

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS:

Actividad antagónica de *Trichoderma spp.* frente a hongos fitopatógenos aislados de palto (*Persea americana*). Ayacucho, 2023

Para optar el título profesional de:

BIÓLOGO, ESPECIALIDAD: MICROBIOLOGÍA

PRESENTADO POR:

Bach. Richard QUISPE BAUTISTA

ASESOR:

Mg. Ruth Elsa HUAMÁN DE LA CRUZ

AYACUCHO - PERÚ

2024

Con amor eterno a mi Dios, y a la memoria
de mi padre, Alejandro Omar Quispe Ruiz,
y, en especial, a mi madre, que es mi
motivo de superación.

Richard...

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por brindarme la oportunidad de instruirme con maestros que contribuyeron en gran medida en mi formación profesional y humanista.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, a la Escuela Profesional de Biología, y a los docentes en general, por aportar y llevarme por el camino de la investigación, motivo por el cual me encuentro con el presente tema de tesis.

A la Blga. Ruth Elsa Huamán De La Cruz, asesora de la presente tesis, por sus constantes enseñanzas, aportes y recomendaciones para poder realizar el presente trabajo.

A la Blga. Nélide Bautista Tinco, por haber sido parte importante en la culminación del presente trabajo, al brindarme gran apoyo en el proceso de identificación taxonómica de las cepas en estudio.

Al Blgo. Rilder Nemesio Gastelú Quispe, por su confianza y apoyo durante todo el proceso del presente trabajo.

Al Blgo. Reynan Cóndor Alarcon, Blgo. Pedro Mauricio Delgadillo Coronado, por guiarme y apoyarme en la parte estadística de la tesis, así como por sus recomendaciones, que fueron de suma importancia.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes	4
2.1.1. Antecedentes internacionales	4
2.1.2. Antecedentes nacionales	6
2.1.3. Antecedentes regionales	8
2.2. Marco conceptual	9
2.2.1. Signo	9
2.2.2. Síntoma	9
2.2.3. Antagonismo	9
2.2.4. Microorganismos antagonistas	9
2.2.5. Mecanismos de acción	9
2.2.6. Capacidad antagónica	10
2.2.7. Cepas nativas	10
2.3. Bases teóricas	10
2.3.1. Descripción de la planta de <i>Persea americana</i> “Palto”	10
2.3.2. Biología y taxonomía de <i>Trichoderma</i>	15
2.3.3. Biología y taxonomía de <i>Mortierella alpina</i>	17
2.3.4. Biología y taxonomía de <i>Fusarium</i>	19
2.3.5. Técnica de enfrentamiento dual	22
III. MATERIALES Y METODOS	23
3.1. Ubicación	23
3.1.1. Ubicación del lugar de estudio	23
3.1.2. Lugar de ejecución	23
3.2. Materiales	23
3.2.1. Material biológico	23

3.3.	Tipo de investigación	23
3.4.	Diseño de investigación	24
3.5.	Población y muestra	24
3.5.1.	Población	24
3.5.2.	Muestra	24
3.6.	Recolección de muestras	24
3.6.1.	Recolección de muestras para el aislamiento de <i>Trichoderma spp.</i>	24
3.6.2.	Aislamiento de <i>Trichoderma spp.</i> a partir de suelo	24
3.6.3.	Recolección y aislamiento de los hongos fitopatógenos	25
3.6.4.	Aislamiento de <i>Mortierella alpina</i> y <i>Fusarium sp.</i>	25
3.7.	Prueba de antagonismo	27
3.8.	Identificación de cepas antagonistas y fitopatógenos de palto	28
3.9.	Análisis de datos	29
IV.	RESULTADOS	30
V.	DISCUSIÓN	36
VI.	CONCLUSIONES	43
VII.	RECOMENDACIONES	44
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
	ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Categorización taxonómica de la palta.</i>	12
Tabla 2. <i>Principales enfermedades del palto.</i>	13
Tabla 3. <i>Clasificación taxonómica de Trichoderma.</i>	15
Tabla 4. <i>Clasificación taxonómica de Mortierella.</i>	18
Tabla 5. <i>Clasificación taxonómica de Fusarium.</i>	20
Tabla 6. <i>Características Morfológicas y microscópicas entre Mortierella alpina (MA-1) y Phytophthora cinnamomi Rands.</i>	22
Tabla 7. <i>Escala para la clasificación del antagonismo.</i>	28
Tabla 8. <i>Relación de cepas de hongos antagonistas y fitopatógenos aislados de cultivos de Persea americana.</i>	31
Tabla 9. <i>Grado de micoparasitismo de las dos cepas de Trichoderma frente a Mortierella alpina (MA-1) y Fusarium sp (F-1).</i>	35

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Porcentaje de inhibición de crecimiento radial (PICR) de las dos cepas de Trichoderma frente a Mortierella alpina (MA-1).</i>	32
Figura 2. <i>Porcentaje de inhibición de crecimiento radial (PICR) de las dos cepas de Trichoderma frente a Fusarium sp (F-1).</i>	33
Figura 3. <i>Promedio de porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) de las dos cepas de Trichoderma frente a Mortierella alpina (MA-1) y Fusarium sp (Fu-1).</i>	34

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Estadística descriptiva de crecimiento radial in vitro de hongos fitopatógenos en el enfrentamiento dual.	57
Anexo 2. Prueba de normalidad (Test de Shapiro Wilk) de <i>Trichoderma harzianum</i> y <i>Trichoderma viride</i> frente a <i>Mortierella alpina</i> y <i>Fusarium sp.</i> Ayacucho – 2023.	57
Anexo 3. Estadísticos descriptivos: PICR (%) de <i>Trichoderma</i> vs <i>Mortierella alpina</i> .	57
Anexo 4. Estimación de la diferencia.	57
Anexo 5. Prueba.	57
Anexo 6. Estadísticos descriptivos: PICR (%) de <i>Trichoderma</i> vs <i>Fusarium sp.</i>	57
Anexo 7. Estimación de la diferencia.	58
Anexo 8. Prueba.	58
Anexo 9. Prueba de análisis de varianza (ANOVA) de dos cepas antagonistas frente a <i>Mortierella alpina</i> y <i>Fusarium sp.</i> Ayacucho – 2023.	58
Anexo 10. Prueba de comparación de Duncan de dos cepas antagonistas frente a <i>Mortierella alpina</i> y <i>Fusarium sp.</i> Ayacucho – 2023.	58
Anexo 11. Prueba de comparación de Duncan de los cuatro tratamientos de enfrentamientos <i>in vitro</i> frente a <i>Mortierella alpina</i> (MA-1) y <i>Fusarium sp</i> (F-1). Ayacucho – 2023.	58
Anexo 12. Gráficos Q-Q por tratamiento.	59
Anexo 13. Toma de muestras de suelo para aislamiento de fitopatógenos con signos y síntomas secundarios de enfermedad en su parte aérea por decaimiento, clorosis, muerte regresiva y marchitez en los distritos de Luricocha e Intay de la provincia de Huanta - Ayacucho – 2023.	60
Anexo 14. Procedimiento para aislamiento de <i>Trichoderma sp.</i> , a partir de muestras de suelos.	61
Anexo 15. Técnica de aislamiento de hongos fitopatógenos a partir de tejido vegetal con síntomas de enfermedad (Raíz).	62
Anexo 16. Cultivos de <i>Mortierella alpina</i> (MA-1), <i>Fusarium sp</i> (F-1), <i>Trichoderma harzianum</i> (T-1) y <i>Trichoderma viride</i> (T-2) en Agar Papa Dextrosa.	63

Anexo 17.	Resultados de la identificación molecular por la Empresa 64 Genomics Company “UMBRELLA”.	
Anexo 18.	Análisis de secuenciación genómica de Sanger Cromatograma 65 de la cepa PH-1c, realizada con el programa Medaka para corrección de Bases. Ayacucho - 2024.	
Anexo 19.	Procedimiento para la obtención de cultivo en tapete y Bloks de 66 gelosa.	
Anexo 20.	Enfrentamiento <i>in vitro</i> de los antagonistas frente a los 67 fitopatógenos. <i>Trichoderma harzianum</i> (T-1) y <i>Trichoderma viride</i> (T-2) frente a <i>Mortierella alpina</i> (MA-1).	
Anexo 21.	Enfrentamiento <i>in vitro</i> de los antagonistas frente a los 68 fitopatógenos. <i>Trichoderma harzianum</i> (T-1) y <i>Trichoderma viride</i> (T-2) frente a <i>Fusarium sp</i> (F-1).	
Anexo 22.	Enfrentamiento <i>in vitro</i> de los antagonistas frente a los 69 fitopatógenos. <i>Trichoderma harzianum</i> (T-1) y <i>Trichoderma viride</i> (T-2) frente a <i>Fusarium sp</i> (F-1) y <i>Mortierella alpina</i> (MA-1) a los 8 días de enfrentamiento.	
Anexo 23.	Micrografía de estructuras fungosas del control de los 70 antagonistas y fitopatógenos.	
Anexo 24.	Observación microscópica del micoparasitismo entre 72 <i>Trichoderma spp.</i> y <i>Mortierella alpina</i> a) enrollamiento masivo de <i>Trichoderma sp.</i> sobre <i>Mortierella alpina</i> b) <i>Trichoderma sp.</i> rodeando el micelio de <i>Mortierella alpina</i> c) adhesión de hifas de <i>Trichoderma sp.</i> sobre <i>Mortierella alpina</i> d) granulación y vacuolización de <i>Trichoderma sp.</i> sobre <i>Mortierella alpina</i> .	
Anexo 25.	Observaciones microscópicas del micoparasitismo entre 73 <i>Trichoderma sp.</i> y <i>Fusarium sp.</i> a) Penetración de la hifa de <i>Trichoderma</i> b) Microfotografía de granulación de hifas de <i>Fusarium sp.</i> c) Microfotografía de vacuolización de hifas e interacción con conidios de <i>Trichoderma</i> con hifas de <i>Fusarium</i> <i>sp.</i> d) adherencia de <i>Trichoderma sp.</i> sobre <i>Fusarium sp.</i>	
Anexo 26.	Apoyo técnico en identificación morfológica de ACB.	74
Anexo 27.	Matriz de consistencia.	75

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar la actividad antagónica de cepas nativas de *Trichoderma spp.* frente a hongos fitopatógenos *Mortierella alpina* y *Fusarium sp.*, aislados de palto "*Persea americana*", se desarrolló en el Laboratorio de Microbiología Ambiental de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. El tipo de investigación fue básica experimental, con un diseño completamente al azar con tres repeticiones por cada unidad experimental. El material biológico estuvo conformado por 2 cepas nativas del género *Trichoderma*, 1 cepa de *Mortierella alpina* y 1 cepa de *Fusarium sp.*, todos ellos aislados de suelo y raíz de paltos con signos y síntomas de enfermedad de los distritos de Luricocha e Intay; para las comparaciones de promedios se aplicó la prueba de t de Student. Para evaluar el efecto antagónico en los hongos se utilizó la técnica del cultivo dual. Se determinó el porcentaje de inhibición de crecimiento radial (PICR) y el grado de micoparasitismo según la escala de Bell. *T. harzianum* y *T. viride* inhibieron 49,03% y 56,04% el crecimiento radial en *Mortierella alpina* (MA-1); en *Fusarium sp* (F-1) *T. harzianum* 40,88% y *Trichoderma viride* 39,17%. Por micoparasitismo, *T. harzianum* y *T. viride* alcanzaron el grado 1 en *Mortierella alpina* y grado 2 en *Fusarium sp.* Se evidencia finalmente que el tratamiento con *Trichoderma viride* es un excelente antagonista frente a *Mortierella alpina* (MA-1) ya que presenta mayor capacidad inhibitoria y en cuanto a *Fusarium sp* (F-1) *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* presentaron igual capacidad inhibitoria.

Palabras clave: Antagonismo, *Trichoderma*, *Mortierella*, *Fusarium*, Cultivo dual.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la presente tesis se centró en evaluar la actividad antagónica de cepas nativas de *Trichoderma spp.* frente a los hongos *Mortierella alpina* y *Fusarium sp.*, causantes de las enfermedades de pudrición y marchitez, todos ellos aislados de cultivos de paltos. Trata sobre el uso de microorganismos antagónicos para el control de fitopatógenos que son diversos y perjudiciales, lo cual fomenta la investigación como una alternativa de control biológico como medida para reducir la dependencia de agroquímicos como una opción prometedora al permitir la utilización de microorganismos competitivos que actúan como antagonistas contra los patógenos. Se destaca la relevancia de un grupo selecto de hongos y bacterias que exhiben propiedades antagonistas contra otros microorganismos, lo que sugiere su potencial aplicativo en el control biológico de enfermedades en plantas de interés agrícola, como lo señala Fernández (2001). Siendo las especies del género *Trichoderma* las más estudiadas y utilizadas como antagonista para el control de enfermedades de plantas, debido a que estas especies se basan en sus propiedades antagónicas en la activación de mecanismos muy diversos. Uno de ellos es que pueden ejercer el biocontrol de hongos fitopatógenos indirectamente, compitiendo por el espacio y los nutrientes, modificando las condiciones ambientales, estimulando el crecimiento de las plantas y sus mecanismos de defensa. Otra medida, es mediante el micoparasitismo, por la penetración directa de las hifas al hospedador y/o por producción de enzimas extracelulares tal como expresa Stocco (2014). Esta investigación se enfocó en la utilización de microorganismos benéficos como alternativa de solución para contrarrestar problemas fitosanitarios. De acuerdo con lo planteado por Tómaló (2015), los hongos fitopatógenos causan un gran impacto en cultivos de gran valor económico, ya que afectan negativamente tanto la etapa de cultivo, como la de postcosecha, lo que conlleva a una disminución en la

producción en regiones principalmente agrícolas. Según investigaciones realizadas por autores como Vinchira y Moreno (2019), el método predominante entre los agricultores para combatir enfermedades causadas por fitopatógenos es el uso de agroquímicos. A pesar de que este enfoque suele ofrecer resultados satisfactorios, su aplicación repetida conlleva impactos negativos en el medio ambiente. Esto se debe a su eficacia temporal y a la generación de resistencia en algunos patógenos como efecto secundario. Debido a estas consecuencias adversas, una alternativa viable para el manejo integrado de fitopatógenos es la adopción de controladores biológicos. Estos agentes, a través de la producción de metabolitos o subproductos, buscan reducir o eliminar los efectos nocivos en las plantas desde una perspectiva biológica, ecológica y económica. Para este propósito, se pueden emplear una variedad de microorganismos antagonistas, como bacterias y hongos. Como señala Guzmán (2021), en diversos departamentos del Perú, la fruta de la palta ha venido incrementando en su producción debido al aumento de la demanda a nivel mundial, tal como en la provincia de Huanta – Ayacucho donde existe clima favorable y suelos adecuados para su establecimiento, ello en gran medida gracias a su adaptabilidad de la planta, debido a esto viene siendo una actividad económica muy importante para las familias ayacuchanas. Sin embargo, la producción también enfrenta desafíos fitosanitarios que actúan como limitantes del rendimiento, debido a la presencia de patógenos, es por ello que en este trabajo de investigación se evaluó la actividad antagónica de cepas nativas de *Trichoderma spp.* frente a hongos fitopatógenos *Mortierella alpina* y *Fusarium sp.* presentes en raíz y suelo en cultivos de paltos. Para realización del enfrentamiento dual en la que se determinó el PICR y el grado de micoparasitismo de cada especie de *Tricoderma* tal como expresa Zamora y Salazar (2019).

El presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar la actividad antagónica de *Trichoderma spp.* frente a hongos fitopatógenos aislados de palto (*Persea americana*) de los distritos de Luricocha e Intay de la Provincia de Huanta.

Objetivos específicos

1. Aislar *Mortierella alpina*, *Fusarium sp.*, y *Trichoderma spp.* de raíces y suelos de cultivos de palto de los distritos de Luricocha e Intay.

2. Identificar genotípicamente la especie *Mortierella alpina* e identificar fenotípicamente *Fusarium sp.*
3. Determinar la actividad antagónica de *Trichoderma spp.* sobre *Mortierella alpina*.
4. Determinar la actividad antagónica de *Trichoderma spp.* sobre *Fusarium sp.*

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Sánchez (2016), en Nicaragua, en su estudio evaluó cinco cepas de *P. cinnamomi* (BGP04, BPG07, BPG09, MLC04, MLL05) y una cepa de *P. citrophthora* (MLL02), aisladas de cultivos de palto, frente a aislados de *Trichoderma sp.*, para ello, utilizó cultivos duales y la escala de Bell con el fin de medir el antagonismo de cuatro cepas de *Trichoderma* (BGP01, NG, UNA y MLL08). Los resultados indicaron que *Trichoderma* (MLL08) inhibió el crecimiento de *P. cinnamomi* (BGP04) en un 21.83% y de la cepa (NG) en un 54.83% frente al aislado (BGP09) de *Phytophthora cinnamomi*. Los aislados (BPG09) de *P. cinnamomi* y (MLL02) de *P. citrophthora* presentaron los porcentajes de inhibición de crecimiento radial (PICR) más altos, con 53.81% y 44.25% respectivamente, siendo los más susceptibles al efecto antagónico de *Trichoderma*. En contraste, el aislado BGP04 resultó ser menos afectado, con un promedio de PICR de 23,97%. Donde concluyó, solo dos cepas nativas de *Trichoderma* (BGP01 y MLL08) demostraron capacidad antagónica significativa frente a aislados de *P. cinnamomi* y *P. citrophthora* alcanzando los grados I y II en la escala de Bell.

Michel *et al.* (2019), en México, en su trabajo de investigación evaluaron la capacidad antagónica *in vitro* de cepas locales de *Trichoderma spp.* frente a *P. parasitica* y *F. oxysporum*. Para ello, realizó una confrontación *in vitro* mediante cultivos duales en placas de Petri, determinando el porcentaje de inhibición del crecimiento radial, bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Como resultado los hongos antagonistas evaluados tuvieron altos porcentajes de inhibición: *T. inhamatum* (Ti14) alcanzó un 95 y 85% de inhibición contra *P. parasitica* y *F. oxysporum*, mientras que *T. asperellum* (Ta10) logró un 89 y 85% para los mismos patógenos. *T. virens* y *T. harzianum* lograron

porcentajes superiores al 60% frente a *F. oxysporum*. Finalmente concluyeron que *T. inhamatum* (Ti14) *T. asperellum* (Ta10) demostraron un notable potencial adversario y agresor contra los principales causantes de la Pata Prieta en el cultivo de Jamaica.

Barboza *et al.* (2022), en Colombia, en su investigación evaluaron la capacidad inhibitoria de cepas locales de *Trichoderma spp.* frente a *Phytophthora cinnamomi* mediante ensayos *in vitro*. La investigación incluyó la identificación genética de cepas como C1OVLIMB, C3OVLIMB, C4OVLIMB, C3CHLIMB, C2CHLIMB y C5CHLIMB, C4CHLIMB, C2OVLIMB, C4OVLIMB y la evaluación de su potencial antagónico frente al patógeno, el cual afecta hospedantes de relevancia económica. Las cepas C1OVLIMB, C3OVLIMB, C4OVLIMB, C3CHLIMB y C2CHLIMB fueron identificadas como *Trichoderma harzianum*, mientras que C1CHLIMB, C5CHLIMB, C4CHLIMB, C2OVLIMB y C4OVLIMB correspondieron a *Trichoderma viride* con inhibición en cultivos duales de 94,5 % con la cepa C1OVLIMB y 87,8 % con la cepa C5CHLIMB presentando los mejores promedios de inhibición contra *P. cinnamomi*. Finalmente concluyó que *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* demostraron un notable efecto antagónico contra *Phytophthora cinnamomi*, el hongo responsable de la marchitez radicular en cultivos de paltos, posicionándolos como alternativas biológicas viables para el manejo de enfermedades en sistemas agrícolas económicamente importantes.

Andrade *et al.* (2019), en México; en su estudio evaluaron el efecto antagónico de diversas especies de *Trichoderma* (*T. viride*, *T. harzianum* y *T. asperellum*) frente a los patógenos responsables de la marchitez en plantas de ají (*Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*). Utilizaron cultivos duales *in vitro*, donde se midió el crecimiento radial de las colonias en centímetros, y evaluaron el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial mediante la fórmula propuesta por Ezziyyani *et al.* (2007). Los resultados mostraron que los tres hongos presentaron una elevada capacidad antagónica: *T. asperellum* inhibió el 88.25%, *T. viride* el 87.22% y *T. harzianum* con 87.8% del crecimiento de los patógenos, demostrando ser antagonistas efectivo frente a los fitopatógenos evaluados.

Jaramillo (2014), en Honduras, en su estudio investigó el efecto antagónico de *Trichoderma koningii* y dos cepas de *Trichoderma harzianum* (Zamorano y Choluteca) frente a *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.* y *Phytophthora sp.* con un diseño experimental, por método de cultivo dual, donde los hongos antagonistas y

patógenos fueron enfrentados en placas Petri, con 4 repeticiones por tratamiento y 48 unidades experimentales. Se determinó que *Trichoderma harzianum* cepa Choluteca mostró una capacidad antagónica mayor del 73% frente a *Alternaria sp.*, siendo superior a los porcentajes obtenidos frente a *Phytophthora sp.* (54%) y *Fusarium sp.* (40%). Por otro lado, las cepas Zamorano y *T. koningii* no presentaron diferencias significativas entre los patógenos evaluados, aunque *T. koningii* mostró un menor porcentaje de inhibición radial frente a *Alternaria sp.* (36%). Por lo que concluye que *T. harzianum* cepa Choluteca fue más efectiva contra *Alternaria sp.* (73%), mientras que los restantes tratamientos no presentaron diferencias destacables.

Andrade et al. (2017), en México, en su investigación evaluaron la capacidad antagónica de tres cepas de *Trichoderma* (*Trichoderma viridae*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma spp.* Cepa C2) para el control de *Phytophthora cinnamomi* causante de la tristeza del palto. El estudio incluyó la medición del crecimiento radial tanto del antagonista (DCA) como del patógeno (DCP), utilizando un método de enfrentamiento dual. Como resultado en 64 horas, *Trichoderma sp.* (C2) mostro un crecimiento de micelio 0.412 mm en comparación con 0.08 mm de *P. cinnamomi*; *Trichoderma viridae* alcanzo 0.493 mm frente a 0.117 mm de *P. cinnamomi*; y *Trichoderma harzianum* creció 0.322 mm en comparación con 0.111 mm de *P. cinnamomi*. Los datos presentaron poca dispersión y diferencias estadísticas significativas. Donde concluyeron que las diferentes especies de *Trichoderma* evaluadas demostraron capacidad de biocontrol al reducir el crecimiento de *P. cinnamomi* en pruebas *in vitro*.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Vargas (2014), en Arequipa, evaluó la capacidad antagónica *in vitro* de *T. harzianum* y *T. koningiopsis* sobre *Fusarium oxysporum f. sp. cepae* y *Phoma terrestres* con un diseño de bloques completamente al azar. El estudio se llevó a cabo mediante el método de enfrentamiento dual en placas, analizando el crecimiento radial, la competencia por espacio y nutrientes, el grado de inhibición y el micoparasitismo. Los resultados mostraron que, en términos de competencia por espacio y nutrientes, *T. koningiopsis* presentó el mayor radio de crecimiento frente a *F. oxysporum f. sp. cepae* con 4,15 cm, mientras que *T. harzianum* alcanzó 3,86 cm. Frente a *P. terrestris*, *T. koningiopsis* registró un crecimiento de 4,41 cm, y *T. harzianum* de 3,98 cm. En cuanto al PICR se observó una inhibición del crecimiento radial de *F. oxysporum f. sp. cepae* del 83,40% por *T. harzianum*

y del 77,45% por *T. koningiopsis*, mientras que *P. terrestris* fue inhibido en un 86,86% por *T. harzianum* y en un 84,78% por *T. koningiopsis*. En micoparasitismo, las cepas que lograron la escala 4 fueron: *T. harzianum* y *T. koningiopsis*. Concluyendo que *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma koningiopsis* tienen un efecto antagónico significativo contra *F. oxysporum f. sp. cepae* y *P. terrestris*, destacando a *T. koningiopsis* como un recurso valioso para el control biológico de fitopatógenos, con potencial para manejar enfermedades como la pudrición basal y la raíz rosada en cebolla, tanto en invernaderos como en campo abierto.

