la cepa ETC16 del grupo 5 de *Trichoderma* spp. nativos, fue la más efectiva en las evaluaciones del porcentaje de germinación, emergencia e incidencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, G., L. B. (2019). *Antagonismo de Trichoderma virens en el control de Rhizoctonia solani en Phaseolus vulgaris var. Caupí*. Recuperado 13 de diciembre de 2025, de <https://dspace.unitru.edu.pe/items/5528ef3f-fe9c-4701-9b05-f9a811c60953>
- Caiza, V. E. (2013). *Colección, identificación y pruebas de eficacia in vitro de (Trichoderma sp). En el control biológico de (Botrytis cinerea) en la finca florícola Picasso Roses [bachelorThesis]*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5073>
- Díaz N, J. F., Vargas H, M., Ayvar S, S., Alvarado G, O. G., Solís A, J. F., Durán R, J. A., Díaz C, H. L., & Hernández, A. (2014). Identificación morfológica y por PCR de *Rhizoctonia solani* Kühn a partir de frutos de calabaza pipiana y su manejo en invernadero. *2014*, *XVI*, 17-21. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971121003>
- Espinoza, M, E. (2009). *Evaluación de 16 genotipos seleccionados en dos densidades de siembra de Frijol Canario Cv. Centenario (Phaseolus vulgaris L.) por su calidad y rendimiento en condiciones de costa central*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAL\\_105f08432a396e2682de5926293b83de/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAL_105f08432a396e2682de5926293b83de/Details)
- García-Espejo, C. N., Mamani-Mamani, M. M., Chávez-Lizárraga, G. A., & Álvarez-Aliaga, M. T. (2016). Evaluación de la actividad enzimática del *Trichoderma inhamatum* (BOL-12 QD) como posible biocontrolador. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 7(1), 20-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361344736004>
- Guigón-López, C., Guerrero-Prieto, V., Vargas-Albores, F., Carvajal-Millán, E., Ávila-Quezada, G. D., Bravo-Luna, L., Ruocco, M., Lanzuise, S., Woo, S., & Lorito, M. (2010). Identificación Molecular de Cepas Nativas de *Trichoderma* spp. Su Tasa de Crecimiento in vitro y Antagonismo contra Hongos Fitopatógenos. *Revista mexicana de fitopatología*, 28(2), 87-96. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0185-33092010000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0185-33092010000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Gutiérrez, B., González, M. S., & Salih L, A. (2006). Caracterización de aislamientos de *Rhizoctonia Solani* Kühn que inducen pudriciones radicales en cultivares de caraota (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Bioagro*, 18(1), 063-072. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1316-33612006000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1316-33612006000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Hernandez F., J. (2009). *Manual de recomendaciones técnicas cultivo de frijol*. Costa Rica. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-9533.pdf>
- Hoyos-Carvajal, L., Cardona, A., Osorio, W., & Orduz, S. (2015). Efecto de diversos aislamientos de *Trichoderma* spp. en la absorción de nutrientes en frijol (*Phaseolus*

- vulgaris*) en dos tipos de suelo. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(2), 268-278. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i2.4183>
- Huerta, M., & Huamán, E. (2017). Identificación y caracterización del agente causal de la pudrición de la raíz y tallo del maíz (*Zea mays* L.). *Aporte santiagoño*, 9, 69. <https://doi.org/10.32911/as.2016.v9.n1.214>
- Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), 1-11. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n1/rpv01113.pdf>
- Mesa-Vanegas, A. M., Marin, A., & Calle-Osorno, J. (2019). Metabolitos secundarios en *Trichoderma* spp. y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. *Actualidades Biológicas*, 41(111), 32-44. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v41n111a02>
- Miguel-Ferrer, L., Romero-Arenas, O., Andrade-Hoyos, P., Sánchez-Morales, P., Rivera-Tapia, J. A., & Fernández-Pavía, S. P. (2021). Actividad antifúngica de *Trichoderma harzianum* y *T. koningiopsis* contra *Fusarium solani* asociado en la germinación y vigor de plántulas de chile Miahuateco. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(2), 228-247. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2101-5>
- Morales-Mora, L. A., Andrade-Hoyos, P., Valencia-de Ita, M. A., Romero-Arenas, O., Silva-Rojas, H. V., & Contreras-Paredes, C. A. (2020). Caracterización de hongos asociados al cultivo de fresa y efecto antagonista in vitro de *Trichoderma harzianum*. *Revista mexicana de fitopatología*, 38(3), 434-449. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2005-7>
- Mora, F. & Blum, L. (1990). Virulencia de aislamientos locales de *Rhizoctonia solani* en frijol (*Phaseolus vulgaris*) en invernadero. *Agronomía Costarricense*: 14 (2): 247 - 250. Recuperado de: [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v14n02\\_247.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v14n02_247.pdf).
- Moreno - Bringas, D. A. & Mattos - Calderón, L. (2018). Porcentaje de germinación de semillas de frijol, *Phaseolus vulgaris* inoculadas con *Rhizoctonia solani* y tratadas con *Trichoderma harzianum*. *Revista Científica Pakamuros*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.37787/n8p0d311>
- Nina, R., Smeltekop, H., Almanza, J. C., & Loza-Murguía, M. (2011). Evaluación de la capacidad biocontroladora de cepas nativas de *Trichoderma* spp sobre *Rhizoctonia* sp y *Fusarium* sp en café (*Coffea arabica*) en condiciones experimentales. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 2(1), 43-52. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2072-92942011000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2072-92942011000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Ramírez, J., Trujillo, J., Osorio, V., Jaramillo, M. M., & Botero, L. (2019). In vitro antagonism of *Trichoderma asperellum* against *Colletotrichum gloeosporioides*, *Curvularia lunata*, and *Fusarium oxysporum*. *Revista UIS Ingenierías*, 18(2), 159-166. <https://10.18273/revuin.v18n2-2019015>

- Rodríguez, I. C., & Flores, J. (2018). Capacidad antagónica in vitro de *Trichoderma* spp. Frente a *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Fusarium verticillioides* Nirenberg. *Bioagro*, 30(1), 49-58. <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2710/1693>
- Rodríguez-García, D., & Vargas-Rojas, J. (2022). Efecto de la inoculación con *Trichoderma* sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Solanum lycopersicum*). *Agronomía Costarricense*, 46(2), 47-60. <https://doi.org/10.15517/rac.v46i2.52045>
- Savín-Molina, J., Hernández-Montiel, L. G., Ceiro-Catasú, W., Ávila-Quezada, G. D., Palacios-Espinosa, A., Ruiz-Espinoza, F. H., & Romero-Bastidas, M. (2021). Caracterización morfológica y potencial de biocontrol de especies de *Trichoderma* aisladas de suelos del semiárido. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(3), 435-451. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2106-7>
- Zin, N. A., & Badaluddin, N. A. (2020). Funciones biológicas de *Trichoderma* spp. para aplicaciones agrícolas. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2020.09.003>