Morales *et al.* (2020), en la ciudad de Lima, Perú, en su trabajo de investigación evaluó la capacidad antagónica de cepas nativas de *Trichoderma spp* aisladas de la rizósfera de los cultivos de paltos del distrito de Quilmaná, Cañete. Donde emplearon la técnica de cultivo dual en donde se midió el porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) de *P. cinnamomi*. Entre el total de cepas aisladas, tres cepas (P1.1, P4.9 y P5.3) mostraron un PICR más alto de 53,86, 56,24 y 60,49% y mediante identificación molecular, las cepas P4.9 y P1.1 tienen un 99,66% y 100% de similitud con *Trichoderma asperellum*, y la cepa P5.3 tiene un 98,17% de similitud con *Trichoderma sp*. Finalmente concluyo que las cepas de *Trichoderma asperellum* tienen potencial para ser utilizadas como agentes de biocontrol de *P. cinnamomi*, por lo que se recomienda realizar ensayos de campo.

Tevés *et al.* (2024), en la ciudad de Lima, Perú, evaluaron la cepa de *P. capsici* aislada de pimiento frente a tres aislados de *Trichoderma*, para ello utilizaron cultivos duales y la escala de Bell para determinar el antagonismo de *T. koningiopsis*, *T. lentiforme* y *T. harzianum*. los resultados mostraron que *T. koningiopsis* y *T. lentiforme* lograron los mayores porcentajes de inhibición radial contra *P. capsici*, con 38,08% y 37,91% a los tres días, y 51,60% y 51,47% al séptimo día, respectivamente. Por otro lado, *T. harzianum* presentó los porcentajes más bajos de inhibición, con 36,05% y 50,02% al tercer y séptimo día de crecimiento de colonias del patógeno. Además, *T. lentiforme* obtuvo un grado I en su capacidad antagónica, mostrando diferencias significativas con *T. koningiopsis* y *T. harzianum* alcanzaron un grado II. Concluyendo que esta investigación demuestra el potencial de *T. koningiopsis* y *T. lentiforme* como agentes de biocontrol contra *P. capsici* en cultivos de pimiento.

Navarrete (2021), en la ciudad de Ica, evaluó el efecto antagonismo *in vitro* de especies nativas de *Trichoderma sp.* y *Pseudomonas sp.* contra *Lasiodiplodia sp.* donde emplearon la técnica de confrontación de cultivo dual frente a *Lasiodiplodia*

sp. logrando aislar seis cepas naturales para cada género de *Trichoderma* y *Pseudomonas*. Las mismas que mostraron actividad antagonista contra *Lasiodiplodia* spp.; la combinación de cepas de *Trichoderma* sp. T1 y *Pseudomonas* sp. P2 no supero el control por la cepa comercial. La cepa *Trichoderma* sp. T1 fue la que mostró mayor antagonismo, similar a la cepa comercial *Trichoderma viride*. Por lo que concluye que tanto *Trichoderma* como *Pseudomonas* tienen efectos antagónicos sobre *Lasiodiplodia* spp.

2.1.3. Antecedentes regionales

Ayala (2019), en Ayacucho, analizó la actividad antagónica de cepas locales de *Trichoderma* sp. frente a los hongos fitopatógenos *Colletotrichum* sp. y *Fusarium* sp. evaluó el porcentaje de inhibición radial (PIRC) y micoparasitismo de *Trichoderma* sp. sobre los patógenos. Los resultados mostraron que las cepas locales lograron PIRC que oscilaron entre el 26,32 y el 45% clasificadas en grado 4 de micoparasitismo frente a *Colletotrichum* sp. por otro lado, *Fusarium* sp., las cepas alcanzaron PIRC entre el 28,57 y el 61,11% clasificado en grado 4 de micoparasitismo.

Islachin (2022), en Ayacucho, analizó la interacción antagónica de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* contra *Botrytis* sp., *Rhizoctonia* sp., *Leptosphaerulina* sp., *Phoma* sp. y *Cladosporium* sp. determinó el porcentaje de inhibición de crecimiento radial (PIRC) como el grado de micoparasitismo de los antagonistas. Los resultados mostraron que el PIRC frente a *Rhizoctonia* sp. fue de 34,82% con *T. harzianum* y 37,03% con *T. viride*. para *Botrytis* sp., *T. viride* alcanzó un 16,77%, mientras que *T. harzianum* logró un 27,36%. en *Leptosphaerulina* sp. el porcentaje fue de 11,18% con *T. viride* y 8,36% con *T. harzianum*. Con *Phoma* sp., se registró un 14,77% y 7,01% para *T. viride* y *T. harzianum*. Finalmente, en *Cladosporium* sp., *T. viride* con 14,01% y *T. harzianum*, un 9,85%. Por micoparasitismo *T. viride* mostró un grado 1 frente a *Rhizoctonia* sp. y *Phoma* sp., grado 2 en *Botrytis* sp., y grado 4 en *Leptosphaerulina* sp. y *Cladosporium* sp., por su parte, *T. harzianum* consiguió grado 1 frente a *Rhizoctonia* sp., *Botrytis* sp. y *Phoma* sp., grado 4 en *Leptosphaerulina* sp. y *Cladosporium* sp.

Velásquez (2017), en Ayacucho, Perú, llevo a cabo un estudio para analizar el antagonismo entre *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride* y *Sclerotinia sclerotiorum*. Para ello, empleo cultivos duales utilizando agar enriquecido con extractos de cayhua, apio y lechuga, así como con peptona, potasio y magnesio,

omitiendo azúcares. Consideró el método de ventaja de crecimiento para *Sclerotinia*, dado su desarrollo más lento en comparación con los *Trichoderma* para evaluar varias formas de respuesta del patógeno ante los antagonistas. Si no se otorgaba una ventaja de 4-5 días al patógeno, el rápido crecimiento de los *Trichoderma* dificultaba observar las respuestas antagónicas. Donde concluyó que el porcentaje de inhibición de *T. harzianum* ante *Sclerotinia*/cayhua 83.4%, *T. harzianum* ante *Sclerotinia*/apio 78,75%, *T. harzianum* ante *Sclerotinia*/lechuga 73,75%, *T. viride* ante *Sclerotinia*/cayhua 79,12%, *T. viride* ante *Sclerotinia*/apio 82,50%, *T. viride* ante *Sclerotinia*/lechuga 75,87%.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Signo

Como manifiesta Di Masi *et al.* (2022), este término se define como la expresión visible del patógeno, ya sea como estructuras vegetativas, reproductivas o de conservación.

2.2.2. Síntoma

Di Masi *et al.* (2022) consideran como síntoma a la manifestación visible o detectable de una anomalía por parte de la planta como resultado de la enfermedad causada por los microorganismos fitopatógenos.

2.2.3. Antagonismo

El antagonismo microbiano según Pérez y Muños (2014), está definido a la situación en la cual la actividad de un microorganismo causa la inhibición, es decir la capacidad de ejercer control biológico, deterioro o muerte de otras especies microbianas. Esto puede surgir de la interacción entre dos grupos microbianos, donde uno ejerce un efecto negativo sobre el otro, resultando en consecuencias dañinas o desfavorables.

2.2.4. Microorganismos antagonistas

De acuerdo con De Costa y Erabadupitiya (2005), existe un grupo de microorganismos, incluyendo bacterias, levaduras y hongos, que son conocidos por su habilidad para actuar como agentes de control biológico contra una variedad de patógenos relevantes. Estos organismos antagonistas se han utilizado efectivamente para combatir varias enfermedades que afectan a frutas y vegetales.

2.2.5. Mecanismos de acción

Según Ramírez (2013), señala que se han identificado diversos mecanismos para esclarecer las interacciones entre antagonistas y patógenos en relación con las

plantas. Cabe destacar que los antagonistas emplean múltiples métodos de acción, siendo esta variedad una ventaja a considerar al seleccionar un antagonista. Esta diversidad de acciones reduce la posibilidad de que los patógenos desarrollen resistencia contra los antagonistas, especialmente cuando se utilizan combinaciones de antagonistas con diferentes mecanismos de acción. Se han reconocido varios métodos de acción antagonista efectivos para inhibir el crecimiento de patógenos.

2.2.6. Capacidad antagónica

Ramírez (2013), define la capacidad antagónica como el proceso en el que un microorganismo inhibe activamente a los hongos que causan enfermedades en las plantas. Este microorganismo funciona como un hiperparásito utilizando estrategias como el micoparasitismo, la competencia por sustancias nutritivas, la generación de compuestos antifúngicos y enzimas que descomponen sustancias biológicas.

2.2.7. Cepas nativas

Ramírez (2013), señala que estas cepas pertenecen exclusivamente a un microorganismo en particular o son autóctonas, por lo que no muestran ningún tipo de alteración inducida por el ser humano; se encuentran en un estado similar al de las cepas que se encuentran en la naturaleza en su forma original.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Descripción de la planta de *Persea americana* “Palto”

Según lo planteado por Chil (2019), se trata de una fruta comestible que posee relevancia económica dentro de la familia Lauráceae. Aunque es originaria de Centroamérica y el Caribe, su cultivo se ha expandido hacia otras zonas tropicales y subtropicales del mundo.

Zapata *et al.* (2018) explican que esta especie de planta se caracteriza por su notable polimorfismo. En su hábitat natural, puede alcanzar alturas mayores a los 10 metros y presenta una copa espaciosa con un diámetro que puede exceder los 25 metros en ejemplares maduros. Sus raíces pivotantes son extensas y se extienden radialmente, sin generar pelos radiculares evidentes. El tallo principal es cilíndrico, leñoso y ramificado, con una corteza que puede ser áspera y frecuentemente marcada por surcos longitudinales. La copa tiene una forma globosa y acampanada con ramas que se despliegan ampliamente, siguiendo un patrón de ramificación extensivo, en el que cada rama emerge por debajo del ápice del brote en cada ciclo de crecimiento. Las hojas de la planta son coriáceas con

largos pecíolos. Produce frutos tipo baya que varían en forma y color de acuerdo a la variedad. La textura de la corteza del fruto también presenta una gama que va desde muy lisa hasta profundamente surcada o abollada, y su peso varía de 100 a 3000 gramos.

Tarazona (2017) menciona que, desde un punto de vista hortícola, se identifican tres principales razas de palta, a las que se asocian la mayoría de las variedades comerciales que han sido detalladas por Lavaire y Teguigalpa (2013). Las características distintivas de la raza mexicana incluyen frutos pequeños con cáscara fina y semillas de menor tamaño, que pueden ser de color verde o morado; entre sus variedades destacan "Duke", "Topa Topa" y "Zutano". Por su parte, la raza antillana se distingue por frutos medianos a grandes, con cáscara delgada pero más resistente que la de la mexicana y tonalidades que van del verde claro al amarillo rojizo; sus variedades incluyen las conocidas como criollas. La raza guatemalteca se caracteriza por tener frutos con cáscara gruesa, rugosa al tacto y dura, con una coloración que varía entre verde opaco y morado, siendo 'Hass' una de las variedades guatemaltecas más reconocidas.

Según lo mencionado por el mismo autor, los híbridos provienen de cruzamientos entre variedades de palto de origen guatemalteco y mexicano, así como de guatemalteco con antillano. En Perú, las principales variedades cultivadas son de origen híbrido, destacando entre ellas el 'Hass' y el 'Fuerte', siendo esta última una adición más reciente a la agricultura peruana (Tarazona, 2017).

De acuerdo con el Proyecto BID ADEX (2009), la variedad de aguacate conocida como 'Palta Fuerte' se distingue por su forma periforme y su tamaño medio, que oscila entre 10 y 12 cm, con una superficie áspera. Esta variedad es muy popular en el mercado local debido a su porcentaje de aceite, que varía del 18 al 22%. La 'Palta Hass', por otro lado, tiene una forma ovalada y un peso medio de 200 a 300 gramos, con una textura de cáscara gruesa, y es altamente valorada para la exportación por su similar contenido de aceite.

El mismo Proyecto resalta el valor nutricional del palto, destacándolo como un alimento energético y apetecible, rico en vitamina E. Es un sustituto vegetal ideal para las proteínas que se encuentran en la carne, los huevos, el queso y las aves de corral, gracias a su contenido de ácidos grasos esenciales y proteínas de alta calidad que son fáciles de digerir y no contribuyen negativamente al colesterol. Además, se le atribuyen beneficios para la salud, como su papel en la desaceleración del proceso de envejecimiento (Proyecto BID ADEX, 2009).

Tabla 1*Categorización taxonómica de la palta.*

Taxón	Nombre
Reino	: Plantae
División	: Fanerogamas
Clase	: Dicotiledónea
Orden	: Ranales
Familia	: Laurácea
Género	: <i>Persea</i>
Especie	: <i>Persea americana</i> Miller

Nota. Esta tabla representa la Clasificación taxonómica de *Persea americana* según Chil (2019)

a. Importancia económica

De acuerdo con Coyotl (2022), el palto es una fuente significativa de ingresos a nivel local, nacional e internacional, y México destaca como el principal exportador mundial de este fruto. A pesar de esto, las enfermedades fúngicas presentan un desafío económico, con registros de pérdidas de producción que alcanzan hasta un 60%.

Según Hernández *et al.* (2018), La obtención global del cultivo del palto alcanza las 5.028,756 toneladas, siendo América el principal contribuyente con un 68.8%, seguido de África con un 15.9%, 878 599 toneladas. Los rendimientos promedio son de 10 toneladas por habitante y un uso per cápita de 7 Kg. No obstante, diversas restricciones fitosanitarias afectan significativamente la productividad, generan deformidades en los frutos e incluso pueden provocar la muerte de los árboles de palto. El zigomyceto *Mortierella alpina* tiene la misma similitud de causar la pudrición del sistema radicular que *Phytophthora cinnamomi*, siendo uno de los patógenos de mayor importancia económica.

b. Enfermedades causadas por bacterias, hongos, nematodos y virus

Zapata *et al.* (2018) explican que la proliferación de virus y hongos en los cultivos de palta se atribuye a prácticas culturales deficientes y al hecho de que los cultivos de palta son relativamente nuevos en el occidente, donde muchos productores los cultivan en asociación con café. Esta situación conduce a un exceso de humedad en las partes del tallo y la raíz de los cultivos, lo que a su vez favorece la aparición de enfermedades causadas por agentes patógenos como bacterias, hongos, nematodos y virus. Algunos de estos agentes tienen una capacidad evolutiva mayor que otros, lo que puede generar desequilibrios en los ecosistemas al permitir que ciertas especies evolucionen y se conviertan en invasoras o afecten negativamente a ciertos cultivos.

Tabla 2

Principales enfermedades del palto.

Nombre común de la enfermedad	Agente causal	Cita bibliográfica
Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporoides</i>	Pernezny <i>et al.</i> 2000.
Pudrición de la raíz por Armillaria	<i>Armillaria mellea</i> (Vahl: Fr.).	Hong <i>et al.</i> 2009.
Pie negro del palto (Avocado black streak)	Agente causal desconocido	Hong <i>et al.</i> 2009.
Cancro del tallo	<i>Botryosphaeria dothidea</i> (Moug.: Fr.)	Alama <i>et al.</i> 2005.
Pudrición del pedúnculo del fruto.	<i>Dothiorella spp.</i>	Bernal <i>et al.</i> 2008.
Cancro por <i>Phytophthora</i>	<i>Phytophthora citricola</i> Sawada.	Hong <i>et al.</i> 2009.
	<i>Phytophthora cactorum</i>	
	<i>Phytophthora heveae</i>	
	<i>Phytophthora palmivora</i>	
Podredumbre de raíz por <i>Phytophthora</i>	<i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands.	Zentmyer 1953.
Muerte de tejido, mancha angular.	<i>Pseudocercospora purpurea</i>	Bernal <i>et al.</i> , 2008.
	Deighton (syn. <i>Cercospora purpurea</i> Cooke).	
Pudrición blanca de la raíz	<i>Rosellinia necatrix</i>	Pérez <i>et al.</i> , 2003.
Chancros: Exudados blanquecinos y grumosos, tejidos necrosados	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Alama <i>et al.</i> , 2005
	<i>Thyronectria pseudotrichia</i>	
	<i>Botryosphaeria spp.</i>	
	<i>Colletotrichum acutatum</i>	
Necrosis de color café oscuro en ramas y tallos	<i>Verticillium dahlia</i> Kleb	Bernal <i>et al.</i> 2008
Pudrición radicular	<i>Fusarium solani</i>	Gil <i>et al.</i> , 2014
	<i>Fusarium oxysporum</i>	
	<i>Fusarium equiseti</i>	

Nota. Esta tabla representa las principales enfermedades fúngicas en los cultivos del palto según Ploetz *et al.* (1994).

c. Cancro del tronco del palto por *Phytophthora cinnamomi* Rands

Salvo y Torres (2017) señalan que los agentes causantes de esta enfermedad incluyen *Phytophthora cinnamomi* Rands, *P. citricola*, *P. sawada*, *P. palmivora* y *P. parasitica*, también conocida como pudrición del pie o gomosis. Identificar tempranamente esta enfermedad en el campo es complicado, ya que los síntomas severos suelen manifestarse cuando el cancro está muy avanzado. Las lesiones suelen aparecer en la base del tronco o debajo del nivel del suelo, aunque en ocasiones se pueden encontrar hasta a 2 metros sobre el suelo. El área afectada muestra exudados blancos y cristalinos alrededor de pequeñas grietas con bordes oscurecidos en la corteza del tronco. Al cortar la parte dañada, se observa una decoloración marrón en contraste con el color blanco-crema del tejido sano,

extendiéndose hasta la madera. Los síntomas en la parte superior del árbol son muy parecidos a los de la pudrición causada por *Phytophthora cinnamomi*, y la muerte del árbol ocurre cuando la lesión rodea por completo el tronco.

d. Tristeza del Palto por *Phytophthora cinnamomi* Rands

Según el autor mencionado anteriormente, es la enfermedad más significativa que afectan a este árbol frutal, siendo provocada por *Phytophthora cinnamomi*. Los árboles afectados por esta enfermedad muestran un crecimiento reducido, un incremento en la presencia de hojas más pequeñas y de un tono verde más claro. Las hojas tienden a curvarse, marchitarse y gradualmente adquieren un color amarillo, lo que eventualmente conduce a un cese completo del árbol. Asimismo, la emergencia de botes se ve disminuida e incluso puede estar ausente. Se observa un marcado debilitamiento de las ramas y brotes, una floración abundante y una fructificación de baja calidad. El hongo infecta principalmente las raíces de absorción con un diámetro de hasta medio centímetro, las cuales se vuelven quebradizas y adquieren un color negro. Se pueden apreciar lesiones características en el tronco, como áreas acuosas y de color marrón oscuro por debajo del nivel del suelo (Salvo y Torres, 2017).

e. Tristeza del Palto por *Mortierella alpina*

Según Pérez *et al.* (2022), señalan que la marchitez, también conocida como tristeza del palto presenta uno de los mayores problemas que afectan a este árbol. Comúnmente, se atribuye al hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands como único causante debido a la falta de diagnósticos precisos. No obstante, también se han identificado casos de aislamiento de *Mortierella alpina* en las raíces del palto, que provocan un decaimiento progresivo de la planta, con un crecimiento reducido, marchitez generalizada y un amarillamiento gradual, lo que eventualmente conduce a la defoliación completa del árbol debido a la infección en las raíces, causando la pérdida de plantas tanto en viveros como en plantaciones en campo.

d. Principales especies del género *Mortierella* como fitopatógenos del palto

El género *Mortierella*, perteneciente a los zigomicetos, cuenta con más de 100 especies reportadas. Sin embargo, solo dos de ellas, *Mortierella elongata* y *Mortierella alpina*, son las más perjudiciales para la agricultura, siendo responsables de la pudrición de la raíz del palto. Esta enfermedad afecta a una gran variedad de árboles, desde paltos en América hasta castaños en Europa y árboles en Oceanía. Estos hongos pueden vivir como saprófitos en diversos ecosistemas y regiones del mundo, y pueden permanecer en el suelo mucho

tiempo después de la muerte o eliminación de las plantas hospedantes (Pérez et al., 2022).

2.3.2. Biología y taxonomía de *Trichoderma*

Infante (2009) indica que las especies del género *Trichoderma* se distinguen por ser hongos saprófitos que pueden sobrevivir en suelos con variados niveles de materia orgánica, descomponiéndola. En ciertas condiciones, tienen la capacidad de funcionar tanto en condiciones aerobias como anaerobias les permite colonizar hábitats muy variados, desde los polos hasta el ecuador.

Ramírez (2013) también señala que estas especies son comunes en el suelo, especialmente en suelos ácidos y con alto contenido de materia orgánica. Tienen una alta capacidad de aislamiento y se propagan en una variedad de sustratos. Son eficaces como antagonistas, compitiendo exitosamente por nutrientes, y poseen un sistema enzimático especializado para parasitar distintos hongos fitopatógenos.

En su estudio de 1969, Rifai (citado por López, 2021) realizó una clasificación detallada del género *Trichoderma*, identificando nueve especies distintas y estableciendo nueve grupos de especies afines. Entre estas especies se encuentran *T. polysporum*, *T. hamatum*, *T. koningii* y otras.

Tabla 3

Clasificación taxonómica de Trichoderma.

Taxón	Nombre
Reino	: Fungi
División	: Eumycota
Subdivisión	: Deuteromycotina
Clase	: Hyphomycetes
Orden	: Hyphales (Moniliales)
Familia	: Moniliaceae:
Género	: <i>Trichoderma</i>
Especie	: <i>T. harzianum</i> Rifai : <i>T. viride</i> Pers.

Nota. Esta tabla representa la clasificación taxonómica de *Trichoderma* según Alexopoulos et al., (1996).

a. Características del género *Trichoderma*

Características macroscópicas

Según Caiza (2015), *Trichoderma* desarrolla un rápido crecimiento en el medio PDA, alcanzando entre 7 y 9 cm de diámetro después de 3 días. Las hifas aéreas son vellosas, con colores que varían de blanco a gris claro o amarillo. Los conidios a menudo envuelven toda el área de la placa, produciendo costras planas de 8

mm de diámetro, concéntrico, en polvo o granular, con tonos variables de verde incluso dentro del mismo cultivo, a menudo rodeado de micelio blanco estéril. Además, Cabascango (2015) menciona que, al observar el reverso del medio de cultivo, las colonias presentan colores con amarillo, amarillo ámbar o amarillo verdoso, dependiendo del aislado.

Características microscópicas

Según Martínez (2013) y otros estudios, el género *Trichoderma* exhibe un micelio septado típico durante su fase vegetativa. Estas especies haploides poseen una pared celular compuesta principalmente de quitina y glucano. Su reproducción asexual se caracteriza por conidióforos erectos y ramificados, que culminan en fiálides donde se producen conidios. Estos conidios, según Cabascango (2015), son esporas de coloración variable y se generan en gran cantidad, asegurando la propagación del hongo. Además, Caiza (2013) destaca la presencia frecuente de clamidosporas, estructuras de resistencia que contribuyen a la supervivencia del hongo en condiciones adversas.

b. Condiciones de crecimiento de *Trichoderma*

En relación a los factores requeridos para que *Trichoderma* crezca, según Flores (2015), estos hongos pueden prosperar en un intervalo de temperatura que va desde los 15 °C hasta los 35 °C, siendo los 25 °C la temperatura óptima para su desarrollo.

Los hongos antagonistas requieren una humedad relativa que varía entre el 20% y el 80% siendo el 70% el nivel óptimo para su desarrollo. Asimismo, el pH adecuado para su desarrollo, oscila entre 6 y 6.5, dado que estos hongos tienen la capacidad de acidificar el entorno mediante la liberación de ácidos orgánicos. La celulosa constituye su principal fuente de carbono, y el agar papa dextrosa (APD) es el medio de cultivo que permite maximizar su desarrollo (Flores, 2015).

c. Mecanismo de acción antagónica de *Trichoderma*

Según Martínez (2013), las capacidades antagónicas de *Trichoderma* pueden variar notablemente, siendo las cepas autóctonas las más efectivas. Esta efectividad está determinada por la especificidad de cada cepa y su forma de actuar. Entre los factores que implican su capacidad antagónica se incluyen la producción de sustancias antibióticas, la competencia por espacio y nutrientes, el micoparasitismo y la inactivación de enzimas de agentes patógenos.

• Competencia

Según Martínez (2013) destaca la amplia distribución de *Trichoderma* en diversos ecosistemas debido a su habilidad excepcional como competidor por espacio y

recursos nutricionales. Esta competencia se centra principalmente en la obtención de carbono, nitrato y hierro. En general, las características que favorecen la competitividad de este antagonista incluyen su rápido crecimiento y la producción de una variedad de metabolitos que inhiben a otros organismos en su entorno, limitando su acceso a nutrientes y espacio. En condiciones experimentales de laboratorio, su éxito depende de factores como el tipo de sustrato, pH y la temperatura, además de la tasa de crecimiento de las cepas antagonistas.

- **Micoparasitismo**

Según Martínez (2013), el micoparasitismo representa una interacción biológica adversa en la que un organismo, como *Trichoderma*, ataca y destruye a otro, el patógeno. Este complejo proceso se desarrolla en varias etapas, iniciando con la detección a distancia del hospedante, seguida de un reconocimiento específico y una adhesión física. Posteriormente *Trichoderma* secreta potentes enzimas que degradan la pared celular del patógeno, facilitando su penetración y, finalmente, la muerte del mismo. La efectividad de este mecanismo depende de diversos factores, incluyendo las especies de *Trichoderma* y el patógeno involucrados, así como las condiciones ambientales. En esencia, el micoparasitismo es un mecanismo de defensa natural que explota la maquinaria enzimática de *Trichoderma* para neutralizar a los agentes infecciosos.

- **Antibiosis**

Los metabolitos antifúngicos producidos por *Trichoderma* son una mezcla compleja de compuestos volátiles y no volátiles, con estructuras y funciones muy variadas. Estas sustancias, conocidas como metabolitos secundarios, son sintetizadas por numerosas cepas de este género y actúan inhibiendo el crecimiento de otros microorganismos, incluso a distancia. Entre los compuestos antifúngicos más destacados se encuentran las alquilpironas, isonitrilos, poliquétidos, peptabioles, dicetopiperacinas, sesquiterpenos y esteroides (Martínez, 2013). Esta diversidad química subraya la capacidad adaptativa de *Trichoderma* y su papel en el control biológico de enfermedades.

2.3.3. Biología y taxonomía de *Mortierella alpina*

Según Pérez *et al.* (2022), el cultivo de palto se ve afectado por un fitopatógeno que enfrenta varios retos productivos, destacándose la enfermedad conocida como “tristeza del palto”, que impacta tanto a las plantas en vivero como a los árboles adultos en campo. Varios patógenos del suelo causan patologías parecidas al pudrimiento radicular en el palto, la falta de diagnósticos adecuados

ha llevado a que se atribuya erróneamente la enfermedad únicamente al patógeno *Phytophthora cinnamomi*. No obstante, también se han identificado otros fitopatógenos, como *Cylindrocladium parasiticum*, *Phytopythium*, *Nectria liriodendri*, *Mortierella spp*, que incluyen más de 100 especies de patógenos y contaminantes del suelo, lo cual genera pérdidas significativas antes de la cosecha.

Asimismo, Rayaroth *et al.* (2017) sitúan al género *Mortierella* dentro de la familia Mortierellaceae, un grupo de zigomicetos caracterizado por su alta diversidad, con más de 79 especies descritas en cinco géneros. Estas especies, comúnmente aisladas de suelos y rizosfera, presentan características morfológicas distintivas como hifas cenocíticas, esporangios hialinos y un característico olor a cebolla o ajo. Macroscópicamente, las colonias suelen exhibir un crecimiento radiad y una coloración blanquecina.

Tabla 4

Clasificación taxonómica de Mortierella.

Taxón	Nombre
Dominio	: Eucariota
Reino	: Fungi
Phylum	: Zygomycota
Clase	: Mucoromicotina
Orden	: Mortierellales
Familia	: Mortierellaceae
Género	: <i>Mortierella</i>
Especie	: <i>Mortierella spp.</i>

Nota. Esta tabla representa la clasificación taxonómica de *Mortierella* según García (2023)

a. Características morfológicas del género *Mortierella*

Alonso (2023) describe a las especies de *Mortierella* como hongos con una morfología peculiar. Su crecimiento en cultivo presenta un patrón característico en forma de roseta, similar a algunos oomicetos como *Phytophthora*. Microscópicamente, se distinguen por sus hifas hialinas y septadas, así como por la presencia de estructuras reproductivas como clamidosporas, esporangios y esporangióforos.

• *Mortierella* como fitopatógeno

Según García *et al.* (2022), este hongo produce síntomas semejantes a los *Phytophthora cinnamomi*, tales como una leve necrosis en las raíces con tonos rojizos y la necrosis de los tallos, que comienza con manchas en la superficie que

se expanden desde el sitio de inoculación, causando el deterioro de las hojas en la planta. Este patógeno es capaz de esporular y penetrar el tejido vegetal de manera autónoma.

- **Signos y síntomas de la enfermedad**

Según García (2023), este hongo presenta una sintomatología muy similar a la causada por *Phytophthora cinnamomi*, manifestándose inicialmente como necrosis en los tallos. Estas lesiones, que se expanden desde el punto de infección, desencadenan un progresivo decaimiento de la planta, afectando significativamente su vigor y productividad. Esta alta capacidad invasora, combinada con su capacidad de esporular, lo convierte en un patógeno de difícil control.

- b. Características de *Mortierella alpina***

- **Características macroscópicas**

Tal como señalan Pérez *et al.* (2022), este fitopatógeno, cultivado en medio APD suplementado con cloranfenicol, presenta colonias de *Mortierella* con características macroscópicas distintivas: suelen ser de color blanco o blanquecino, con micelio aéreo de textura algodonosa y hialina. Además, su crecimiento se dispone de manera arrosetada o en forma de camelia, mostrando una notable similitud con el patrón de crecimiento de *P. cinnamomi*.

- **Características microscópicas**

Según Pérez *et al.* (2022), *Mortierella*, a nivel microscópico presenta hifas delgadas, cenocíticas y ramificadas, con esporangios terminales ovalados e hialinos, además de clamidosporas intercalares de pared gruesa.

- **Principales especies patógenas del género *Mortierella***

Según Pérez *et al.* (2022), hasta la fecha, este constituye el primer informe registrado sobre las especies de *Mortierella alpina* y *Mortierella elongata* como agentes patógenos en cultivos de palto.

2.3.4. Biología y taxonomía de *Fusarium*

De acuerdo a Tapia y Amaro (2014), el género *Fusarium* es un grupo de hongos filamentosos ampliamente distribuidos en el suelo y en las plantas, debido a su capacidad de crecer a 37 °C. Son de gran importancia a nivel agrícola y económico por los problemas fitosanitarios que ocasiona y las pérdidas de producción, que generalmente pueden llegar hasta el 100%. Tienen un micelio bien desarrollado, con septos y conidióforos distintivos del género; en algunas especies, el talo es unicelular.

Tabla 5*Clasificación taxonómica de Fusarium.*

Taxón	Nombre
Reino	: Fungi
División	: Ascomycota
Clase	: Euscomycetes
Orden	: Hypocreales
Familia	: Hypocreaceae
Género	: <i>Fusarium</i>
Especie	: <i>Fusarium sp</i>

Nota. Esta tabla representa el nivel jerárquico al que pertenece *Fusarium* según Tapia y Amaro (2014).

a. Características de *Fusarium*

• Características macroscópicas

Según Ikechi (2012), *Fusarium* comúnmente se distingue por generar colonias que crecen rápidamente y de manera profusa, presentando una textura algodonosa y colores que varían entre blanco, rosa, Salmon o violeta, llegando a cubrir por completo el área del medio de cultivo. Si bien el medio Agar Papa Dextrosa fomenta su desarrollo, no necesariamente induce la formación de esporas.

b. Características microscópicas

Por otra parte, Narváez y Zambrano (2006) describen la producción de tres tipos de esporas en este hongo: microconidias, macroconidias y clamidosporas. Estas esporas, que varían en forma, tamaño y estructura, cumplen un papel fundamental en la supervivencia del hongo. Las microconidias, pequeñas y unicelulares, y las macroconidias, más grandes y multicelulares, se encargan principalmente de la propagación del hongo. Por su parte, las clamidosporas, de paredes gruesas y resistentes, actúan como estructuras de resistencia, permitiendo al hongo persistir en condiciones ambientales adversas y sobrevivir en ausencia de un hospedante.

• *Fusarium* como fitopatógeno

Fusarium, un patógeno radicular, inicia su infección al entrar en contacto directo con las raíces de la planta a través de su micelio o clamidosporas resistentes. La penetración se facilita por heridas, y el hongo coloniza el xilema, obstruyendo su conducto y provocando un marchitamiento progresivo de la planta. Los síntomas externos incluyen decoloración foliar, mientras que internamente se observa una pudrición seca en raíces y tallos, caracterizada por cavidades y desintegración de los tejidos vasculares. La persistencia de *Fusarium* en el suelo, en forma de micelio o clamidosporas, asegura su supervivencia y capacidad de infectar nuevos cultivos (Narváez y Zambrano, 2006).

- **Fitopatígeno de importancia económica**

Fusarium, aparte de ser uno de los hongos más importante de los géneros de *Fusarium* en el aspecto económico, es también una de las especies más inestables y variables, presentando una distribución amplia en todo el mundo, ocasionando marchitamiento vascular muy destructivo y alarmante. Ocasiona pérdidas significativas en la mayoría de flores, hortalizas, árboles frutales como el aguacate, plátano, algodón, tabaco, llantén, café, caña de azúcar, árboles de sombra, malas hierbas (Narváez y Zambrano, 2006). La enfermedad causada por este hongo, fue responsable de abandono de miles de hectáreas de plantaciones en América central (Revelo, 1991).

Fusarium presenta una estrategia dual para infectar a sus huéspedes: no solo neutraliza las defensas naturales de la planta, sino que también produce un conjunto de toxinas propias. Estas toxinas, como las eniatinas y ácido fusárico, dañan directamente los tejidos vegetales, mientras que otras, como los tricotecenos y las fumonisinas, representan un riesgo significativo para la salud animal (Agrios, 2005).

- **Principales especies patógenas del género *Fusarium***

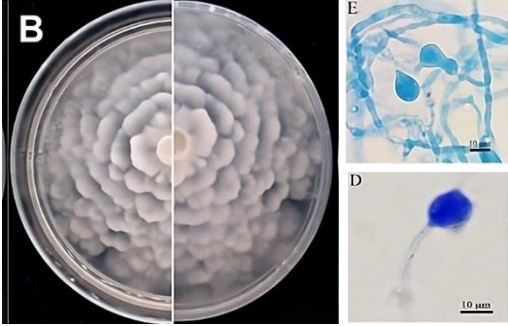
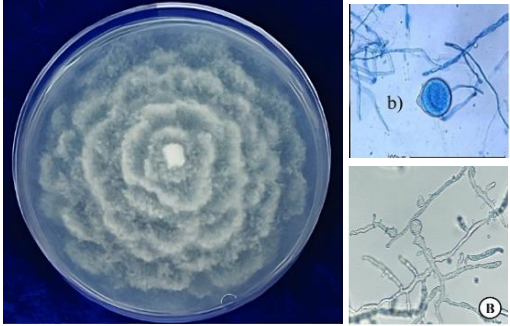
Según Daugovish (2008), diversas especies de hongos fitopatógenos incluyen: *Fusarium graminearum* (que afecta a cultivos como cebada, trigo y arroz), *Fusarium oxysporum* (presente en tomate, plátano, espárrago, papa, palta, guanábana y fresa), *Fusarium solani* (presente en cítricos y palta), *Fusarium fujikuroi* (presente en arroz, pino y maíz), *Fusarium guttiforme* (presente en piña), *Fusarium verticillioides* (en maíz y cítricos), y *Fusarium equiseti* (en palta y fresa).

- **Pudrición severa de la palta**

Según Lara (2008), la pudrición severa causada por *Fusarium spp.* en los árboles de palto incluyen el amarillamiento de las hojas, la interrupción del crecimiento de los brotes vegetativos con hojas pequeñas ocasionando la muerte de los árboles y a nivel radicular ocasiona la pudrición de raíces pequeñas con una tonalidad marrón-negra oscura que, con el tiempo, se extiende a las raíces más gruesas. Los síntomas descritos difieren de los causados por *Armillaria mellea* o *Rosellinia sp.* Por la ausencia de rizomorfos o abundantes micelios blancos, característicos de estas especies y, en el caso de *Phytophthora cinnamomi*, por la ausencia de raíces secundarias.

Tabla 6

Características Morfológicas y microscópicas entre Mortierella alpina (MA-1) y Phytophthora cinnamomi Rands.

<i>Mortierella alpina</i>	<i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands
	
Características macroscópicas	Características macroscópica
Aspecto de la colonia: aspecto algodonoso o esponjoso, aspecto denso o compacto. Color: inicialmente, las colonias son de color blanco, pero pueden adquirir a gris claro con el tiempo. Crecimiento: arrosetado o en forma de camelia.	Aspecto de la colonia: aspecto algodonoso, velloso o algodonado, aspecto denso a opaca. Color: el color de las colonias suele ser blanco al principio, pero con el tiempo puede volverse ligeramente amarillento o gris. Crecimiento: arrosetado o en forma de camelia.
Características microscópicas	Características microscópicas
Hifas: delgadas, cenocíticas con esporangio hialino. clamidosporas de pared gruesa, intercalares Esporangio terminales ovalados, hialino. Esporangioforos: hialinos, simples o ramificados. Conidios hialinos, globosos, unicelulares, apicales. Pérez <i>et al.</i> , (2022)	Hifas: anchas, cenocíticas, coraloides, torulosas, hinchamientos globosos, formas irregulares. Clamidosporas: con la característica típica de pared gruesa, dispuestas en forma terminal o intercalada y tenían forma globosa. Esporangio: forma ovalada o limoniforme. Sánchez (2016), Hernández (2016), Pérez <i>et al.</i> , (2022), García (2023)

Nota. Representación de Identificación y características biológicas de *Mortierella alpina* (MA-1) y *Phytophthora cinnamomi* Rands (shao *et al.*, 2024)

2.3.5. Técnica de enfrentamiento dual

Como plantea Torres (2002), la prueba de enfrentamiento dual evalúa el crecimiento, adaptación y capacidad de control biológico de hongos, enfrentándolos directamente en una placa de Petri. Esta técnica permite determinar el nivel de antagonismo y el porcentaje de inhibición de crecimiento radial.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

3.1.1. Ubicación del lugar de estudio

Para la recolección de muestras de raíz y suelo se hizo el muestreo en los fundos pertenecientes a la zona de los distritos de Luricocha e Intay de la provincia de Huanta.

Ubicación política

Región : Ayacucho.

Provincia : Huanta.

Distritos : Luricocha e Intay.

Ubicación geográfica

Las coordenadas geográficas de los distritos son:

Latitud sur : 12°55'59.99"

Longitud oeste: 74°15'0"

Altitud : 2685 m.s.n.m.

3.1.2. Lugar de ejecución

El presente estudio desarrollado en esta la investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Microbiología Ambiental de la Facultad de Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico

- 2 cepas nativas de *Trichoderma spp.*
- 1 cepa nativa de *Fusarium sp.*
- 1 cepa nativa de *Mortierella alpina.*

3.3. Tipo de investigación

Básica- experimental.

3.4. Diseño de investigación

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado con tres repeticiones, incluyendo un control para cada hongo patógeno y antagonista por cada tratamiento

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Plantas enfermas de paltos (*Persea americana*) de los distritos de Luricocha e Intay de la provincia de Huanta, región Ayacucho. 2023.

3.5.2. Muestra

20 muestras de suelo y raíces de paltos con signos de la enfermedad, con un peso total aproximado de 5 kilos, de las cual se aislaron a *Trichoderma spp.*, así como a los fitopatógenos *Mortierella alpina* y *Fusarium sp.*

- *Trichoderma spp.* aislado de los suelos de cultivos de palto en el distrito de Luricocha.
- *Mortierella alpina* y *Fusarium sp.* fueron aislados, como parte del Proyecto FOCAM (Identificación biomolecular de hongos fitopatógenos radiculares y factores abióticos que influyen en enfermedades del palto (*Persea americana*) en la región Ayacucho, 2022), a partir de raíces y suelos con síntomas y signos de enfermedad en palto, en los distritos de Luricocha e Intay.

3.6. Recolección de muestras

3.6.1. Recolección de muestras para el aislamiento de *Trichoderma spp.*

Conforme a las pautas establecidas en el manual técnico para la recolección de muestras de suelo elaborado por López (2004), la extracción de muestras de suelo en terrenos agrícolas se desarrolló siguiendo estos pasos:

Procedimiento

- Se utilizó la técnica de muestreo en forma de X (cinco de oros) de las que se extrajeron 200 g de submuestras de cada punto, en total formarán 1000 g.
- Las muestras se depositaron en bolsas de polietileno estériles, previamente etiquetadas y se transportaron en un cooler con gel refrigerante para mantener una baja temperatura y evitar el crecimiento de saprófitos.
- Finalmente, la muestra fue transportada al laboratorio de Microbiología Ambiental.

3.6.2. Aislamiento de *Trichoderma spp.* a partir de suelo

El aislamiento del hongo antagonista fue aislado utilizando métodos descritos en el trabajo de López (2004), los cuales se detallan a continuación:

Procedimiento

- A partir de las muestras de suelo recolectado que fueron almacenados en refrigeración durante un día, se realizó una dilución, se pesó 1 g de muestra de suelo en 99 mL de agua destilada estéril.
- A partir de esta mezcla madre, se tomó 0.2 mL, los cuales se sembraron por diseminación en medio APD suplementado con cloranfenicol, con el propósito de inhibir el crecimiento bacteriano.
- Las placas fueron incubadas a 25 °C durante un periodo de 4 días.
- Tras el periodo de incubación se evaluaron las características culturales de las colonias formadas. Para la observación de características microscópicas se tomó las estructuras fúngicas con la ayuda de la cinta adhesiva previa coloración con azul de lactofenol.
- Finalmente, se observó en el microscopio con un objetivo de 40X para examinar la forma y tamaño de los conidios.

3.6.3. Recolección y aislamiento de los hongos fitopatógenos

En base a Granados y Camas (2014), el proceso de obtención de las muestras se llevó a cabo de la siguiente manera:

Procedimiento

- Se identificaron árboles de palto que presentaron signos claros de enfermedad como pérdida de hojas, amarillamiento y muerte regresiva.
- De cada árbol, se recolectaron dos muestras de raíces y dos de suelo rizosférico alrededor de las raíces examinadas.
- Las muestras fueron tomadas en la misma orientación en cada árbol; es decir, específicamente en la zona con mayor crecimiento y proliferación de raicillas.
- Cada muestra recolectada fue colocada en bolsas de polietileno estéril de 90 x 50 cm, previamente codificadas.
- Luego, todas las bolsas se colocaron en un *cooler* con gel refrigerante para mantener bajas temperaturas y evitar el desarrollo de saprófitos durante su transporte al laboratorio de Microbiología Ambiental.

3.6.4. Aislamiento de *Mortierella alpina* y *Fusarium sp.* (Pérez et al., 2009)

Se aisló con las siguientes técnicas:

a. Técnica A: Aislamiento a partir de raíces que presenten necrosis o pudrición (síntoma)

Procedimiento

- Para la siembra de las raíces, se lavó con agua de caño para eliminar el exceso de suelo.

- Se colocaron en un táper de plástico transparente conteniendo agua de caño, se sometieron a una agitación suave, descartando el agua. Este procedimiento se repitió varias veces hasta que las muestras de las raíces queden limpias.
- Se tomaron las raíces que presentaban la sintomatología primaria (necrosis o pudrición). Se cortaron fragmentos de entre 1.5 a 2 cm de longitud de la zona de avance de la enfermedad.
- Los fragmentos obtenidos se sumergieron en un recipiente con agua desionizada estéril para eliminar cualquier resto de suelo o contaminante del agua de caño. Este proceso de lavado con agua desionizada estéril se realizó por tres veces, por un intervalo de 30 segundos.
- En contacto con el mechero de Bunsen para las condiciones asépticas, las raíces se colocaron sobre papel toalla estéril para retirar el exceso de humedad.
- Luego, se tomaron las porciones cortadas de las raíces con la ayuda de una pinza desinfectada. Se sembraron en forma equidistante 4 porciones en cada una de las placas, que contenían el medio Corn Meal Agar (CMA) y medio Jugo V8 Agar (V8A).
- Se incubaron a 25 °C por 5 a 7 días.
- Finalizado el tiempo de incubación, se observó las características fenotípicas y genotípicas del material cultivado.

b. Técnica B: Aislamiento a partir de suelo rizosférico

Procedimiento

- En contacto con el mechero de Bunsen para las condiciones asépticas, se procedió a la siembra.
- Se tomaron aproximadamente 0,25 g de porción de suelo rizosférico, colocando equidistantemente cuatro porciones de terrones en cada una de las placas que contenían los medios Corn Meal Agar (CMA), y medio Jugo V8 Agar (V8A).
- Se incubaron a 25 °C por 5 a 7 días.
- Finalizado el tiempo de incubación, se observó las características fenotípicas y genotípicas del material cultivado.

c. Técnica C: Aislamiento a partir de tejido vegetal trampa con azalea (*Rhododendron sp*) (Soto et al., 2017)

Procedimiento

- Para el trapeo de *Mortierella alpina* se realizó en placas de Petri (uno por cada muestra de suelo).
- Se agregó 3 g de suelo rizosférico de palto más 20 mL de agua destilada, se homogenizó con la ayuda de una varilla de vidrio.

- En cada placa de Petri se colocaron 10 fragmentos de hojas cortadas en forma de triángulo (5 mm por lado).
- Se incubó a temperatura ambiente, a 25 °C por 2 días.
- Se extrajeron 5 triángulos de azalea, se enjuagaron con agua destilada estéril y se secaron en papel toalla estéril.
- Se sembraron las 5 unidades en placas de Petri con medio Agar Harina de Maíz (CMA), y medio Jugo V8 Agar (V8A).
- Se incubó a 25 °C por 3 a 5 días.
- Una vez que en los triángulos se observó el crecimiento, se revisó al microscopio; el patógeno de interés se transfirió a medio de cultivo Agar Harina de Maíz para purificar la colonia.

3.7. Prueba de antagonismo

La capacidad de antagonismo fue evaluada midiendo el porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR), de acuerdo con la metodología de Ezziyyani *et al.* (2004).

Capacidad de antagonismo (Fokkema, 1978)

Procedimiento

- Esta prueba se realizó mediante la técnica de bioensayo dual en placas de Petri con medio APD.
- Se colocó en un extremo de la placa, a 5 mm, de *Trichoderma sp.* y, al otro lado de la placa, el hongo fitopatógeno.
- Para el testigo, se sembraron individualmente los hongos fitopatógenos *Mortierella alpina* y *Fusarium sp.*
- Las placas fueron incubadas a 25 °C durante diez días.
- Se realizaron mediciones del radio de crecimiento micelial de los hongos enfrentados cada 12 horas durante 8 días.
- El porcentaje de inhibición del crecimiento causado por *Trichoderma* sobre los hongos fitopatógenos se calculó aplicando la fórmula propuesta por Ezziyyani *et al.* (2004).

$$\text{PICR} = (R_1 - R_2) / R_1 \times 100$$

R1: radio del patógeno testigo (radio mayor)

R2: radio del patógeno enfrentado al antagonista (radio menor)

Se realizó el procedimiento descrito por Sucaticona (2018), en el cual se comparó el grado de antagonismo alcanzado por las especies de *Trichoderma* mediante la escala de Bell, mostrando en la tabla 5.

Tabla 7

Escala para la clasificación del antagonismo según Bell et al. (1982).

Grado de antagonismo	Descripción
1	El antagonista logra extenderse por completo sobre el medio de cultivo, ocupando toda la superficie y desplazando al patógeno.
2	El antagonista alcanza a cubrir más de dos tercios de la superficie del medio cultivo.
3	Tanto el antagonista como el patógeno colonizan aproximadamente la mitad del medio, sin que uno predomine sobre el otro.
4	El patógeno supera al antagonista en crecimiento, ocupando tres cuartas partes de la superficie de la caja Petri.
5	El patógeno fitógeno logra abarcar la totalidad de la caja Petri.

Nota. Esta tabla muestra la clasificación del grado de antagonismo de hongos por el crecimiento micelial *in vitro*

- Para evaluar el nivel de micoparasitismo, se siguió el procedimiento descrito por Garrido y Vilela (2019).
- Se tomaron tres muestras de la zona de interacción hifal de las placas de enfrentamiento dual, utilizando la técnica de impronta para cada réplica.
- Posteriormente, se añadió una gota de azul de lactofenol sobre las muestras y se colocó un cubreobjetos para realizar la observación microscópica a 40X y 100X.
- Finalmente, se examinó la presencia de actividad parasítica de *Trichoderma* sobre los fitopatógenos, evaluando procesos como adhesión, enrollamiento, penetración, entre otros.

3.8. Identificación de cepas antagonistas y fitopatogenos de palto

a. Caracterización cultural. La caracterización cultural de *Trichoderma* (T-1), *Trichoderma* (T-2) y *Fusarium sp* se realizó con las cepas que tuvieron mejor crecimiento micelial.

b. Caracterización microscópica. La caracterización microscópica se efectuó en paralelo con la descripción macroscópica o cultural de las cepas obtenidas. Por último, se llevó a cabo la identificación fenotípica de *Trichoderma* (T-1), *Trichoderma* (T-2) mediante la institución Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), así como de *Fusarium sp*. mediante la institución Agraria La Molina, utilizando el cultivo monosporico para la caracterización macroscópica y microcultivo para la caracterización microscópica.

c. Caracterización molecular. Para las cepas con mayor concentración de biomasa, se llevó a cabo un análisis de caracterización molecular.

La identificación de la cepa *Mortierella alpina* se realizó mediante la empresa “Umbrella Genomics Company” empleando la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) y determinando se secuencia genómica.

3.9. Análisis de datos

Para la obtención de estadísticos descriptivos se usó el programa R versión 4.2.2 (R Core Team, 2020) y el programa Microsoft Excel (2021) para la elaboración de gráfica de barras. Mediante la prueba de Shapiro Wilk se determinó la normalidad con un nivel de significancia de 0.05. Así mismo los resultados del PICR se evaluó mediante la prueba de T de Student ($\alpha=0.05$) y un análisis de varianza ANOVA. Las comparaciones de medias se realizaron con la prueba de DUNCAN para evidenciar diferencias significativas entre tratamientos.

IV. RESULTADOS

Tabla 8

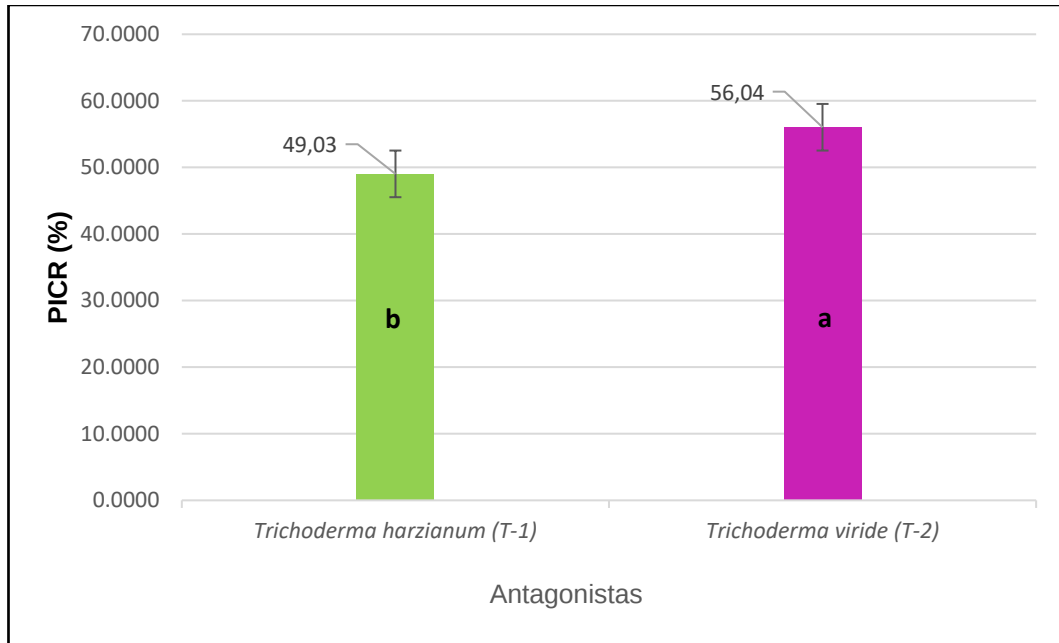
Relación de cepas de hongos antagonistas y fitopatógenos aislados de cultivos de Persea americana.

Codificación	Hongo aislado	Origen	Identificación
T-1	<i>Trichoderma harzianum</i>	Suelo de palta del distrito de Luricocha-Huanta.	SENASA
T-2	<i>Trichoderma viride</i>	Suelo de palta del distrito de Luricocha-Huanta.	SENASA
F-1	<i>Fusarium sp</i>	Raíz de palta del distrito de Intay-Huanta.	Microcultivo
MA-1	<i>Mortierella alpina</i>	Raíz de palta del distrito de Luricocha-Huanta	Umbrella Genomics Company

Esta tabla nos presenta la relación de cepas nativas de *Trichoderma harzianum* (T-1) y *Trichoderma viride* (T-2) aislados de suelo y los hongos fitopatógenos nativos de *Mortierella alpina* (MA-1) y *Fusarium sp* (F-1) todos ellos aislados de raíz de palto.

Figura 1

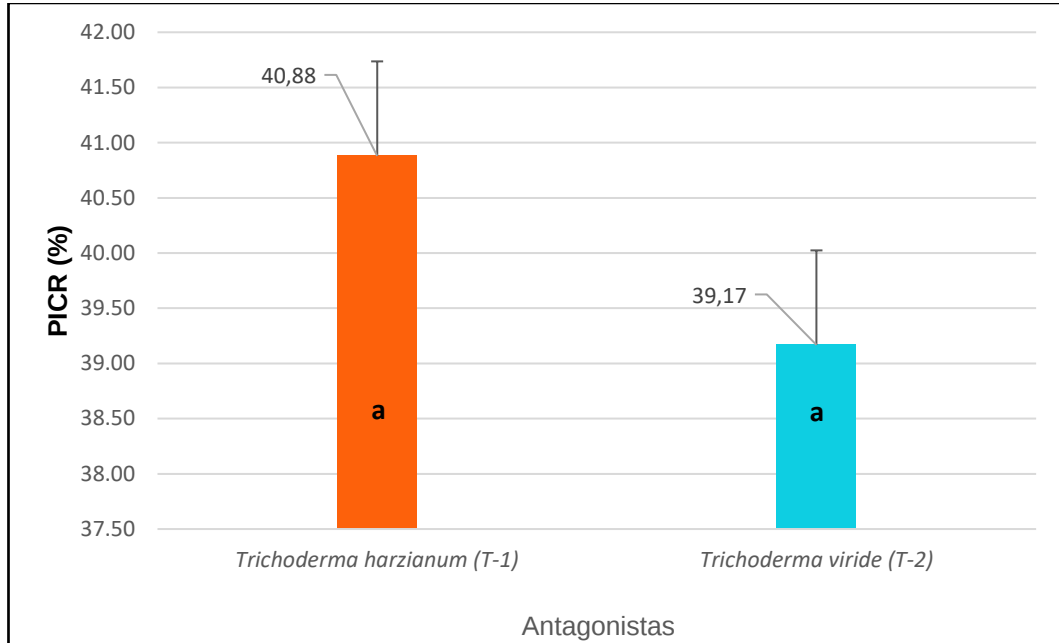
Porcentaje de inhibición de crecimiento radial (PICR) de las dos cepas de Trichoderma frente a Mortierella alpina (MA-1).



Prueba T de Student ($\alpha=0.05$). Los promedios de letras diferentes difieren significativamente.

Figura 2

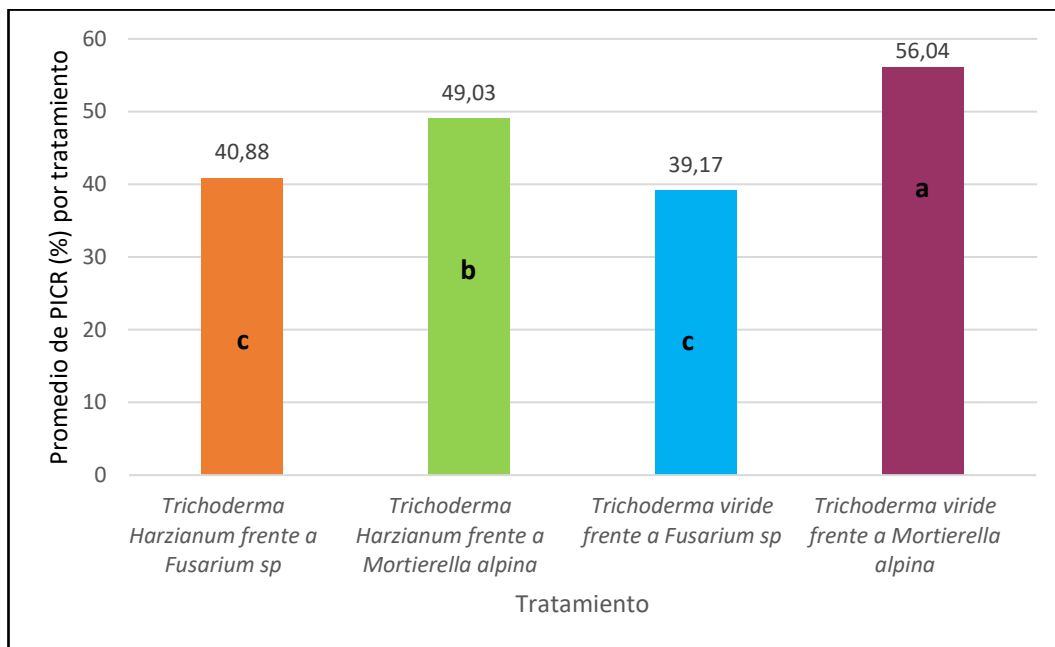
Porcentaje de inhibición de crecimiento radial (PICR) de las dos cepas de *Trichoderma* frente a *Fusarium* sp (F-1).



Prueba T de Student ($\alpha=0.05$). Los promedios con letras iguales no difieren significativamente.

Figura 3

Promedio de porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) de las dos cepas de Trichoderma frente a Mortierella alpina (MA-1) y Fusarium sp (Fu-1).



Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$). Los promedios con letras iguales no difieren significativamente ante *Fusarium sp.*, mientras promedios de letras diferentes difieren significativamente solo ante *Mortierella alpina*.

Tabla 9

Grado de micoparasitismo de las dos cepas de *Trichoderma* frente a *Mortierella alpina* (MA-1) y *Fusarium sp* (F-1).

Antagonismo frente al fitopatógeno	Grado de micoparasitismo	Capacidad antagónica
<i>Trichoderma harzianum</i> (T-1) frente a <i>Fusarium sp</i> (F-1)	2	El hongo <i>Trichoderma</i> ocupa dos tercios de la superficie del medio de cultivo, lo que restringe el desarrollo del fitopatógeno.
<i>Trichoderma viride</i> (T-2) frente a <i>Fusarium sp</i> (F-1)	2	El hongo <i>Trichoderma</i> abarca aproximadamente dos tercios del medio de cultivo, dificultando así el crecimiento del patógeno.
<i>Trichoderma harzianum</i> (T-1) frente a <i>Mortierella alpina</i> (MA-1)	1	<i>Trichoderma</i> logra cubrir por completo la superficie del medio de cultivo, superponiéndose completamente al fitopatógeno.
<i>Trichoderma viride</i> (T-2) frente a <i>Mortierella alpina</i> (MA-1)	1	La superficie del medio de cultivo es colonizada en su totalidad por <i>Trichoderma</i> dejando al fitopatógeno completamente cubierto.

Nota. En el grafico se muestra el grado de micoparasitismo *in vitro* de las cepas de *Trichoderma* frente a los fitopatógenos causantes de la marchites y tristeza del p alto.

V. DISCUSIÓN

En la tabla 8 se puede evidenciar la relación de especies de hongos antagonistas del género *Trichoderma*: T-1 (*Trichoderma harzianum*) y T-2 (*Trichoderma viride*), que se encuentran habitando suelos de cultivos de paltos, tal como mencionan Argumedo *et al.* (2009) en su estudio en México, donde señalan que la presencia de especies de *Trichoderma* en suelos agrícolas es debido a su carácter de vida libre, pueden actuar como oportunistas, simbioses o micoparásitos, lo que les permite desarrollarse con bajos requerimientos nutricionales. Sin embargo, su crecimiento se ve favorecido por la materia orgánica en el suelo, así como por condiciones ideales de humedad y temperatura, que oscilan entre los 25 y 30 °C. De manera similar, Romero *et al.* (2009), en su estudio realizado en Colombia, señalan que existen múltiples especies y cepas de un mismo género de *Trichoderma spp.*, por lo que su interacción antagónica con los hongos cultivados aún no se comprende del todo y puede variar según la especie o cepa. Nuestros hallazgos presentan similitudes con los resultados obtenidos por López *et al.* (1999), quienes identificaron la presencia de diversas especies de *Trichoderma*, como *Trichoderma aureoviride*, *Trichoderma longibrachiatum*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum*, en cultivos de palto, en la identificación de 3 cepas de *Trichoderma spp.*, también mencionado por Andrade *et al.* (2019) quienes identificaron 3 cepas de *Trichoderma spp.*, siendo *T. viride*, *T. harzianum* y *T. asperellum* encontrados también en cultivos de palto como parte de su investigación para el control biológico de *P. capsici*, *F. oxysporum* y *R. solani* utilizando cepas de *Trichoderma spp.*, de manera similar, Sánchez *et al.* (2017) en México también señalan sobre la identificación de 7 cepas de *Trichoderma spp.* con características típicas del género en cultivos de frejol tales como cinco de *T. harzianum* y dos de *T. asperellum*.

De la misma forma, en la tabla 8 se muestran los fitopatógenos causantes de “podredumbre de raíces, tallos, canchros y marchitamientos”, aislados a partir de

muestras de suelo y raíces de cultivos de palto, *Mortierella alpina* codificados como MA-1 y *Fusarium sp.*, codificado como F-1 los cuales se distinguieron por diferencias culturales y morfológicas en cuanto a color colonial, forma, elevación, tipo de crecimiento y desarrollo, estructura micelial y de esporulación, velocidad de crecimiento, color colonial, forma, tamaño, elevación, textura y estructura micelial. Estos hallazgos de este estudio coinciden con los resultados encontrados por Mares *et al.* (2018), quienes llevaron a cabo una caracterización cultural y morfológica de *Mortierella alpina* en azaleas, donde clasificó las colonias en base a diferentes aspectos como la presencia de colonias jóvenes blanco a amarillo compactas, micelio hialino y cenocítico, presencia de algunas hifas septadas conforme a la maduración y de borde no definido, así como un desarrollo de tipo arrosetado o camelia, crecimiento lanoso y uniforme, abundantes clamidosporas. De la misma forma, el trabajo realizado por Pérez *et al.* (2022) en Guatemala, que llevo a cabo una caracterización morfológica y cultural de aislamientos de *Mortierella alpina* en paltos, donde aisló 5 cepas que presentaban un crecimiento arrosetado, micelio de color blanquecino, hifas cenocíticas y clamidosporas, esporangios hialino, lo que indica una similitud en la apariencia del micelio de *Phytophthora cinnamomi*. De la misma manera los mismos autores señalados anteriormente, mencionan a este patógeno como el principal agente causante de enfermedades con alta capacidad destructiva en los cultivos de palto a nivel mundial, y por falta de diagnósticos precisos, se atribuye erróneamente al oomycete *Phytophthora cinnamomi* como el único causal, ya que puede infectar no solo a cultivos de paltos sino también a cultivos de cerezo en china de importancia económica. Cuando la enfermedad llega a una etapa avanzada, la presencia del zygomycete provoca que las ramas mueran desde la punta hacia la base, lo que se conoce como muerte regresiva. En relación con el fitopatógeno *Fusarium*, que es responsable de la marchitez, se hace mención en el trabajo de Bárcenas *et al.* (2019), realizado en México. Estos investigadores identificaron estos patógenos en las raíces y tallos de fresa, los cuales presentaron características semejantes a las observadas en la investigación actual. De manera similar, Mariscal *et al.* (2017) realizaron en México un estudio en el que aislaron hongos a partir de tejido enfermo de las raíces de fresas, los cuales mostraron características culturales coincidentes a las observadas en el estudio actual, tales como pigmentaciones de color blanco, rojo, violeta, que se tornaron más oscuras con la edad, además de variaciones con micelio algodonoso abundante. Asimismo, en el análisis microscópico se observaron microconidios exuberantes,

hialinos, de forma ovoide a elipsoide, en su generalidad con macroconidios hialinos y curvos, y algunos con clamidosporas terminales o intercaladas, tanto solitarias como en cadenas. En la figura 1 presenta el porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) de *Mortierella alpina* (MA-1) en un ensayo *in vitro* frente a las dos especies de *Trichoderma*. Los resultados del enfrentamiento revelaron existen diferencias significativas entre ambas especies de *Trichoderma*. Según el gráfico, *Trichoderma viride* (T-2) destacó como el mejor biocontrolador, alcanzado un porcentaje de inhibición de 56,04%, lo que indica una mayor capacidad inhibitoria en comparación con *Trichoderma harzianum*. Por otro lado, *Trichoderma harzianum* (T-1) presentó un PICR de 49,03%, siendo la especie con menor capacidad inhibitoria frente a *Mortierella alpina* (MA-1). Los resultados en la evaluación de la actividad antagónica contra la cepa de *Mortierella alpina* son similares con los resultados de Andrade *et al.* (2019), en su estudio, destacaron que *Trichoderma viride*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* exhiben una alta capacidad inhibitoria, con porcentajes de inhibición del crecimiento radial (PICR) de 87,22%, 87,8% y 88,25%, respectivamente, en confrontaciones *in vitro*. Estos resultados posicionan a estas especies de *Trichoderma* como eficaces agentes antagónicos en comparación con otros antagonistas del género *Clonostachys*. Por otro lado, García *et al.* (2021) en su estudio realizado en México, identificaron a *T. tomentosum*, *T. barbatum*, *T. asperellum* y la cepa de *T. harzianum* como efectivos inhibidores del crecimiento de *Verticillium dahliae* y *Botrytis cinerea*. Se observó que cada antagonista exhibía un nivel de competencia independiente frente a cada fitopatógeno, por ejemplo, *Trichoderma asperellum* logró una inhibición del 70,6% contra *Verticillium dahliae*, *Trichoderma harzianum* alcanzó el 67,5%, *Trichoderma tomentosum* el 59,5% y *Trichoderma barbatum* el 49,1%. En cuanto a *Botrytis cinerea*, *Trichoderma asperellum* mostró una inhibición del 67,7%, *Trichoderma tomentosum* del 67,2% y *Trichoderma harzianum* del 64,8%, mientras que *Trichoderma barbatum* demostró ser ineficaz contra *Verticillium dahliae*. Estos resultados sugieren que tanto los fitopatógenos como los antagonistas presentan diferentes grados de agresividad y especificidad, lo cual influirá en el resultado de los enfrentamientos. En este contexto, es relevante considerar el aporte de Martínez (2012) quien, en su trabajo de investigación, señala que cada especie antagónica tiene la capacidad de controlar eficientemente un grupo específico de fitopatógenos. Asimismo, destaca que los fitopatógenos muestran niveles variables de patogenicidad, independientemente de la especie a la que correspondan. Esto

sugiere que cada antagonista exhibe una naturaleza agresiva y capacidades metabólicas distintas cuando se trata de combatir un determinado fitopatógeno. Estos hallazgos resaltan la complejidad de su modo de acción, que incluye quimiotaxis, antibiosis y parasitismo, como factores clave para evaluar la eficacia de las especies antagonistas contra los fitopatógenos.

En la figura 2 se presenta el porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) de *Fusarium sp* (F-1) frente a dos especies de *Trichoderma*. En este ensayo, *Trichoderma harzianum* alcanzó un PICR de 40,88%, mientras que *Trichoderma viride* obtuvo un PICR de 39,16%. No se observaron diferencias significativas entre ambas especies de *Trichoderma*. Estos hallazgos coinciden con los de Andrade *et al.* (2019), quienes, en un estudio realizado en México, indicaron que no hubo diferencias significativas en el porcentaje de inhibición del crecimiento radial de los patógenos responsables de la marchitez del chile al evaluar los tratamientos con *T. asperellum*, *T. viride* y *T. harzianum*. Los tres hongos demostraron un alto nivel de inhibición, siendo *T. asperellum* el que alcanzó un 88,25% frente a *Fusarium oxysporum*, *Trichoderma viride* 87,22% frente a *Rhizotocnia solani* y *T. harzianum* 87,8% frente a *Phytophthora capsici*. Esto sugiere que cualquiera de estos hongos podría ser eficaz para enfrentar este desafío fitosanitario. Al respecto, la investigación de Guédez *et al.* (2012) quienes utilizaron seis aislados de *Trichoderma harzianum* para enfrentar a *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium rolfsii* y *Rhizoctonia solani*. El mayor porcentaje de inhibición se presentó frente a *Fusarium*, con un 80%, en comparación con los otros fitopatógenos que alcanzaron un 72% y 71% respectivamente. Se destacó que *Trichoderma* exhibe diferentes mecanismos de inhibición, tales como la generación de compuestos que inhiben el crecimiento del patógeno, metabolitos y enzimas extracelulares, incluso cuando se encuentran a una distancia del fitopatógeno. Del mismo modo, Sánchez *et al.* (2015) observó que todas las cepas de *Trichoderma* evaluadas en su estudio inhibieron el crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* en cultivos duales. Asimismo, indicó que no se encontraron diferencias significativas entre las cepas de *Trichoderma harzianum* T11, *Trichoderma koningiopsis* T13, *Trichoderma harzianum* T6 y *Trichoderma atroviride* T8, las cuales lograron porcentajes de inhibición del crecimiento de *Fusarium oxysporum* del 48%, 52%, 30% y 40% respectivamente, debido a la acción de los metabolitos liberados por *Trichoderma*, lo que conllevó a una reducción del área de colonización del fitopatógeno. En un contexto similar,

Vargas (2014), en Perú, donde analizó la interacción entre las cepas de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma koningiopsis* contra *Fusarium oxysporum* y *Phoma terrestris*, mostrando que ambas especies de *Trichoderma* inhibieron de manera significativa el crecimiento radial de *Fusarium oxysporum*, siendo *Trichoderma harzianum* la más efectiva (83,43%), seguida por *Trichoderma koningiopsis* (77,45%). De manera similar, Sánchez (2017) en México destacó que las especies de *Trichoderma* aisladas demostraron un rápido desarrollo incluso cuando se encontraban en presencia de patógenos altamente agresivos, lo que sugiere que estos microorganismos antagonistas pueden ser una herramienta valiosa para el control biológico de fitopatógenos, actuando mediante la producción de enzimas extracelulares y su comportamiento biotrófico o necrotrófico.

En la figura 3 se presentan los porcentajes de inhibición del crecimiento radial (PICR) en el cultivo dual de dos hongos patógenos del palto con *Trichoderma viride* y *Trichoderma harzianum*, con el propósito de comparar su comportamiento conjunto como antagonistas frente al desarrollo de las colonias de dichos hongos. Los resultados evidencian que ambos tipos de *Trichoderma* son considerablemente más efectivos únicamente contra *Mortierella alpina* (MA-1). Según Díaz *et al.* (2022), mencionan que probablemente las especies del género *Mortierella*, incluida *Mortierella alpina*, son habitantes comunes del suelo y patógenos de diversas plantas. Al estar en el suelo, estas especies enfrentan numerosas interacciones competitivas con otros microorganismos, incluidos sus antagonistas. No obstante, Pacheco (2009) y Mendoza *et al.* (2015) plantean que su habilidad para parasitar plantas y especializarse principalmente en tejidos radiculares y del tallo podría ser un mecanismo para escapar de la competencia por nutrientes en el suelo y evitar a sus antagonistas, lo cual le impidió desarrollar resistencia significativa a su actividad antagónica. Por otro lado, *Fusarium sp.*, no mostró una reducción significativa en su crecimiento radial ante la presencia de ambos *Trichoderma*, lo que indica que este hongo patógeno posee altos niveles de tolerancia frente a estos antagonistas y que su fisiología de crecimiento no fue afectada de forma relevante. Las diferencias observadas entre ambos antagonistas en este estudio sugieren que, para los hongos patógenos analizados del palto, *T. harzianum* ejerció una mayor acción antagónica al inhibir de manera más efectiva el crecimiento radial en comparación con *T. viride*, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Investigaciones previas, como las

de Hoyos *et al.* (2019), Cusi (2018) y Flores (2017), señalan que *T. viride* tiende a ser más efectivo, pero dependiendo de su interacción con los patógenos. Esto concuerda con Druzhinina *et al.* (2005) y Samuels *et al.* (2004), quienes afirman que la efectividad de cada antagonista varía en función de los metabolitos secundarios producidos, los cuales interfieren en el crecimiento de diversas especies de hongos. Sin embargo, numerosos estudios concluyen que *Trichoderma harzianum* es la especie más prometedora.

En la tabla 9 se detalla el grado de micoparasitismo obtenido con cada uno de los tratamientos evaluados frente a la cepa de *Mortierella alpina* (MA-1), siguiendo la clasificación propuesta por Bell. Los tratamientos con *Trichoderma viride* y *Trichoderma harzianum* se ubicaron en el grado 1, dado que ambas especies lograron cubrir completamente al patógeno. Estos resultados son similares con los hallazgos de Barboza *et al.* (2022), quienes indican que, de los 30 aislados de *Trichoderma spp.*, solo con nueve de las cepas antagonistas (C1OVLIM, C2OVLIM, C3OVLIM, C4OVLIM, C1CHLIM, C2CHLIM, C3CHLIM, C4CHLIM y C5CHLIM) mostraron mayor eficacia en la limitación del crecimiento del crecimiento del patógeno, destacándose especialmente la cepa C1OVLIMB, clasificada en el grado I según la escala de Bell en su interacción con *Phytophthora cinnamomi*. El autor atribuye este resultado a una combinación de mecanismos de acción ejercidos por *Trichoderma*, como antibiosis, micoparasitismo, y competencia por espacio y nutrientes. Este hallazgo presenta similitud con las observaciones de Sánchez (2023), quien evaluó el antagonismo de las cepas T.H.N y T.H.O de *Trichoderma harzianum*, observando que ambas alcanzaron un grado equivalente de antagonismo en su interacción con *Phytophthora cinamomi*, clasificándose también en la categoría I. Este resultado es coherente con la explicación proporcionada por Eraso *et al.* (2014), quienes indican que este mecanismo se debe a la capacidad inhibitoria de las cepas con destacado desarrollo quitotrófico, lo que debilita al fitopatógeno e inhibe su desarrollo. Asimismo, Acosta *et al.* (2021) en Perú reportaron resultados equivalentes al analizar la interacción de diferentes cepas de *Trichoderma* frente a *Botrytis cinérea*. Las cepas *Trichoderma koningii* (MHSJ11), *T. atroviride* (MHSJ01), *T. atroviride* (MOBSHO03), *T. koningii* (MCHT11), *T. citrinoviride* (MHMLL03), *T. inhamatum* (MOBSHO01) y *T. harzianum* (MCHT07) obtuvieron la clasificación 1 en la escala de Bell, logrando cubrir completamente la colonia del patógeno. Esto condujo a una disminución en el área de crecimiento y en la producción de conidios de *Botrytis*.

De la misma forma en la tabla 9 se observa que los tratamientos con *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* alcanzaron el grado 2 según la escala de Bell sobre *Fusarium sp.*, debido a que el crecimiento colonial superó los dos tercios de la placa, resultados similares fueron obtenidos por Quevedo *et al.* (2023) en Brasil, donde cuatro cepas antagonistas provenientes de yerba mate mostraron un comportamiento similar frente a *Fusarium oxysporum*, codificadas como *Trichoderma harzianum* (IST1), *T. tomentosum* (T2S), *T. asperellum* (IVCT1), *T. koningiopsis* (IIOT1), los cuatro clasificaron en grado II. Por otro lado, Ceiro *et al.* (2021), quienes en su investigación *in vitro* evidenciaron la micoparasitación de *Trichoderma harzianum* y *T. viride* a las 72 y 96 horas, mostrando interacción hifal, penetración, enrollamiento, vacuolización, deformación y granulación del contenido citoplasmático ante las especies de *Fusarium oxysporum* y *F. Phyllophylum*. Los resultados expuestos en esta investigación poseen relación con lo evidenciado por Andrade *et al.* (2019) en México, quienes en su investigación *in vitro* notaron la inhibición de *T. viride*, *T. harzianum* y *T. asperellum* y los resultados mostraron la eficacia en la competencia por espacio y nutrientes, además de apreciar la alteraciones citoplasmáticas con presencia de vacuolas y granulaciones sobre *P. capsici*, *F. oxysporum* y *R. solani*, además, se observó la confrontación a nivel microscópico como enrollamiento hifal en el punto de cruce entre los aislamientos nativos de *Trichoderma spp.* y los patógenos causantes de la marchites del chile, aparte de ello menciona que *Trichoderma* evita el mecanismo de supervivencia del patógeno.

En el anexo 18 se muestran los resultados de la identificación molecular de la cepa PH-1c fue realizada por la empresa “Umbrella Genomics Company” ubicados en la ciudad de Lima. Aproximación taxonómica mediante Gen ITS y análisis de secuencias de Sanger Cromatograma. Como resultado identifica a la especie *Mortierella alpina*; estos resultados son contrastables con la identificación por Pérez *et al.* (2022), quienes también utilizaron extracción de ADN, amplificación y secuenciamiento del gen ARNr 18S, ITS1, el gen ARNr 5.8S, ITS2, y el gen ARNr 28S. Encontraron una homología del 99,67% a 99,84% con al especie de *Mortierella alpina* utilizando la herramienta BLAST, que permite encontrar similitudes en las regiones entre secuencias biológicas a través de nucleótidos de ADN.

VI. CONCLUSIONES

1. Se aislaron dos cepas de hongos fitopatógenos a partir de las raíces y del suelo de cultivos de palto. Las cepas fueron: *Mortierella alpina* codificada como MA-1, proveniente del distrito de Luricocha, y *Fusarium sp.*, codificada como F-1, proveniente del distrito de Intay.
2. La identificación genotípica de la especie *Mortierella alpina* fue confirmada mediante la aplicación de técnicas moleculares PCR y la identificación fenotípica de *Fusarium sp.*, fue confirmada mediante cultivo monospórico y microcultivo.
3. Se determinó la actividad antagónica de *T. harzianum* (T-1) y *T. viride* (T-2) sobre *Mortierella alpina* (MA-1) y *Fusarium sp* (F-1).
4. Se determinó el porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) de dos cepas nativas de *Trichoderma* frente a los hongos fitopatógenos *Mortierella alpina* y *Fusarium sp.* *Trichoderma viride* mostró mayor eficacia contra *Mortierella alpina* con un PICR de 56,04% y un grado 1 en la escala de Bell. En el caso de *Fusarium sp* (F-1), tanto *T. harzianum* (T-1) como *T. viride* (T-2) lograron inhibiciones similares, con un 40,88% y 39,16% respectivamente, alcanzando ambas un grado 2 en la escala.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos en condiciones de campo para confirmar la efectividad de *T. harzianum* y *T. viride* contra *Mortierella alpina* y *Fusarium sp.*, en cultivos de palto. Estos estudios ayudarán a validar los resultados de laboratorio y proporcionar datos sobre la aplicación práctica y el manejo de estos patógenos en condiciones reales de cultivo.
- Realizar estudios similares a nuestra investigación con otros fitopatógenos causantes de enfermedades de interés presentes en cultivos de paltos.
- Realizar estudios con otras especies antagonistas ante *Mortierella alpina* y *Fusarium sp.*
- Realizar un análisis molecular de las cepas aisladas de los antagonistas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, L. T., Azania, D. K., y Azania, R. (2021). Cultivo dual *in vitro* de cepas nativas de *Trichoderma spp.* frente a *Botrytis sp.* patógeno de *Passiflora ligularis* Juss. *Revista de investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 1(4), 43-55
<https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP/article/view/720/pdf>
- Agrios, GN (2005). *Patología vegetal*. Elsevier.
- Alonso García, O. (2024). Identificación de hongos fitopatógenos asociados al cultivo del aguacate persea americana mill. En Michoacán, México.
- Andrade Hoyos, P., Molina Gayosso, E., Isidro Cortes, J., Hernández Leal, E., Cortés-González, YA, y Rivera Sosa, L. (2017). Control biológico *in vitro* de *Phytophthora cinnamomi* con *Trichoderma spp.* En Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate. México. 7p. Recuperado a partir de: http://www.avocadosource.Com/Journals/Memorias_VCLA/2017/Memorias_VCLA_2017_PG_147.pdf.
- 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://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1326/2562>
- Argumedo-Delira, R., Alarcón, A., Ferrera-Cerrato, R., & Peña-Cabriales, J. J. (2009). El género fúngico *Trichoderma* y su relación con los contaminantes orgánico e inorgánico. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(4), 257-269.
- Arie, T. (2019). Enfermedades por *Fusarium* de plantas cultivadas, control, diagnóstico y estudios moleculares y genéticos. *Revista de ciencia de pesticidas*, 44 (4), 275-281.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpestics/44/4/44_J19-03/_article/-char/ja/
- Ayala Quispe, 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. Recuperado a partir de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/4477/1/TESIS%20B873_Aya.pdf
- Barboza García, adrián., Pérez cordero, Alexander., & Anaya chamorro, Leonardo. (2022). Especies nativas de *Trichoderma* aisladas de plantaciones de aguacate con actividad inhibitoria contra *Phytophthora cinnamomi*. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(2), 101-116.
<https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotechnologia/article/view/1852/1729>
- Bárcenas Santana, D., Guillén Sánchez, D., Yazmín Basaldúa, C., Ramos-García, M. D. L., & Valle de la Paz, M. (2019). Etiología de la secadera de la fresa (*Fragaria spp.*) en Morelos, México. *Revista mexicana de fitopatología*,

- 37(3), 454-463. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v37n3/2007-8080-rmfi-37-03-454-en.pdf>
- Cabascango, P., & Maricela, J. (2015). Estudio del adecuado crecimiento del hongo *Trichoderma Harzianum* y *Trichoderma Hamatum* en sustrato sólido (Bachelor's thesis, Quito: UCE). Recuperado a partir de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4776/1/T-UCE-0017-128.pdf>
- Caiza Chimarro, 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 (Bachelor's thesis). Obtenido el 22 de septiembre de 2023. Recuperado a partir de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5073/1/UPS-YT00104.pdf>
- Campoverde, G. V. (2014). Evaluación *in vitro* de la capacidad antagonica de *Trichoderma spp.* frente a *Fusarium sp.* *Alternaria sp.* y *Phytophthora sp.* para obtener el grado de maestría, universidad zamorano honduras. Repositorio institucional. Recuperado a partir de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/4156e4a4-c6f5-4812-83dc-080f848bb8eb/content>
- Ceiro Catasú, W. G., Vega González, Y., Taco-Sánchez, M. E., Gaibor Fernández, R. R., & Sosa Sánchez, O. (2021). Antagonismo de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* sobre aislados de *Fusarium spp.* procedentes de *Nicotiana tabacum*. Recuperado a partir de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/36797>
- Chil Núñez, I., Molina Bertrán, S., Ortiz Zamora, L., Dutok, C. M. S., & Souto, R. N. P. (2019). Estado del Arte de la especie *Persea americana* Mill (aguacate). *Amazonia Investiga*, 8(21), 73-86. Recuperado a partir de <https://www.amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/49/30>
- Companioni González, B., Domínguez Arizmendi, G., & García Velasco, R. (2019). *Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Biotecnología Vegetal*, 19(4), 237-248. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2074-86472019000400237
- Coyotl Pérez, W. A. (2022). Generación y evaluación de materiales impregnados con aceites esenciales para el control de hongos fitopatógenos presentes en frutos de aguacate Hass (*Persea americana* cv. Hass) (Master's thesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla). Recuperado a partir de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/d1d38bac-b9e6-4fdc-82e7-2095adf957e8/content>
- Daugovish, O.; Smith, R.; Cahn, M; Koike, S; Smith, H.; Aguiar, J.; et al. (2008) Producción de apio en California. Recuperado a partir de <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/7220.pdf>
- De Costa, DM y Erabadupitiya, HRUT (2005). Un método integrado para el control de enfermedades poscosecha del banano utilizando un miembro del complejo *Burkholderia cepacia*. *Biología y Tecnología Poscosecha*, 36 (1), 31-39

- Di Masi, S. N., Aguirre, M. R. A., Carbajo Romero, M. S., Carrizo, B. N., Peralta, C. O., Lombardo, E. P., ... & Mitidieri, M. S. (2022). *Plagas y enfermedades en los cultivos cítricos*. INTA. PROCADIS: FONTAGRO. Recuperado a partir de: https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/MODULO_2.pdf
- Dongzhen, F., Xilin, L., Xiaorong, C., Wenwu, Y., Yunlu, H., Yi, C., y Chunsheng, G. (2020). Genotipos complejos de especies de *Fusarium* y especies de *Fusarium oxysporum* asociados con el marchitamiento del ñame en el centro sur de China. *Fronteras en microbiología* 11, 1964. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2020.01964/full>
- Druzhinina, I. S., Kopchinskiy, A. G., Komoń, M., Bissett, J., Szakacs, G., & Kubicek, C. P. (2005). An oligonucleotide barcode for species identification in *Trichoderma* and *Hypocrea*. *Fungal Genetics and Biology: FG & B*, 42(10), 813- 828. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2005.06.007>
- Eraso Insuasty, C., Acosta Rodríguez, J., Salazar González, C., y Betancourth García, C. (2014). Evaluación de cepas de *Trichoderma spp.* para el manejo del amarillamiento de arveja causado por *Fusarium oxysporum*. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(2), 237-249. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062014000200010&lng=en&tlng=es
- Escobedo Salas, M. (2016). Antagonismo *in vitro* de hongos entomopatógenos en *Phytophthora cinnamomi* Rands y *Alternaria alternata* (Fr.: Fr.) (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma Chapingo). Recuperado a partir de <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/2cefd01-9831-4159-9812-c45337852e46/content>
- Ezziyyani, M., Sánchez, C. P., Ahmed, A. S., Requena, M. E., & Castillo, M. E. C. (2004). *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). In *Anales de biología* (No. 26, pp. 35-45). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/30441/29631>
- Flores Lema, V. M. (2015). Determinación del efecto antagónico de cepas nativas de *Trichoderma spp.* frente a *Mycosphaerella fijiensis* en plantas de banano a nivel de invernadero (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado a partir de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4065/1/236T0127%20UDCTFC.pdf>
- Fokkema, Nueva Jersey (1978). Antagonismos fúngicos en la filosfera. *Anales de biología aplicada*, 89 (1), 115-119. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.17447348.1978.tb02582.x>
- García Velasco, R., Alonso Baena, A., Domínguez Arismendi, G., Aguilar Medel, S., Mora Herrera, M. E., & Companioni González, B. (2021). Antagonismo *in vitro* de cepas nativas de *Trichoderma spp.* contra *Verticillium dahliae* y *Botrytis cinerea* en el Estado de México. *Agronomía Tropical*, 71, 1-13. <http://publicaciones.inia.gob.ve/index.php/agronomiatropical/article/view/655>

- García, G. E. P., Velásquez, J. K. C., & Domínguez, L. D. M. M. (2022). Identificación Genética y Resistencia al Patógeno Asociado a la Marchitez del Aguacate (*Persea americana* Mill) en Localidades de Guatemala. *Revista Ingeniería y Ciencia*, 2.
- Garrido Rondoy, M., y Vilela Severino, N. (2019). 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. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 199-206. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7017357.pdf>
- Granados Montero, M., Zúñiga Castañeda, M., Chaverri Echandi, P., Escudero-Leyva, E., & Mardones Hidalgo, M. (2022). Patogenicidad de hongos asociados a plantas de fresa (*Fragaria ananassa*) y descripción ultra estructural del patosistema. *Agronomía Costarricense*, 46(2), 9-28. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242022000200009
- Granados Cuayla, E. R., & Cama Curasi, J. V. (2014). Aislamiento e identificación de phytophthora cinnamomi rands en el cultivo de palto variedad Hass y Fuerte para mejorar su productividad en la región Moquegua.
- Guédez, C., Cañizalez, L., Castillo, C., & Olivar, R. (2012). Evaluación *in vitro* de aislamientos de *Trichoderma harzianum* para el control de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum* en plantas de tomate. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 32(1), 44-49. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1315-25562012000100009&script=sci_abstract&lng=e
- Guilcapi-Pacheco, E. D. G. (2009). “efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, en la producción de plantas de café (coffea arábica) variedad caturra a nivel de. 95
- Hardham, A. R. (2005). *Phytophthora cinnamomi*. *Molecular plant pathology*, 6(6), 589-604. Recuperado a partir de <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1364-3703.2005.00308.x>
- Hernández Pérez, A., Cerna Chávez, E., Delgado Ortiz, J. C., Beltrán Beache, M., Hernández Bautista, O., Tapia Vargas, L. M., & Ochoa Fuentes, Y. M. (2018). Primer reporte de *Mortierella elongata* como patógeno del cultivo del aguacate en Michoacán, México. *Scientia fungorum*, 48, 95-98.
- Ikechi Nwogu, CG y Elenwo, EN (2012). Evaluación comparativa de medios de crecimiento para el cultivo de cultivos de hongos. *J Plant Pathol Microbiol*, 3 (06). Recuperado a partir de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/comparative-evaluation-of-growth-media-for-the-cultivation-of-fungal-cultures.pdf>.
- 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. Recuperado a partir de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S101027522009000100002&script=sci_arttext
- Islachin Huacre, E. (2022). Expresión antagónica *in vitro* de *Trichoderma*

- harzianum* y *T. viride* ante hongos fitopatógenos aislados de *Chenopodium quinoa* Willd. Ayacucho. Recuperado a partir de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/5842/1/TESIS%20B938_Isl.pdf
- Jaramillo, G. V. (2014). *Evaluación in vitro de la capacidad antagónica de Trichoderma spp. frente a Fusarium sp., Alternaria sp. y Phytophthora sp* (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2014).
- Jaklitsch, WM y Voglmayr, H. (2014). Nuevas combinaciones en *Trichoderma* (*Hypocreaceae*, *Hypocreales*). *Micotaxón*, 126 (1), 143-156. Recuperado a partir de <https://www.ingentaconnect.com/content/mtax/mt/2013/00000126/00000001/art00020>.
- Jesús Díaz-Aguilar, R., Gallegos-Morales, G., Hernández-Castillo, F. D., Espinoza-Ahumada, C. A., & Velarde-Felix, S. (2022). Primer reporte de *Mortierella* sp. en el cultivo de Chile en Tamaulipas, México. *Scientia Fungorum*, 53, e1412-e1412. Mendoza, J., Perez, M., Prieto, J., & Langerica, H. (2015). Antibiosis de cepas de *Trichoderma spp* nativas del noreste de México contra el hongo patógeno *Macrophomina Phaseolina*—PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26691467/>
- Jiménez, R. P., Bonilla, T. Z., & CJ, L. H. (2003). Podredumbres radiculares del Aguacate en el Sur de España: Revisión y Estado Actual de la Investigación. In *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)* (pp. 531-536). http://avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p531.pdf
- Lara Chávez, B. N. (2008). Variabilidad fenotípica y patogénica de *Phytophthora cinnamomi* Rands en la franja aguacatera de Michoacán, México. Universidad Autónoma de Nayarit (Tesis doctoral).
- Llicahua-Cusi, D. V. L. (2018). "Aislamiento y Efecto Antagonista *in vitro* de *Trichoderma spp.* Frente a *Fusarium sp.* del cultivo de cebolla de los distritos de Santa Rita de Siguan y de Tiabaya— Arequipa-2018". 99.
- López Herrera, C. J., Pérez Jiménez, R., Llobel, A., Monte Vázquez, E., & Zea Bonilla, T. (1999). Estudios *in vivo* de *Trichoderma* como agente de biocontrol contra *Phytophthora cinnamomi* y *Rosellinia necatrix* en aguacate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 261-265. http://www.avocadosource.com/wac4/wac4_p261.pdf
- López, A. C. (2021). Selección y caracterización de microorganismos con capacidad antifúngica y fertilizante aislados de la rizosfera de plantas de yerba mate de la provincia de Misiones para su aplicación como promotores del crecimiento vegetal (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). Recuperado a partir de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/119072/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López, C. G., & González, P. A. G. (2004). Selección de cepas nativas de *Trichoderma spp.* con actividad antagónica sobre *Phytophthora capsici* Leonian y promotoras de crecimiento en el cultivo de chile (*Capsicum*

- annuum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22(1), 117-124. Recuperado a partir de <https://www.redalyc.org/pdf/612/61222115.pdf>
- Ma, L. J., Geiser, D. M., Proctor, R. H., Rooney, A. P., O'Donnell, K., Trail, F., & Kazan, K. (2013). *Fusarium* pathogenomics. *Annual review of microbiology*, 67, 399-416. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-micro-092412-155650>
- Mares-Ponce de León, Y., Muñoz-Castellanos, L. N., Ruiz-Cisneros, M. F., Pérez-Corral, D. A., Ornelas-Paz, J. D. J., Acosta-Muñiz, C. H. & Rios-Velasco, C. (2018). Identificación morfológica y molecular de especies de *Mortierella* asociados a rizosfera de manzanos con síntomas de enfermedades radicales. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(1), 184-195. <https://www.redalyc.org/journal/612/61258143012/html/>
- Mariscal Amaro, L. A., Rivera Yerena, A., Dávalos González, P. A., & Ávila Martínez, D. (2017). Situación actual de hongos asociados a la secadera de la fresa (*Fragaria ananassa* duch.) en Guanajuato, México. *Agrociencia*, 51(6), 673-681. Recuperado a partir de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952017000600673&script=sci_arttext
- Martínez Bolaños, A. M. (2012). Evaluación y selección de cepas de *Trichoderma* sp. para control biológico de *Fusarium* sp. en maracuyá (*Passiflora edulis*, variedad. flavicarpa), en condiciones *in vitro* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica). Recuperado a partir de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3069/3/BQ.35.pdf>
- 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. Recuperado el 22 de septiembre de 2023. Obtenido de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s1010-27522013000100001&script=sci_arttext
- Mejía Ramírez, E. (2015). Aislamiento e identificación de *Fusarium* spp. en cebolla y de bacterias antagónicas para su control. Recuperado a partir de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/16469/Tesis%20Mej%C3%ADa%20Ram%C3%ADrez%20Eduardo.pdf?sequence=3>
- Méndez Úbeda, J. M., Hernández, M. F., & Páramo Aguilera, L. A. (2017). Aislamiento e identificación de *Bacillus subtilis* y evaluación del antagonismo *in vitro* frente hongos fitopatógenos. *Nexo*, 30(2), 96-110. Recuperado a partir de <https://revistasnicaragua.cnu.edu.ni/index.php/nexo/article/view/4734>
- 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. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-35842019000200032&script=sci_arttext
- Michel-Aceves, A. C., Hernández-Morales, J., Toledo-Aguilar, R., Sabino López, J. E., & Romero-Rosales, T. (2019). Capacidad antagónica de *Trichoderma*

- spp. nativa contra *Phytophthora parasitica* y *Fusarium oxysporum* aislados de cultivos de jamaica. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(3), 235-241. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v42n3/0187-7380-rfm-42-03-00235.pdf>
- Morales T. EM, Lino N. MD, Ortega R. E, Castellanos S. PL. Evaluación de la capacidad antagónica *in vitro* de cepas de *Trichoderma spp* frente a *Phytophthora cinnamomi*, fitopatógeno de *Persea americana* (Palta). Ciencia e investigación [Internet]. 31 de agosto de 2020 [citado 26 de julio de 2023]; 23(1):65-70. Recuperado a partir de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/18754>
- Montes Guzmán, H. S. (2021). El Espacio Arquitectónico como Condicionante, en la Oferta de la Palta, Luricocha–Huanta–Ayacucho.
- Narváez Zambrano, C. A., & Zambrano Pineda, M. R. (2006). Reacción de diferentes materiales de lulo (*solanum quitoense*) al ataque de *Fusarium oxysporum*. Recuperado a partir de <https://sired.udenar.edu.co/5765/1/67569.pdf>
- Navarrete Ramos, R. S. P, & Tello Gonzales, X. B. (2021). Efecto antagónico *in vitro* de *Trichoderma sp.* y *Pseudomonas sp.* Frente a *Lasiodiplodia sp.*, Ica, agosto 2017 - enero 2018. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Recuperado a partir de <https://hdl.handle.net/20.500.13028/3419>
- Oviedo Quirós, J. J., Risco Mendoza, A., Cadenas Giraldo, C. A., Soto Heredia, J. M., & Mattos Calderón, L. L. (2023). Primer reporte del oomycete *globisporangium splendens* causando pudrición de raíces en chirimoya (*annona cherimola* mill.) en Perú. In *Anales Científicos* (Vol. 84, No. 2, pp. 126-137). Recuperado a partir de <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1878>
- Palmucci, H. E. (2015). Caracterización de especies fitopatógenas de *Pythium* y *Phytophthora* (Peronospromycetes) en cultivos ornamentales del cinturón verde La Plata-Buenos Aires y otras áreas y cultivos de interés (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). Recuperado a partir de <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52651>
- Palomino Palomino, E. (2013). Análisis de los sistemas productivos y de comercialización del cultivo de palto (*Persea americana*) en el valle de Luricocha Distrito de Luricocha-Huanta-Ayacucho. Recuperado a partir de <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/136>
- Peng, Y., Li, S. J., Yan, J., Tang, Y., Cheng, J. P., Gao, A. J., & Xu, B. L. (2021). Avances en la investigación sobre hongos fitopatógenos y su papel como agentes de biocontrol. *Fronteras en Microbiología*, 12, 670135. <https://www.readcube.com/articles/10.3389/fmicb.2021.670135>
- Pérez Álvarez, S., Ávila Quezada, G., & Coto Arbelo, O. (2015). El aguacatero (*Persea americana* Mill). *Cultivos tropicales*, 36(2), 111–123. Recuperado a partir de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S025859362015000200016&script=sci_arttext&tlng=pt
- Pérez, A., Cubera, E., Moreno, G., Solla, A., & SEC, F. (2009). Evaluación de las Inyecciones de Fosfonato Potásico en un Foco de Seca de Extremadura.

- In *Comunicación 5 Congreso Forestal Español* (pp. 1-13). Valladolid: Junta de Castilla y León. Recuperado a partir de http://seforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/17147/16982
- Pérez, R., González, T., & Muñoz, J. (2014). Antagonismo microbiano asociado a cepas bacterianas provenientes de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) y maíz (*Zea Mays*). *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(3), 53-60. Recuperado a partir de <http://www.reibci.org/publicados/2014/agosto/3300118.pdf>
- Proyecto, B. A. (2009). Paltas: ficha de requisitos técnicos de acceso al mercado de EE. UU.
- Quevedo, A. C., Muniz, M. F. B., Savian, L. G., Sarzi, J. S., & Saldanha, M. A. (2023). accion antagonista *in vitro* de *Trichoderma spp.* sobre *Fusarium oxysporum*. *Ciência Florestal*, 32, 2288-2303.
- Ramírez Olier, J., Trujillo Salazar, J., Osorio Echeverri, V., Jaramillo Ciro, M., & Botero Botero, L. (2019). Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma asperellum* contra *Colletotrichum gloeosporioides*, *Curvularia lunata* y *Fusarium oxysporum*. *Revista UIS Ingenierías*, 18(2), 159-165. Recuperado a partir de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/8954/9182>
- Ramírez, H. G., Ramírez, W. S., Cantoral, B. M. T., & Torres, E. (2013). Manual de producción y uso de hongos antagonistas. Recuperado a partir de <https://www.senasa.gob.pe/senasa/wp-content/uploads/2017/09/Manual-de-Producci%C3%83%C2%B3n-y-Uso-de-Hongos-Antagonistas.pdf>
- Ramírez-Gil, J. G., Castañeda-Sánchez, D. A., & Morales-Osorio, J. G. (2017). Producción de árboles de aguacate infectados con *Phytophthora cinnamomi* bajo diferentes regímenes de manejo. *Patología vegetal*, 66(4), 623–632. Recuperado a partir de <https://doi.org/10.1111/ppa.12620>
- Rayaroth, A. C., Tomar, R. S., & Mishra, R. K. (2017). Arachidonic acid synthesis in *Mortierella alpina*: Origin, evolution and advancements. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 87(4), 1053-1066.
- Revelo, J. (1991). El hongo *Fusarium oxysporum*. Recuperado a partir de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/99/1/iniapsc313.pdf>
- Ribeiro, RA y Lovato, MB (2007). Análisis comparativo de diferentes protocolos de extracción de ADN en ejemplares frescos y de herbario del género *Dalbergia*. *Gineta. Mol. Res*, 6 (1), 173-187. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17469067/>
- Riofrio, R. G. (2022). Evaluación de *Trichoderma sp.* en control de *Phytophthora sp.*, causante de la enfermedad mazorca negra en cacao, a nivel *in vitro*. tesis de pregrado, universidad tecnica de machacala Mexico. repositorio intitucional. Recuperado a partir de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18484/1/TTUACA-2022-IA-DE00010.pdf>
- Romero-Arenas, O., Huerta Lara, M., Damián Huato, M. A., Domínguez

- Hernández, F., & Arellano Victoria, D. A. (2009). Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. *Revista colombiana de Biotecnología*, 11(2), 143-151.
- Rosas, M. I. (2016). evaluación del efecto antagónico de *Bacillus cereus* y *Bacillus thuringiensis* sobre hongos fitopatógenos". tesis para obtener el título de licenciado en químico farmacobiólogo. Recuperado a partir de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/5f58fee2-3d34-4d10-9105-d390f22dbc43/content>
- Salvatore, M. M., & Andolfi, A. (2021). Hongos fitopatógenos y toxicidad. Toxinas, 13(10), 689. <https://www.mdpi.com/2072-6651/13/10/689>
- Samuels, G. P., Chaverri, D. F., & McCray, E. (2004). Trichoderma Online: Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. (A. U. Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, Productor). Trichoderma Online: Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. <http://taxadescriptions/keys/TrichodermaIndex.cfm>
- Sánchez García, B. M., Espinosa Huerta, E., Villordo Pineda, E., Rodríguez-Guerra, R., & Mora Avilés, M. A. (2017). Identificación molecular y evaluación antagónica *in vitro* de cepas nativas de *Trichoderma spp.* sobre hongos fitopatógenos de raíz en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Montcalm. *Agrociencia*, 51(1), 63-79. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952017000100063&script=sci_arttext
- Sánchez Gómez, I. E. (2016). Caracterización del agente causal de la producción radicular del aguacate y *Trichoderma sp.*, como potencial agente de control biológico en Nicaragua (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria). Recuperado a partir de <https://repositorio.una.edu.ni/3359/>
- Sanchez, A., Barrera, V., Reybet, G., & Sosa, M. C. (2019). Biocontrol con *Trichoderma spp.* de *Fusarium oxysporum* causal del "mal de almácigos" en pre y post emergencia en cebolla. Recuperado a partir de <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/15563>
- Sánchez, K. R. (2023). Eficacia biológica de bioinsumos sobre *Phytophthora cinnamomi* y *Campylocarpon pseudofasciculare*, en condiciones de laboratorio. *Alcances Tecnológicos*, 16(1), 05-22. http://revista.inta.go.cr/index.php/alcances_tecnologicos/article/view/240
- Shao, D., Xu, Y., Zhang, C., Lai, Z., Song, L., Su, J & Ye, W. (2024). Identification and Biological Characteristics of Mortierella alpina Associated with Chinese Flowering Cherry (Cerasus serrulata) Leaf Blight in China. *Journal of Fungi*, 10(1), 50.
- Silva Acosta, G. E., & Páez Redondo, A. R. (2021). Antagonismo *in vitro* de nueve hongos aislados del Caribe colombiano sobre *Phytophthora sp.* asociado a palma aceitera. *Ingeniería y Desarrollo*, 39(2), 205-220. Recuperado a partir de <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v39n2/2145-9371-inde-39-02-205.pdf>
- Soto Plancarte, A., Rodríguez Alvarado, G., Fernández Pavía, Y. L., Pedraza Santos, M. E., López Pérez, L., Díaz Celaya, M., & Fernández Pavía, S. P.

- (2017). Protocolos de aislamiento y diagnóstico de *Phytophthora spp.* enfoque aplicado a la investigación. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(8), 1867-1880. Recuperado a partir de <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n8/2007-0934-remexca-8-08-1867-en.pdf>
- Stocco, M. C. (2014). Control biológico de *Mycosphaerella graminicola*, patógeno del trigo, con cepas de *Trichoderma harzianum* caracterizadas por su morfología, fisiología, actividad enzimática y molecular (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). Recuperado a partir de <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/42904>
- Tapia Paredes, C., & Amaro, J. (2014). Género *Fusarium*. Recuperado a partir de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071610182014000100012&script=sci_arttext
- Tarazona, L. A. (2017). Comparativo de diez variedades de palto (*Persea americana* Mill) sobre patrón mexicano "Topa Topa" a nivel de vivero en Tingo María (Doctoral disertación, Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Recuperado a partir de https://agronomia.unas.edu.pe/sites/default/files/TS_LATV_2017.pdf.
- Teves Anchivilca, P. I., Felix Vasquez, Y., Gonzales Borda, F. F., León Modeneci, G. R., Honorio Quispe, K. L., Llanos Melo, A. K., & Gonzales Miranda, M. D. C. Antagonism of *Trichoderma spp.* from the Peruvian Central Rainforest on *Phytophthora capsici* and Effects on Plant Growth. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/jpagronomy/article/view/1982/2916>
- Tomalo Guanoluisa, M. A. (2015) Caracterización morfológica de hongos fitopatógenos en el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*) en el sector de Salache Barbapampa, Cantón Salcedo, Cotopaxi 2015 [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2509/1/T-UTC-00044.pdf>
- Torres, H. (2002). Manual de las enfermedades más importantes de la papa en el Perú. Centro internacional de la papa. pag. 50.
- Vargas Vera, R. H. (2014). Antagonismo de *Trichoderma koningiopsis* y *Trichoderma harzianum* sobre *Fusarium oxysporum f. sp. Cepae* y *Phoma terrestris in vitro*. Recuperado a partir de <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/a28e6932-aec0-476b-ab8a-cf309ad0731a>
- Velásquez Flores, E. (2017). Actividad antagónica de *Trichoderma harzianum* y *T. viride* sobre *Sclerotinia sclerotiorum* en tres medios de cultivo *in vitro*, Ayacucho. Recuperado a partir de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/2667/1/TESIS%20AG1170_Vel.pdf
- Vergara Huamanñahui, E. (2019). Pudrición radicular (*Phytophthora cinnamomi* rands.) en producción de plantones de palto (*persea americana* mill.) a nivel de viveros frutícolas en la región de Apurímac. Recuperado a partir de <https://repositorio.utea.edu.pe/items/2ffa09f9-edd3-45b8-8873-2fe0e143a5d4>

- Vinchira, D y Moreno, N. (2019). Control biológico: Camino a la agricultura moderna. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(1), 2- 5. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.80860>
- Zamora, R. y Salazar, I. (2019). Importancia de la producción de fresa en el sector agrícola en Zamora, Michoacán [Archivo PDF]. https://realidadeconomica.umich.mx/index_files/importancia_de_la_produccion_de_fresas
- Zapata Guzmán, J. E., Tobón Acevedo, J. D., Patiño Tiria, H. I., Palacios, E. H., Mejía Córdoba, C. A., Marín Zapata, H. D., & Alcaraz Guzmán, E. (2018). El cultivo de aguacate *Persea americana* en el occidente de Antioquia. Complejo tecnológico, turístico y agroindustrial del occidente antioqueño. Primera Edición. Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA. Recuperado a partir de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5243/cultivo_aguacate_persea_americana_occ_antioquia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zapata, J. C., & Leal, J. M. (2018). Manejo integrado de la pudrición de raíces del aguacate (*Persea americana* Miller), causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands. *Temas agrarios*, 23(2), 131-143. Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6638369>

ANEXOS

Anexo 1. Estadística descriptiva de crecimiento radial *in vitro* de hongos fitopatógenos en el enfrentamiento dual.

Variable	Trichoderma	Media	Desv.Est.	Varianza
PICR (%)	T-1-F	40,880	2,723	7,416
	T-1-MA	49,034	2,761	7,623
	T-2-F	39,168	1,524	2,323
	T-2-MA	56,04	3,57	12,73

Anexo 2. Prueba de normalidad (Test de Shapiro Wilk) de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* frente a *Mortierella alpina* y *Fusarium sp.* Ayacucho – 2023.

Prueba de Normalidad – Test de Shapiro Wilk		
Confrontación Dual W p-value		
<i>Trichoderma Harzianum</i> vs <i>Mortierella alpina</i>	0,94383	0,6227
<i>Trichoderma viride</i> vs <i>Mortierella alpina</i>	0,94057	0,5879
<i>Trichoderma Harzianum</i> vs <i>Fusarium sp</i>	0,92602	0,4444
<i>Trichoderma viride</i> vs <i>Fusarium sp</i>	0,92396	0,426

Anexo 3. Estadísticos descriptivos: PICR (%) de *Trichoderma* vs *Mortierella alpina*.

Trichoderma	N	Media	Desv.Est.	Error estándar
				de la media
T_1_MA	9	49,03	2,76	0,92
T_2_MA	9	56,04	3,57	1,2

Anexo 4. Estimación de la diferencia.

Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia
-7,00	3,19	(-10,19; -3,82)

Anexo 5. Prueba.

Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$		
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$		
Valor T	GL	Valor p	
-4,66	16	0,000	

Anexo 6. Estadísticos descriptivos: PICR (%) de *Trichoderma* vs *Fusarium sp.*

Trichoderma	N	Media	Desv.Est.	Error estándar
				de la media
T_1_F	9	40,88	2,72	0,91
T_2_F	9	39,17	1,52	0,51

Anexo 7. Estimación de la diferencia.

Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia
1,71	2,21	(-0,49; 3,92)

Anexo 8. Prueba.

Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor T	GL	Valor p
1,65	16	0,119

Anexo 9. Prueba de análisis de varianza (ANOVA) de dos cepas antagonistas frente a *Mortierella alpina* y *Fusarium sp.* Ayacucho – 2023.

ANOVA					
Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P
Factor	3	1643,0	547,7	72,79	2,2e-14
Error	32	240,8	7,5		
Total	35	1883,8	555,2		

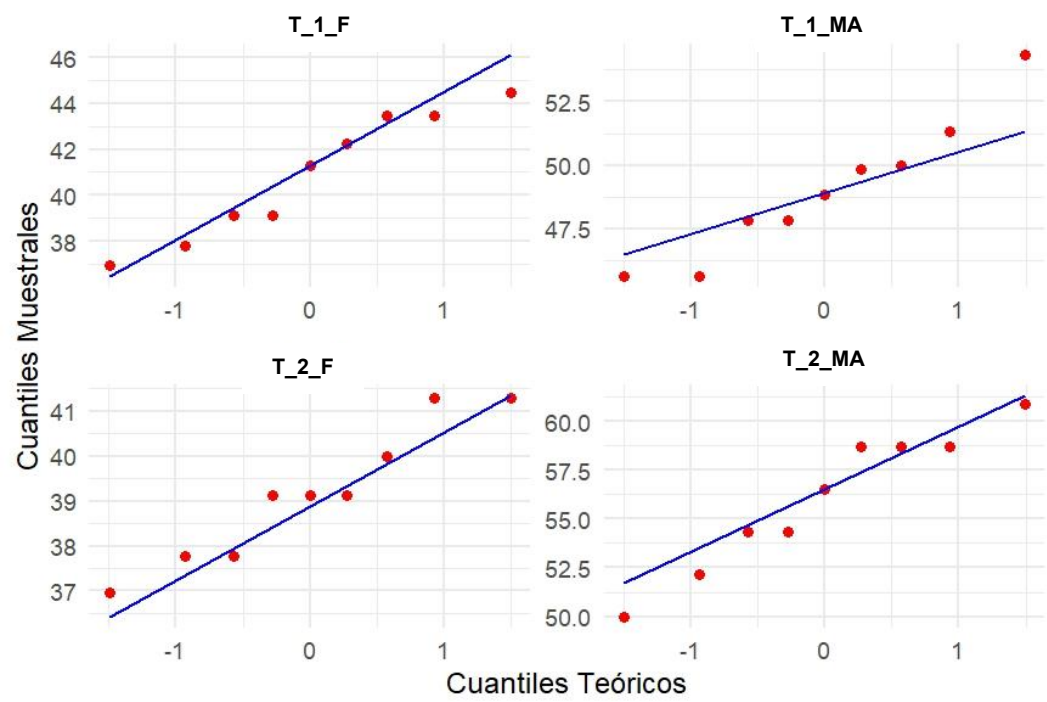
Anexo 10. Prueba de comparación de Duncan de dos cepas antagonistas frente a *Mortierella alpina* y *Fusarium sp.* Ayacucho – 2023.

DUNCAN				
	Diferencia	Valor P	LCL	UCL
T_1_F - T_1_MA	-8,153522	0,0000	-10,7873737	-5,519671
T_1_F - T_2_F	1,712300	0,1948	-0,9215515	4,346151
T_1_F - T_2_MA	-15,158367	0,0000	-17,9266512	-12,390082
T_1_MA - T_2_F	9,865822	0,0000	7,0975377	12,634107
T_1_MA - T_2_MA	-7,004844	0,0000	-9,6386959	-4,370993
T_2_F - T_2_MA	-16,870667	0,0000	-19,7262988	-14,015035

Anexo 11. Prueba de comparación de Duncan de los cuatro tratamientos de enfrentamientos *in vitro* frente a *Mortierella alpina* (MA-1) y *Fusarium sp* (F-1). Ayacucho – 2023.

Factor	N	Media	Agrupación
T_2_MA	3	56,03866	a
T_1_MA	3	49,03381	b
T_1_F	3	40,88029	c
T_2_F	3	39,16799	c

Anexo 12. Gráficos Q-Q por tratamiento.



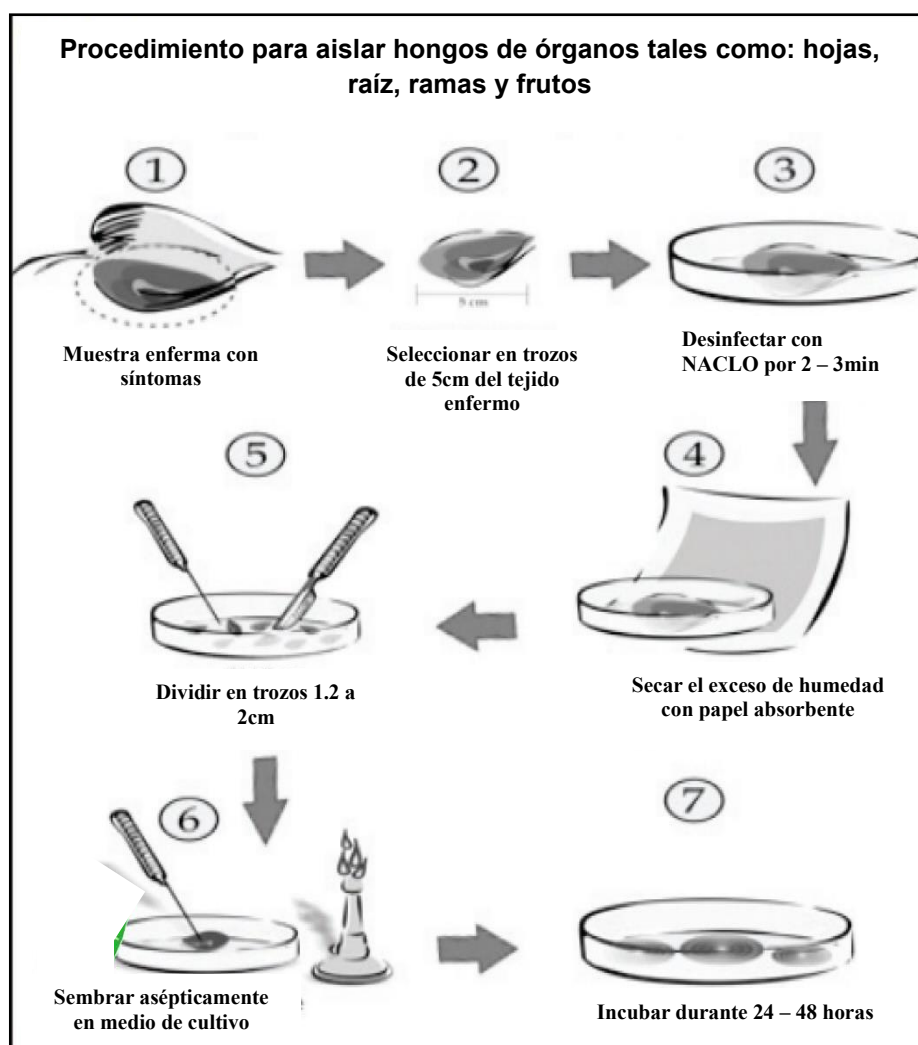
Anexo 13. Toma de muestras de suelo para aislamiento de fitopatógenos con signos y síntomas secundarios de enfermedad en su parte aérea por decaimiento, clorosis, muerte regresiva y marchitez en los distritos de Luricocha e Intay de la provincia de Huanta - Ayacucho – 2023.



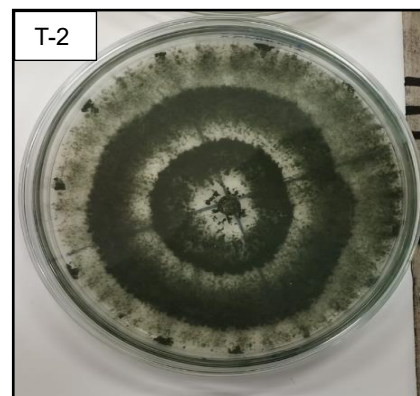
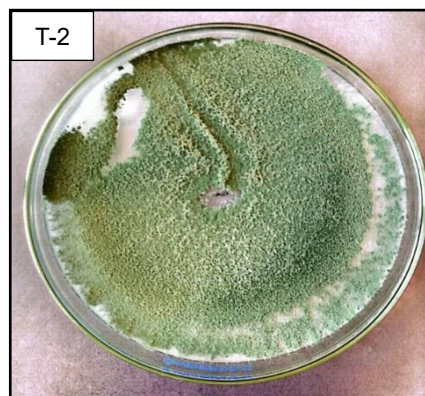
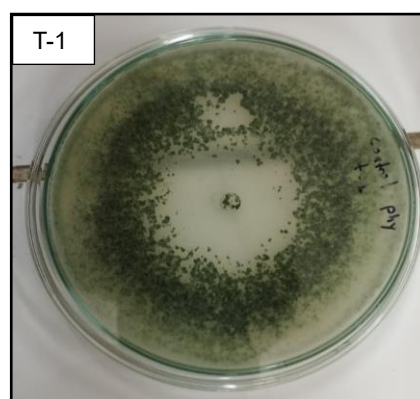
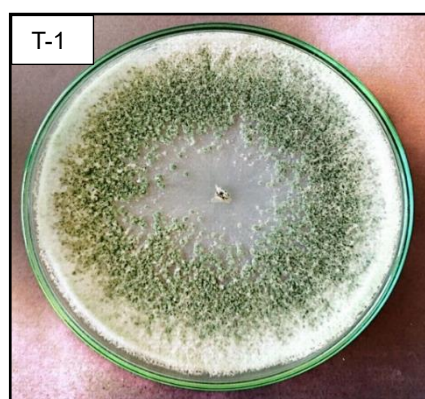
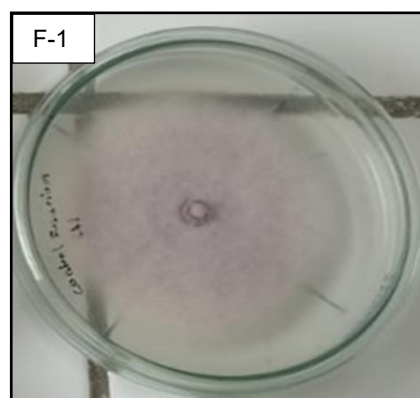
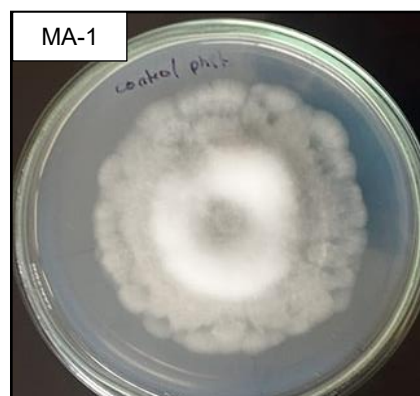
Anexo 14. Procedimiento para aislamiento de *Trichoderma* sp., a partir de muestras de suelos.



Anexo 15. Técnica de aislamiento de hongos fitopatógenos a partir de tejido vegetal con síntomas de enfermedad (Raíz).



Anexo 16. Cultivos de *Mortierella alpina* (MA-1), *Fusarium sp* (F-1), *Trichoderma harzianum* (T-1) y *Trichoderma viride* (T-2) en Agar Papa Dextrosa.



Anexo 17. Resultados de la identificación molecular por la Empresa Genomics Company “UMBRELLA”.



INFORME DE RESULTADOS N° 0024-2024

Investigador	Blgo. Richard Quispe		
Institución	Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga		
Muestra	1 Cultivo aislado de hongos	Tipo de Servicio	Aproximación Taxonómica ITS
Fecha de recepción	15/08/2024	Fecha de resultados	13/09/2024
Código de Muestras	1		

I. ANALISIS

Aproximación taxonómica ITS

II. METODOLOGIA

Se realizó según los procedimientos: **LAB N°002-2024**: “Procedimiento de aproximación taxonómica de hongos mediante Gen ITS”

III. RESULTADOS

3.1. Revelado de gel de electroforesis (Gen ITS)

El revelado del ADN se realizó mediante electroforesis en agarosa al 1,5 % utilizando Buffer TAE.

Luis Alberto Saucedo Mejía
Lic. en Biología
C.B.P. 16195

Anexo 18. Análisis de secuenciación genómica de Sanger Cromatograma de la cepa PH-1c, realizada con el programa Medaka para corrección de Bases. Ayacucho – 2024.



3.2. Análisis por BLAST de las secuencias

a) Código: PH_1c

- Secuencia concenso

GATATGCTTAAGTTCAGCGGGTAGTCTTACTTGATTTGAGATCGAGTTTACAAAGTGCCGAAGCT
GTCTCTGTGAATCCTGCATCAGTCAGCACAAAGAACTAGTCTCCTTTATTTAGCTGCAGCAAAGGT
AATAATCTGTTTTTTAGGCAGACTAAATAGATATGCTTATAGCTCAGAGAAAAGTTTCAGCTGCAC
CTGCATTTCAAGCAACCCGCCACTTTCTTGAAAGCGTTGGGATCACTCAAGTCCAGCTCCAAT
TTCAAAAAAGAAAAAGGAGTTGAGTTACTGATACTCAAACAAGCATGCTCTCCGGAATACCAGA
GAGCGCAATATGCGTTCAATTCGATGATTCACTGAATTCTGCAATTCACATTACGTATCGCATTTTC
GCTGCGTTCTTCATCGATGCGAGAGCCAAGAGATCCGTTGTTGAAAGTTGTATTTTGAATTAAGT
TATCATAATATGTTTCAGACAAAATCACTAAAGTTCTGAGTAGATATAAATCCCAAAGGTTGGCCG
CCGATTTTTTACAGCCGTGACCTTCCAGTGAGATGACATTGCACACAAGGTGGATATGGATTTTT
TAAAGTGCCATAAAAAACACTTGATTATGAATGATCCTTCCGCAG

- Análisis BLAST

	Descripción	Nombre científico	Puntuación máxima	Puntuación total	Consulta de portada	Valor E	Por Identidad	Acc. Len	Adhesión
☒	Secuencia de ADN genómico de hongo no cultivado que contiene el gen ARNr 18S ITS1 el gen AR...	hongo no cultiv...	1181	1181	100%	0.0	99.84%	706	FN397313.1
☒	La secuencia de ADN genómico de Mortierella alpina contiene el gen ARNr 18S ITS1 el gen ARNr 5...	Mortierella alpina	1175	1175	100%	0.0	99.69%	673	OU989405.1
☒	Gen ARNr 18S parcial de Mortierella no cultivado ITS1 gen ARNr 5.8S ITS2 y gen ARNr 28S parci...	Mortierella sin c...	1175	1175	100%	0.0	99.69%	665	FN812729.1
☒	Secuencia de ADN genómico de hongo no cultivado que contiene el gen ARNr 18S ITS1 el gen AR...	hongo no cultiv...	1175	1175	100%	0.0	99.69%	706	FN397314.1
☒	Secuencia de ADN genómico de hongo no cultivado que contiene el gen ARNr 18S ITS1 el gen AR...	hongo no cultiv...	1175	1175	100%	0.0	99.69%	706	FN397316.1
☒	Aislado de Mortierella alpina MIWO_22_28 espaciador transcrito interno 1 secuencia parcial gen d...	Mortierella alpina	1175	1175	100%	0.0	99.69%	1028	OQ726135.1
☒	ARNr 18S de Mortierellales no cultivado ITS1 ARNr 5.8S ITS2 y ARNr 28S clon 2B12	Mortierellales si...	1175	1175	100%	0.0	99.69%	705	FN689675.1
☒	Aislado de Mortierella alpina DSM100289_DF19_RLCS11 gen de ARN ribosómico de subunidad pe...	Mortierella alpina	1175	1175	100%	0.0	99.69%	1425	MT453274.1
☒	Zigomiceto no cultivado 18S rRNA ITS1 5.8S rRNA ITS2 y 28S rRNA clon 1B6	zigomiceto no c...	1175	1175	100%	0.0	99.69%	705	FN689671.1
☒	ADN genómico de Mortierella no cultivado que contiene el gen ARNr 18S ITS1 el gen ARNr 5.8S J...	Mortierella sin c...	1175	1175	100%	0.0	99.69%	934	HG936566.1

- Link de BLAST

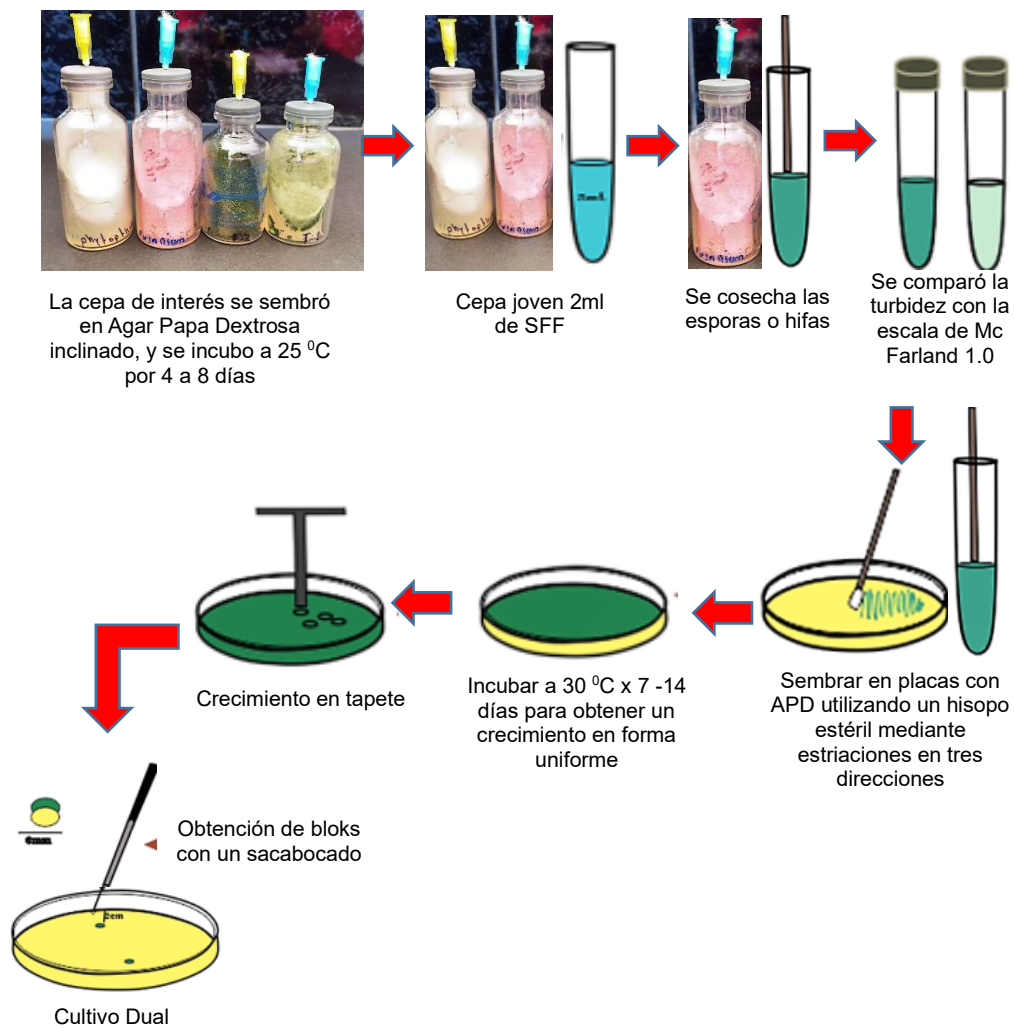
<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?CMD=Get&RID=C3>

3.3. Datos de secuenciamiento:

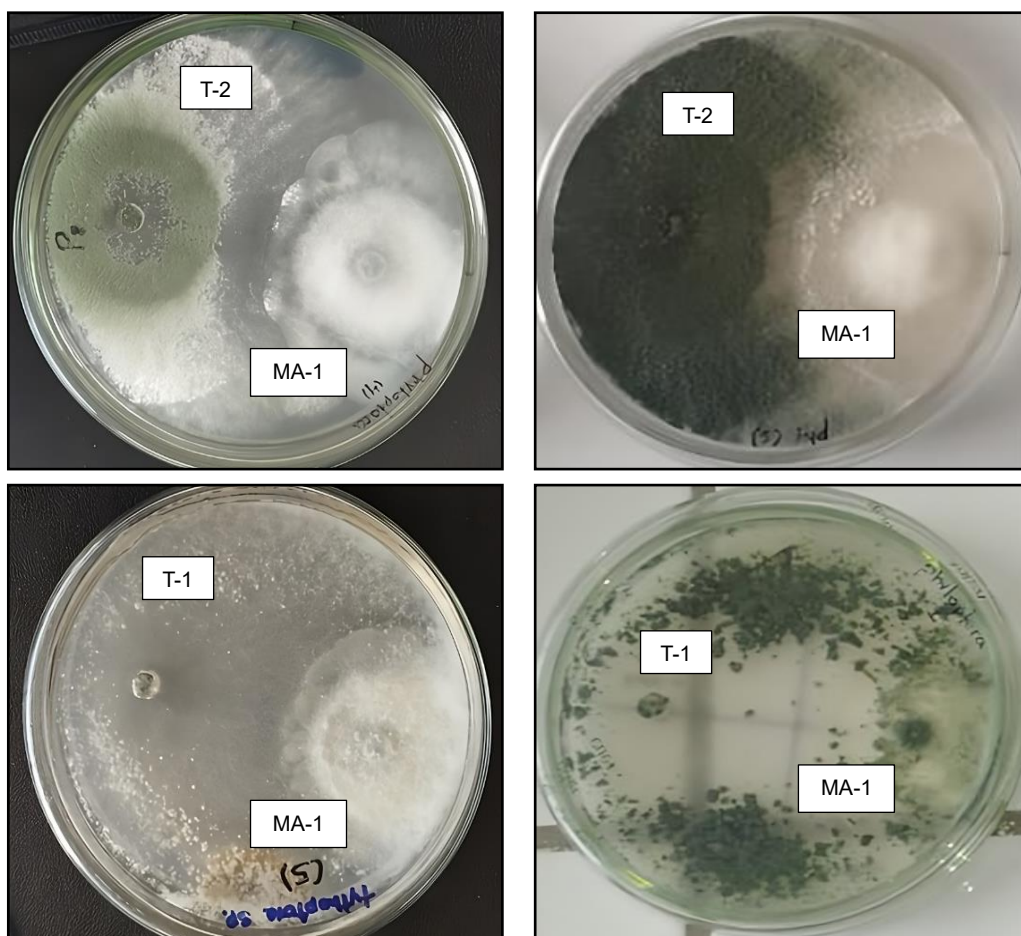


Emilio Althaus 576, Lince // proyectos@ugenomics.pe // 925 708 785 // www.ugenomics.pe

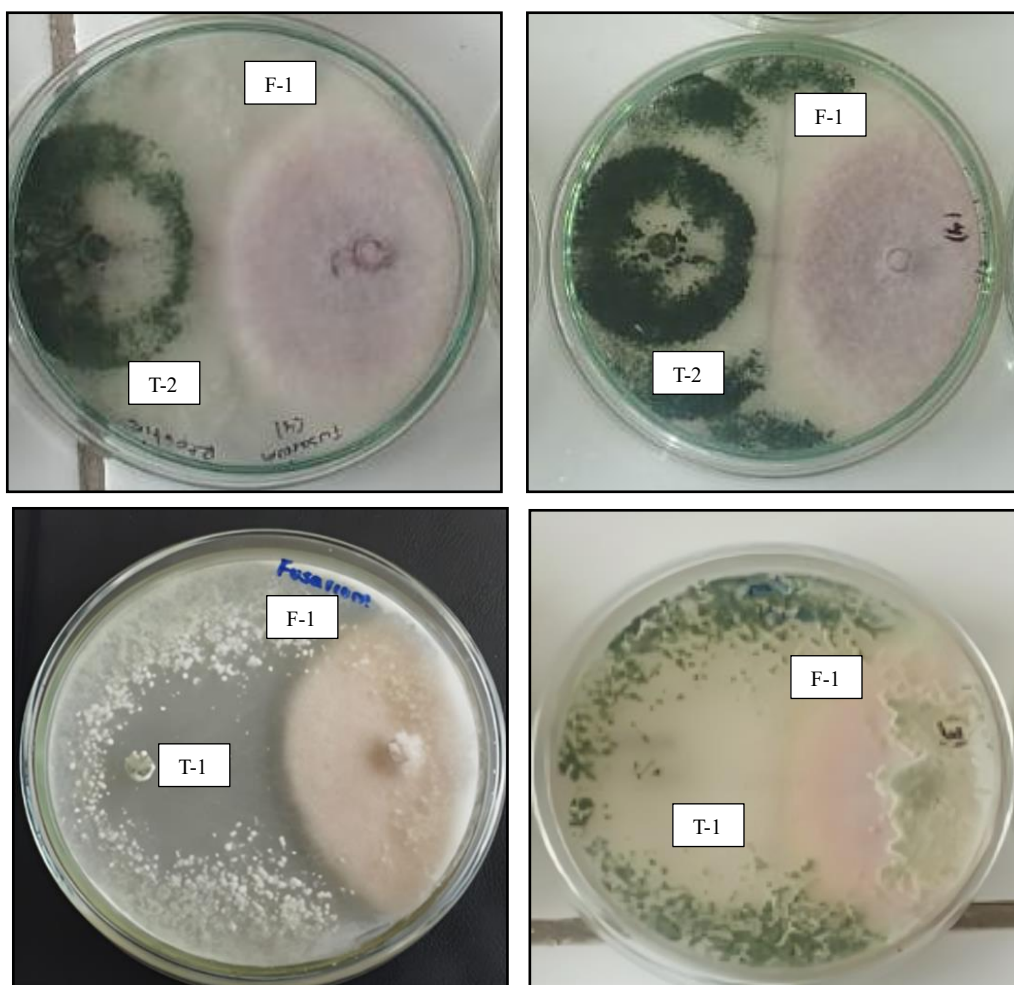
Anexo 19. Procedimiento para la obtención de cultivo en tapete y Bloks de gelosa.



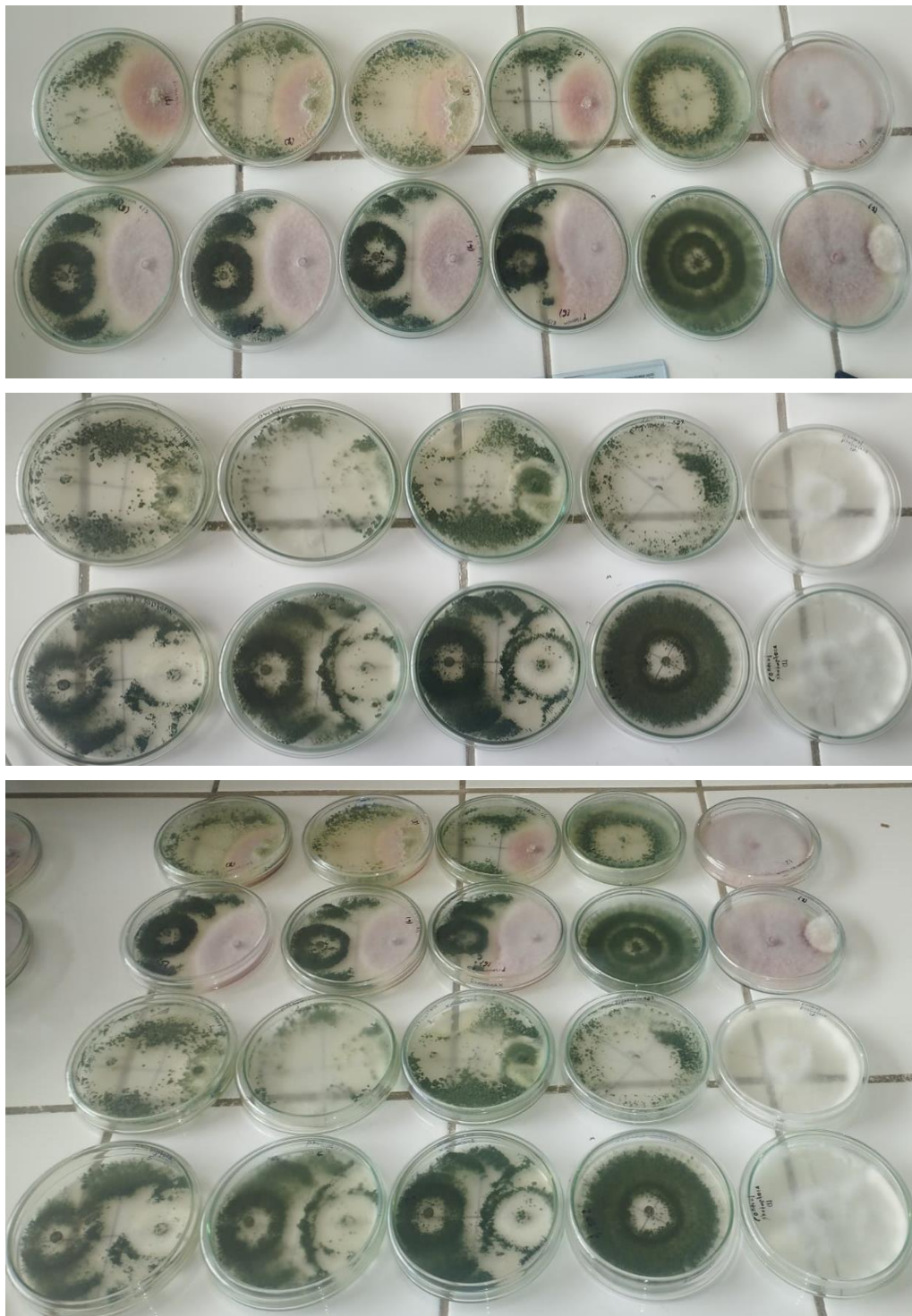
Anexo 20. Enfrentamiento *in vitro* de los antagonistas frente a los fitopatógenos. *Trichoderma harzianum* (T-1) y *Trichoderma viride* (T-2) frente a *Mortierella alpina* (MA-1).



Anexo 21. Enfrentamiento *in vitro* de los antagonistas frente a los fitopatógenos. *Trichoderma harzianum* (T-1) y *Trichoderma viride* (T-2) frente a *Fusarium* sp (F-1).

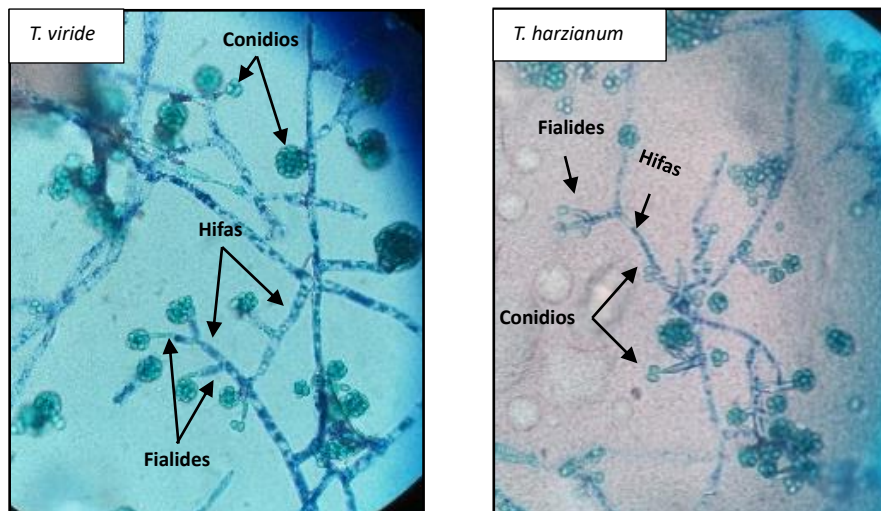


Anexo 22. Enfrentamiento in vitro de los antagonistas frente a los fitopatógenos. *Trichoderma harzianum* (T-1) y *Trichoderma viride* (T-2) frente a *Fusarium* sp (F-1) y *Mortierella alpina* (MA-1) a los 8 días de enfrentamiento.

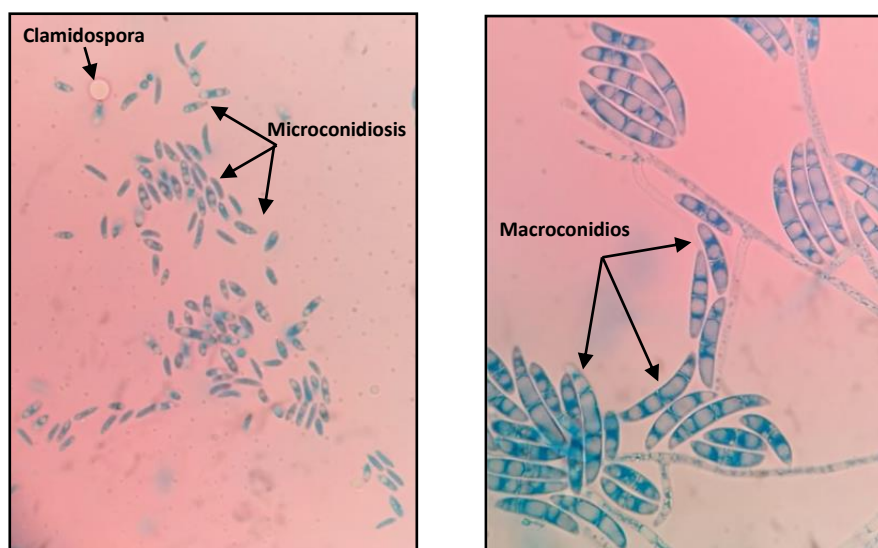


Anexo 23. Micrografía de estructuras fungosas del control de los antagonistas y fitopatógenos.

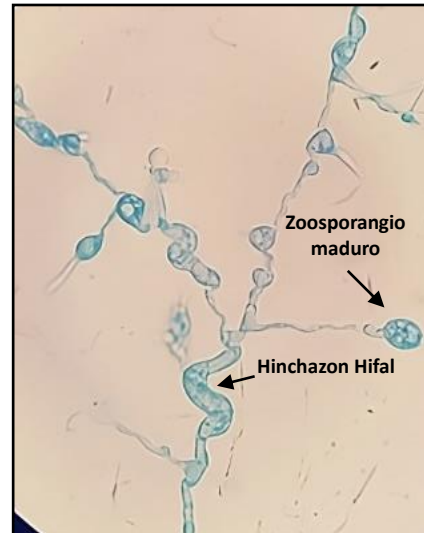
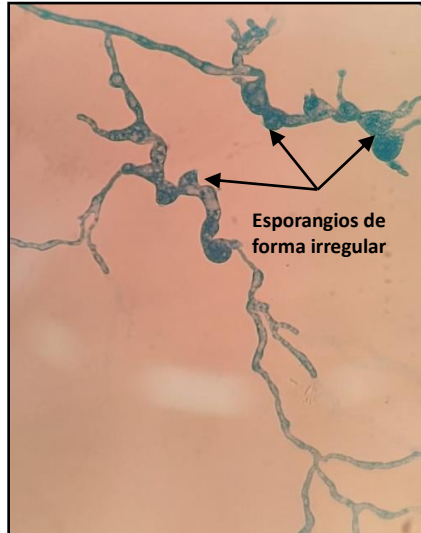
a) Hifas, fiálides y conidios de *Trichoderma viride* y *Trichoderma harzianum*.



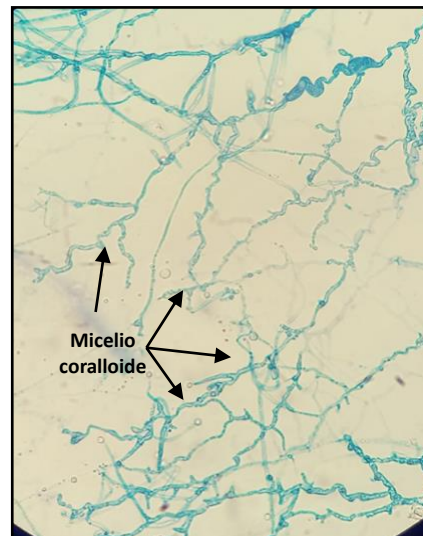
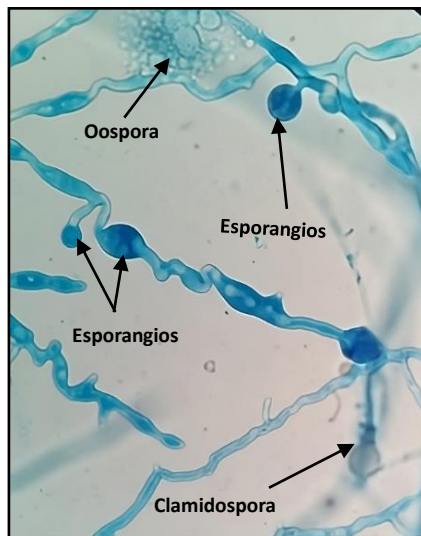
b) Microconidios, macroconidios y clamidosporas de *Fusarium* sp.



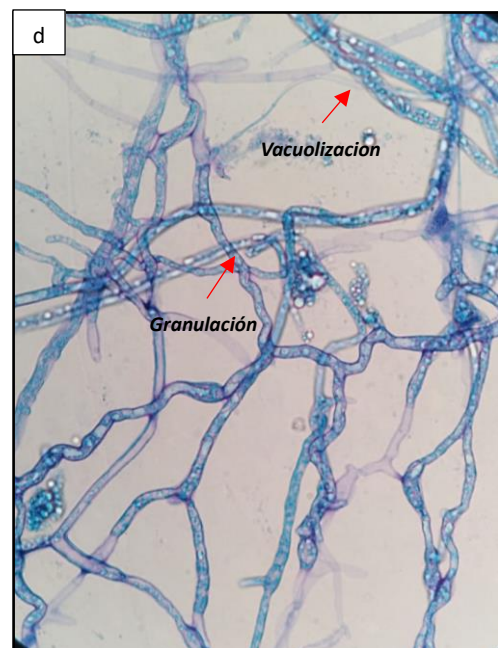
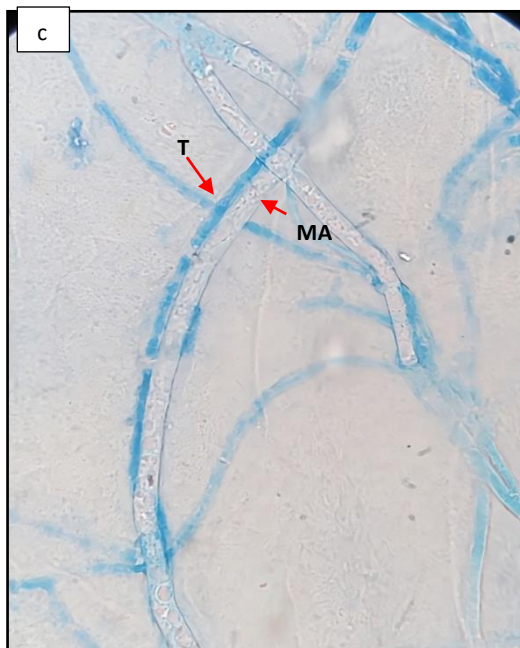
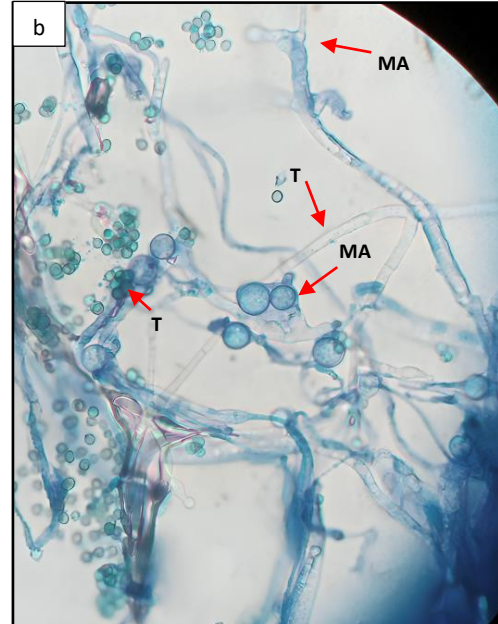
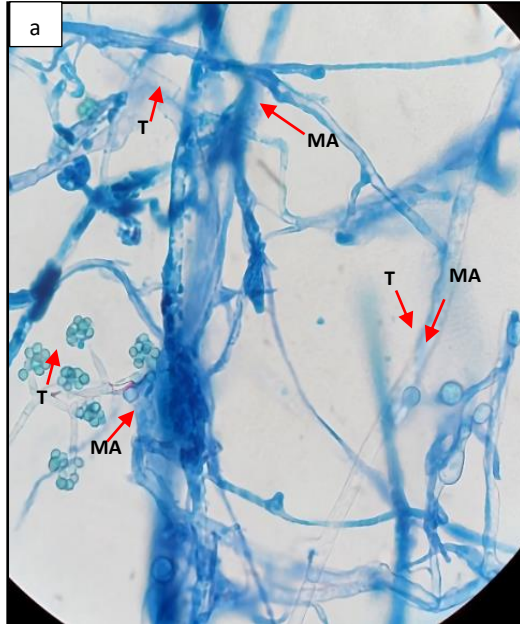
- c) Esporangios de forma irregular, zoosporangio maduro, Hinchazones hifales de *Mortierella alpina*.



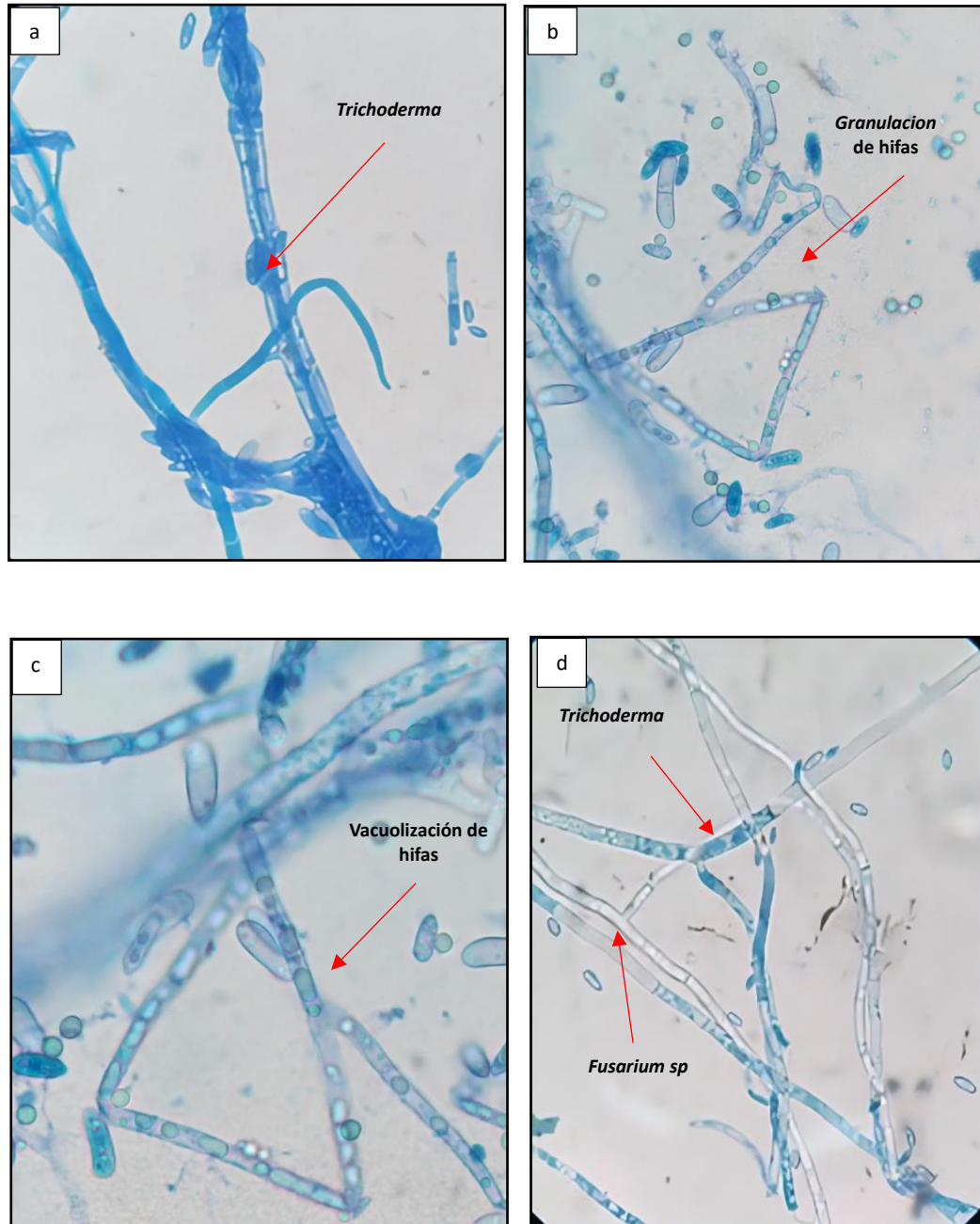
- d) Oospora, esporangio, clamidospora, micelio coralloide de *Mortierella alpina*.



Anexo 24. Observación microscópica del micoparasitismo entre *Trichoderma* spp. y *Mortierella alpina* a) enrollamiento masivo de *Trichoderma* sp. sobre *Mortierella alpina* b) *Trichoderma* sp. rodeando el micelio de *Mortierella alpina* c) adhesión de hifas de *Trichoderma* sp. sobre *Mortierella alpina* d) granulación y vacuolización de *Trichoderma* sp. sobre *Mortierella alpina*.



Anexo 25. Observaciones microscópicas del micoparasitismo entre *Trichoderma* sp. y *Fusarium* sp. a) Penetración de la hifa de *Trichoderma* b) Microfotografía de granulación de hifas de *Fusarium* sp. c) Microfotografía de vacuolización de hifas e interacción con conidios de *Trichoderma* con hifas de *Fusarium* sp. d) adherencia de *Trichoderma* sp. sobre *Fusarium* sp.



Anexo 26. Apoyo técnico en identificación morfológica de ACB.



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

SENASA
PERU

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de Bicentenario de la consolidación de nuestra independencia y de la conmemoración de las heroicas
Batallas de Junín y Ayacucho"

APOYO TÉCNICO EN IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE ACB

Lima, 26 de junio de 2024

ID. AT. 027. 2023

ING. EDGAR GÓMEZ LÍMACO
DIRECTOR DE LA DIRECCIÓN EJECUTIVA AYACUCHO

RECEPCIÓN MUESTRA: 10.04.2024

FECHA DE IDENTIFICACIÓN: 24.05.2024

PROCEDENCIA: Luricocha – Huanta - Ayacucho
COORDENADAS: Longitud -74.2478 , Latitud 12°
56' 24" Sur, Longitud: 74° 14' 52" Oeste
COLECTOR: Quispe Bautista Richard
FECHA DE COLECCIÓN: 12.07.2024
REFERENCIA: FORE N° muestra 050405034-003

Código CCB	Muestra	CULTIVO	Procedencia	Número de placas	Caracterizado por
019	T1 <i>Trichoderma harzianum</i>	Palto	Suelo	01	Blg. Yesika Velarde
020	T2 <i>Trichoderma viride</i>	Palto	Suelo	01	

PROCEDIMIENTO: La muestra recibida se realizó el cultivo monoesporico para caracterización macroscópica, siendo sembradas medio PDA 100 %, PDA 50% y extracto malta agar al 2%.

Para evaluar las características microscópicas se realizó un microcultivo (medio extracto malta agar al 2% y PDA), la muestra fue coloreada con azul de lactofenol y se observó en un microscopio Axiolab 5 – Zeiss, objetivo 63X, con cámara digital Axiocam 208 color. Se realizó en total 30 mediciones de las estructuras (ancho y largo de filíde y conidia).

RESULTADOS:

Muestra

T1 – *T. harzianum*: Las características observadas concuerdan con las características descritas para la sección Harzianum y se aproximan a la especie *Trichoderma harzianum*.

T2 – *T. viride*: Las características observadas concuerdan con las características descritas para la sección Viride y se aproximan a *Trichoderma viride*.

Referencias Bibliográficas:

Siddiquee, S. (2017). Morphology-Based Characterization of *Trichoderma* Species. Practical Handbook of the Biology and Molecular Diversity of *Trichoderma* Species from Tropical Regions, 41–73. doi:10.1007/978-3-319-64946-7_4

Harman, G.E.; Kubicek, C.P. (1998). *Trichoderma* And Gliocladium. Volume 1: Basic Biology, Taxonomy and Genetics (1st ed.). CRC Press. doi:10.1201/9781482295320.

Hebbar, P.; Samuels, G. (2015). *Trichoderma - Identification & Agricultural Application*. The American Phytopathological Society.

RECOMENDACIONES:

Estos resultados no son concluyentes para la identificación de especies del género *Trichoderma* sp. dada la superposición de características entre especies, debido a la plasticidad morfológica que presenta el género, es necesario realizar un ANÁLISIS MOLECULAR para confirmar/completar la identificación.



MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
SUBDIRECCIÓN DE CONTROL BIOLÓGICO

Ing. Edwin Justiniano Aysanoa
Director de la Subdirección de Control Biológico

Director Subdirección de Control Biológico

Av. La Molina 1915-La Molina-Lima
T: (511) 3133300
www.gob.pe/SENASA

Anexo 27. Matriz de consistencia.

Título: Actividad antagónica de *Trichoderma spp.* frente a hongos fitopatógenos aislados de palto (*Persea americana*). Ayacucho, 2023

Problemas	Objetivos	Marco Teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Tendrá actividad antagónica <i>Trichoderma spp.</i> frente a hongos fitopatógenos aislados de palto (<i>Persea americana</i>). Ayacucho, 2023?	Objetivo general Evaluar la actividad antagónica de <i>Trichoderma spp.</i> frente a hongos fitopatógenos aislados de palto (<i>Persea americana</i>) de los distritos de Luricocha e Intay de la Provincia de Huanta. Objetivos específicos - Aislar <i>Mortierella alpina</i>, <i>Fusarium sp.</i>, y <i>Trichoderma sp.</i> de raíces y suelos de cultivos de palto de los distritos de Luricocha e Intay. - Identificar genotípicamente la especie <i>Mortierella alpina</i> y e identificar fenotípicamente <i>Fusarium sp.</i> - Determinar la actividad antagónica de <i>Trichoderma sp.</i> sobre <i>Mortierella alpina</i>. - Determinar la actividad antagónica de <i>Trichoderma sp.</i> sobre <i>Fusarium sp.</i>	2.1. Antecedentes 2.2. marco conceptual Signo Síntoma Antagonismo Microorganismos antagonistas Mecanismos de acción Capacidad antagónica Cepas nativas 2.3. Bases teóricas Descripción de la planta de <i>Persea americana</i> "palta" Clasificación taxonómica de la Palta Importancia económica Enfermedades causadas por bacterias, hongos, nematodos y virus 2.3.2. Biología y taxonomía de <i>Trichoderma</i> Clasificación taxonómica de <i>Trichoderma</i> Características del género <i>Trichoderma</i> Condiciones de crecimiento de <i>Trichoderma</i> Mecanismo de acción antagónica de <i>Trichoderma</i> 2.3.3. Biología y taxonomía de <i>Mortierella alpina</i> Clasificación taxonómica de <i>Mortierella</i> Características morfológicas del género <i>Mortierella</i> <i>Mortierella</i> como fitopatógeno Características de <i>Mortierella alpina</i> Principales especies patógenas del género <i>Mortierella</i> 2.3.4. Biología y taxonomía de <i>Fusarium</i> Características de <i>Fusarium</i> <i>Fusarium</i> como fitopatógeno Fitopatógeno de importancia económica Principales especies patógenas del género <i>Fusarium</i> 2.3.5..Características Morfológicas entre <i>Mortierella alpina</i> y <i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands	Ho: No existirá antagonismo in vitro de cepas nativas de <i>Trichoderma spp</i> frente a hongos fitopatógenos <i>Mortierella alpina</i> y <i>Fusarium sp.</i> presentes en cultivos de palto (<i>Persea americana</i>). Ayacucho, 2023 Hi: Existirá antagonismo in vitro de cepas nativas de <i>Trichoderma spp</i> frente a hongos fitopatógenos <i>Mortierella alpina</i> y <i>Fusarium sp.</i> presentes en cultivos de palto (<i>Persea americana</i>). Ayacucho, 2023	Variable principal: Antagonismo de <i>Trichoderma spp.</i> Variable secundaria: <i>Mortierella alpina</i> Porcentaje de Inhibición de crecimiento radial (PICR). Mecanismo de micoparasitismo. <i>Fusarium spoxysporum</i> Porcentaje de Inhibición de crecimiento radial (PICR). Mecanismo de micoparasitismo	Tipo de investigación: Descriptivo - transversal Diseño de investigación Se realizará un diseño experimental completamente al azar con 3 repeticiones, teniendo 1 testigo por cada hongo fitopatógeno y hongo antagonista por cada uno de los tratamientos. Análisis estadístico Se usó el programa Microsoft Excel para la elaborar graficas de barras. Mediante la prueba de Shapiro Wilk se determinó la normalidad con un nivel de significancia de 0.05. Así mismo los resultados del PICR se evaluó mediante la prueba de T de Student ($\alpha=0.05$) y un análisis de varianza ANOVA. Las comparaciones de medias se realizaron con la prueba de DUNCAN para evidenciar diferencias significativas entre tratamientos.

**UNSCH**FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Richard QUISPE BAUTISTA
RESOLUCIÓN DECANAL N° 488-2024-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las diez de la mañana del día miércoles trece de noviembre del año dos mil veinticuatro; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, participando como presidente encargado Dr. Jesús De La Cruz Arango, Dra. Marta ROMERO VIACAVA (miembro – jurado), el Mg. Reynán CÓNDOR ALARCÓN (miembro – jurado), Mg. Luis Uriel MOSCOSO GARCÍA (miembro – jurado), Mg. Ruth Elsa HUAMÁN DE LA CRUZ (miembro – asesor), actuando como secretario docente Mg. Luis Uriel MOSCOSO GARCÍA para presenciar la sustentación de tesis titulada: **Actividad antagónica de *Trichoderma spp.* frente a hongos fitopatógenos aislados de palto (*Persea americana*). Ayacucho, 2023;** presentado por el **Bach. Richard QUISPE BAUTISTA**; el presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio del acto de sustentación, indicando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas al sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó al sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta a preguntas	Promedio
Dra. Marta ROMERO VIACAVA	18	17	18
Mg. Reynán CÓNDOR ALARCÓN	17	16	17
Mg. Luis Uriel MOSCOSO GARCÍA	16	16	16
		PROMEDIO	17

El sustentante alcanzó el promedio de 17 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso del sustentante y el público al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico; firmando al pie del presente en señal de conformidad.

Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO
Presidente

Dra. Marta ROMERO VIACAVA
Miembro – Jurado

Mg. Reynán CÓNDOR ALARCÓN
Miembro – Jurado

Mg. Ruth Elsa HUAMÁN DE LA CRUZ
Miembro – Asesor

Mg. Luis Uriel MOSCOSO GARCÍA
Miembro – Jurado y
Secretario – Docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA - ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 89-2024-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Actividad antagónica de *Trichoderma spp.* frente a hongos fitopatógenos aislados de palto (*Persea americana*)**. Ayacucho, 2023, por RICHARD QUISPE BAUTISTA; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 21%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 08 de diciembre de 2024.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Escuela Profesional de Biología
Dr. Fidel R. Mujica Lengua
DIRECTOR

Actividad antagónica de
Trichoderma spp. frente a
hongos fitopatógenos aislados
de palto (Persea americana).
Ayacucho, 2023
por RICHARD QUISPE BAUTISTA

Fecha de entrega: 06-dic-2024 01:41p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2543210482

Nombre del archivo: QUISPE_BAUTISTA-Richard-preprago-2024_TURNITIN..pdf (909.37K)

Total de palabras: 12757

Total de caracteres: 71530

Actividad antagónica de Trichoderma spp. frente a hongos fitopatógenos aislados de palto (Persea americana).
Ayacucho, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%	21%	4%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	10%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	6%
3	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	1%
5	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.uaaan.mx Fuente de Internet	<1%
8	issuu.com Fuente de Internet	<1%

9

revistas.untrm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

10

aprenderly.com

Fuente de Internet

<1 %

11

tesis.ipn.mx

Fuente de Internet

<1 %

12

repositorio.utc.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

13

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo