UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

"Cepas nativas de *Trichoderma spp*., con potencial bioprotector sobre *Lasiodiplodia theobromae* y de efecto bioestimulante en plantones de palto var. Hass, en condición de vivero, Cañete"

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

Pérez Requena Adrián Matias

ASESOR:

Dr. Álvarez Bernaola Luis Armando

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6174-9870

San Vicente de Cañete, 2026, Perú

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

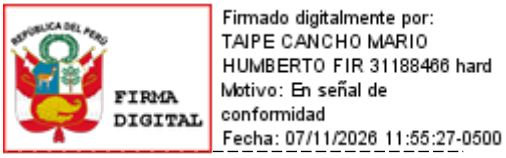
"Cepas nativas de *Trichoderma spp*., con potencial bioprotector sobre *Lasiodiplodia theobromae* y de efecto bioestimulante en plantones de palto var. Hass, en condición de vivero, Cañete"

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADA POR:

Pérez Requena, Adrián Matias

APROBADA POR:

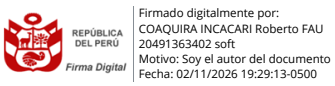


Dr. Taipe Cancho, Mario Humberto

Presidente

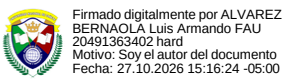
Dr. Ñique Álvarez, Manuel Alfredo

Secretario



Ph.D Coaquira Incacari, Roberto

Vocal



Dr. Álvarez Bernaola, Luis Armando

Asesor

CONSTANCIA DE SIMILITUD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE
Ley de Creación N° 29488
Licenciada según Resolución del Consejo Directivo N° 116-2018-SUNEDU/CD
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Código: F-M02.02-VRI-029 **Fecha de Aprobación:** 26/09/2025	**Versión:** 02

Código Nº 005-2026

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE SIMILITUD Y ORIGINALIDAD

Yo, Betsabé León Ttacca, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias, declaro que se ha realizado la verificación de similitud mediante el programa informático correspondiente, respecto al siguiente trabajo académico:

Título:
"Cepas nativas de *Trichoderma spp.*, con potencial bioprotector sobre *Lasiodiplodia theobromae* y de efecto bioestimulante en plantones de palto var. Hass, en condición de vivero, Cañete"

Autor (es):

Adrián Matias Pérez Requena

Para optar el grado académico y/o título profesional de:
Ingeniero Agrónomo

El proceso de verificación de similitud determinó un porcentaje de 8%, cuyo resultado se encuentra respaldado en el reporte automatizado que se adjunta. En atención a ello, y conforme a lo establecido en el Reglamento de Similitud y Originalidad de la Universidad Nacional de Cañete, se deja constancia que el trabajo académico presentado cumple con los principios de integridad científica, así como con las disposiciones normativas vigentes en materia de citación y referenciación.
Asimismo, se adjunta el recibo digital correspondiente, a fin de garantizar la trazabilidad del proceso.

ORIGINALIDAD	SIMILITUD
92%	8%

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: LEON TTACCA Betsabe FAU 20491363402 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 04/05/2026 12:34:29-0500

Cañete, 04 de mayo del 2026

Firma

Se adjunta:

- Resumen del reporte automatizado de similitud
- Recibo Digital

Toda copia de este documento, sea del entorno virtual o del documento original en físico es considerada "copia no controlada".

ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

Código: F-M01.03.04-GT-003 Fecha de Aprobación: 23-03-2026	Versión: 05

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

En el distrito de San Luis, provincia de Cañete, en el Auditorio del Pabellón Multiusos del Campus Universitario del Local Académico SL05, siendo las 16:00 horas del día lunes 18 de mayo de 2026, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador y el asesor, designados mediante DECRETO N°029-2024-UI/FCA/UNDC.

Presidente	:	Dr. Mario Humberto Taipe Cancho
Secretario	:	Dr. Manuel Alfredo Ñique Álvarez
Vocal	:	Ph.D. Roberto Coaquira Incacari
Asesor	:	Dr. Luis Armando Álvarez Bernaola

Para el acto de sustentación de la tesis titulada: "Cepas nativas de *Trichoderma spp.*, con potencial bioprotector sobre *Lasiodiplodia theobromae* y de efecto bioestimulante en plantones de palto var. Hass, en condición de vivero, Cañete"; presentado por el Bachiller (es) Adrián Matias Pérez Requena; para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

Después de concluido el acto de sustentación y luego de que el sustentante dio respuesta a las preguntas respectivas, el Jurado Evaluador calificó la sustentación o defensa de la investigación según los siguientes criterios, y promediando las notas del jurado se obtuvo:

Criterio	Desaprobado (menor de 14)	Regular (14 -15)	Bueno (16-17)	Muy bueno (18-19)	Excelente (20)	Puntaje
Claridad de la exposición				X		18
Dominio del tema			X			16
Capacidad de respuesta			X			16
Argumentación académica			X			17
Promedio						17

**** Para el caso de sustentación de dos personas se debe incorporar dos cuadros, uno para cada uno.**

Para obtener la nota final de todo el proceso de investigación, se procedió a calcular la nota final:

Nota del Informe (valor 50%)	Nota de Sustentación (valor 50%)	Nota Final
16	17	17

(*) Cálculo: (Nota Informe * 0.50) + (Nota de Defensa * 0.50) = Nota final
En el caso de existir dos sustentantes, se deberá incluir una columna adicional a la izquierda, consignando los nombres de cada uno, a fin de realizar la calificación de manera individual.

Toda copia de este documento, sea del entorno virtual o del documento original en físico es considerada "copia no controlada"

Y, establece como calificación FINAL: 17 (Diecisiete)

- Aprobado, con nota Regular (X), Bueno ( ), Muy Bueno ( ), Excelente ( )
- Desaprobado ( )

Por tanto, el graduado(s) se encuentra expedito(s) (X), impedido(s) ( ) para realizar los trámites que corresponden a la obtención del Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

****Si fuera el caso, que de los dos sustentantes uno fuera aprobado y otro desaprobado, se tendrá que diferenciar quien queda expedito y quien impedido de seguir los trámites.**

Siendo las 17:15' horas, se dio por concluido el acto de sustentación.

Dr. Manuel Alfredo Ñique Álvarez **Secretario**	Dr. Mario Humberto Taipe Cancho **Presidente**	Ph.D. Roberto Coaquira Incacari **Vocal**	Dr. Luis Armando Álvarez Bernaola **Asesor**

Toda copia de este documento, sea del entorno virtual o del documento original en físico es considerada "copia no controlada"

DEDICATORIA

A mis abuelos, quienes me enseñaron que en la vida todo es posible con dedicación y esfuerzo. Aunque hoy no estén físicamente conmigo, sus enseñanzas y recuerdos permanecen presentes en cada paso importante que doy.

A mis padres, por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo, la perseverancia y la honestidad. Este logro es reflejo de todo lo que me han brindado y del amor que siempre me ha impulsado a seguir creciendo

A mis hermanos, quienes transformaron los días difíciles en momentos de alegría y fortaleza, impulsándome a seguir adelante.

Y a mis mascotas (C**** y B****), que cada día esperaban por mí en casa con una alegría inmensurable y, aunque hoy ya no estén, sé que desde el cielo me acompañan en cada nuevo camino que emprendo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida, por acompañarme en cada etapa de este proceso, y por lo que vendrá a partir de ahora. Gracias por brindarme la fortaleza y claridad para seguir adelante.

A mis padres, por su amor incondicional, su esfuerzo constante y por ser el pilar fundamental que hizo posible mi formación profesional. Nada será suficiente para retribuir todo lo que han hecho por mí. Este logro también es de ustedes.

A mis hermanos, a mi abuela Doris y tías, por su presencia, su apoyo sincero y por ser una fuente permanente de motivación en los momentos más exigentes.

A mi asesor, Luis Álvarez Bernaola, por su orientación académica, sus valiosos aportes y el acompañamiento brindado durante la planificación y ejecución de esta tesis.

A mis compañeros de tesis, por el compromiso compartido, el trabajo en equipo y las experiencias que enriquecieron tanto el proceso como los resultados obtenidos.

A mi casa de estudios, la UNDC, y a sus docentes, por la formación brindada y por contribuir a mi crecimiento académico y profesional.

A la bióloga Naysha Rojas Villa y al biólogo Phillip Ormeño, por sus enseñanzas y el acompañamiento técnico durante mi estancia en el CIIS de la UNDC.

Y, finalmente, a todas aquellas personas que, aunque no se mencionan de manera individual, contribuyeron de diversas formas al desarrollo y culminación de esta tesis.

ÍNDICE

CONSTANCIA DE SIMILITUD 3
ACTA DE SUSTENTACIÓN 4
DEDICATORIA 6
AGRADECIMIENTOS 7
ÍNDICE 8
LISTA DE TABLAS 11
LISTA DE FIGURAS 12
LISTA DE GRÁFICOS 13
LISTA DE ANEXOS 14
RESUMEN 15
ABSTRACT 16
INTRODUCCIÓN 17
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18
1.1 Descripción de la Realidad Problemática 18
1.2 Formulación del problema 20
1.2.1 Problema General 20
1.2.2 Problemas Específicos 20
1.3 Objetivos 20
1.3.1 Objetivo General 20
1.3.2 Objetivos Específicos 20
1.4 Justificación 20
1.5 Delimitación de la Investigación 22
1.5.1 Delimitación Teórica 22
1.5.2 Delimitación Temporal 22
1.5.3 Delimitación Espacial 22
II. MARCO TEÓRICO Y EMPÍRICO 23
2.1. Bases Teóricas 23
2.1.1. Origen de la Palta 23
2.1.2. Clasificación Taxonómica de la Palta 23
2.1.3. Importancia del Cultivo de Palto en el Mundo 23
2.1.4. Importancia del Cultivo de Palto en el Perú 25
2.1.5. Enfermedades en el Cultivo de Palta 27
2.1.6. Hongos de Madera: *Lasiodiplodia theobromae* “Muerte regresiva” 27

2.1.7. *Trichoderma sp* 33
2.2. Antecedentes 38
a) Antecedentes Nacionales 38
b) Antecedentes Internacionales 41
2.3. Definición de Términos Básicos 45
2.3.1. Absorción de Nutrientes 45
2.3.2. Aislado 45
2.3.3. Bioestimulante 45
2.3.4. Bioprospección 45
2.3.5. Bioprotector 45
2.3.6. Fitopatógeno 45
2.3.7. Inoculación 46
2.3.8. Invernadero 46
2.3.9. Lesión 46
2.3.10. Microorganismo 46
2.3.11. Muestreo 46
2.3.12. Nativo 46
2.3.13. Sustrato 46
2.3.14. Resistencia Sistémica Inducida 46
2.3.15. Plantones 47
III. HIPOTESIS Y VARIABLES 48
3.1 Hipótesis 48
3.1.1. Hipótesis General 48
3.1.2. Hipótesis Especificas 48
3.2. Definición Conceptual de las Variables 48
3.3. Operacionalización de las Variables 50
IV. DISEÑO METOGOLÓGICO 52
4.1. Tipo de Investigación 52
4.2. Diseño de Investigación 52
4.3. Método de Investigación 55
4.4. Población y Muestra 55
4.4.1 Población 55
4.4.2. Muestra 55
4.5. Lugar de estudio 55

4.6. Procedimiento de Investigación 58
4.6.1. Acondicionamiento de Plantones de Palto en Casa Malla 58
4.6.2. Recepción de Plantones de Palto y su Establecimiento 58
4.6.3. Reactivación de Cepas de *Trichoderma sp* 59
4.6.4. Multiplicación de Cepas de *Trichoderma sp* 60
4.6.5. Reactivación de la Cepa de *Lasiodiplodia theobromae* 63
4.6.6. Prueba de Inducción de Defensas y Efecto Bioestimulante en Plantas de Palto (*Persea americana*). 63
4.7. Técnicas e Instrumentos Para la Recolección de Datos 67
4.7.1. Eficacia de Aislados de *Trichoderma spp*. con Potencial Bioestimulante. 67
4.7.2. Eficacia de Aislados de *Trichoderma spp.* con Potencial Inductor de Defensas Contra *Lasiodiplodia Theobromae* 69
4.8. Análisis y procesamiento de Datos 70
4.8.1. Técnicas Estadísticas. 70
4.8.2. Procesamiento de Tratamientos de Datos 71
V. RESULTADOS 73
5.1. Resultados Descriptivos 73
5.1.1. Efecto Biocontrolador de las Cepas de *Trichoderma spp.* Sobre *Lasiodiplodia theobromae* Generador de Lesión en Tallo de Plantones de Palto Var. Hass 73
5.1.2. Efecto Bioestimulante de las Cepas de *Trichoderma spp.* Sobre la Eficiencia Fisiológica y el Estado Nutricional de Plantones de Palto 73
5.2. Resultados Inferenciales 86
5.2.1. Efecto Biocontrolador de las Cepas de *Trichoderma spp.* Sobre *Lasiodiplodia theobromae* Generador de Lesión en Tallo de Plantones de Palto Var. Hass 86
5.2.2. Efecto Bioestimulante de las Cepas de *Trichoderma spp*. Sobre la Eficiencia Fisiológica y el Estado Nutricional de Plantones de Palto 87
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 91
X. ANEXOS 109

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la Palta 23
Tabla 2. Producción Exportadora de Palta en el Mundo 24
Tabla 3. Clasificación Taxonomica de *Lasiodiplodia theobromae* 27
Tabla 4. Clasificación Taxonomica de *Trichoderma sp* 33
Tabla 5. Operacionalización de Variables 50
Tabla 6. Caracteristicas del Aréa Experimental Empleada en la Investigación 56
Tabla 7. Distribución Aleatoria de Cepas a Usar en Tratamientos 57
Tabla 8. Medias de Valores Meteorológicos, Durante el Desarrollo de la Investigación 57
Tabla 9. Datos de Identidad de Cepas de *Trichoderma spp.* en Estudio 62
Tabla 10. Escala Para Clasificar el Porcentaje de Control de Lesión en Tallos (%) 70
Tabla 11. Resultados de las Pruebas de Normalidad, Homogeneidad de Varianzas y Esfericidad para las Variables Analizadas 72
Tabla 12. Resumen de Estadístico Descriptivo de Control de Lesión en Tallos 73
Tabla 13. Resumen Estadístico Descriptivo de Conductancia Estomática en Hojas en Tres Fechas 74
Tabla 14. Resumen de Estadístico Descriptivo de Contenido Relativo Hídrico 75
Tabla 15. ANOVA - DBCA de Control de Lesión en Tallos 86
Tabla 16. Análisis no paramétrico para datos longitudinales (nparLD) de conductancia estomática 87
Tabla 17. Tratamientos que Disminuyen con el Tiempo – Valores Medias 88
Tabla 18. Tratamientos Relativamente Estables – Valores Medias 88
Tabla 19. Tratamientos que Aumentan con el Tiempo – Valores Medias 88
Tabla 20. ANOVA – DBCA Para Contenido Relativo Hídrico en Raíces 89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de *Lasiodiplodia theobromae* 28
Figura 2. Sintomatología de *Lasiodiplodia theobromae* en Palto 30
Figura 3. Ciclo Biológico de *Lasiodiplodia theobromae* 31
Figura 4. Estructura a Visión Microscópica de *Trichoderma sp* 34
Figura 5. Propiedades Benéficas de *Trichoderma sp* 37
Figura 6. Implementación y Acondicionamiento de Área de Invernadero 58
Figura 7. Recepción de Plantones en Invernadero 59
Figura 8. Desarrollo de Reactivación de Cepas en Cabina de Flujo Laminar 60
Figura 9. Cepas Seleccionadas con Cinco Días de Crecimiento 61
Figura 10. Procedimiento de Producción de *Trichoderma spp*. en Arroz 62
Figura 11. Cepa de *Lasiodiplodia theobromae* en Reactivación en Cabina de Flujo Laminar 63
Figura 12. Secuencia de Preparación de Tratamiento Previa Aplicación 64
Figura 13. Incorporación de Tratamientos a Plantones – Repetición Uno (R1). 65
Figura 14. Incorporación de Tratamientos a Plantones - Repetición Dos (R2) 65
Figura 15. Inoculación de Patógeno (*Lasiodiplodia theobromae*) a Plantones de Palto 66
Figura 16. Medición de Conductancia Estomática con Porometro S-C 1 67
Figura 17. Muestreo de Hojas de Palto Para Evaluación de Contenido Nutricional 68
Figura 18. Procedimiento de Evaluación de CHR en Raíces 68
Figura 19. Proceso de Análisis de Efecto Biocontrolador Sobre *L. theobromae* 69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Variación de Contenido Foliar de Nitrógeno Frente a Cepas de *Trichoderma spp*. (%)..... 76
Gráfico 2. Variación de Contenido Foliar de Fosforo Frente a Cepas de *Trichoderma spp*. (%)..... 77
Gráfico 3. Variación de Contenido Foliar de Potasio Frente a Cepas de *Trichoderma spp*. (%)..... 77
Gráfico 4. Variación de contenido foliar de Calcio Frente a Cepas de *Trichoderma spp*. (%/). 78
Gráfico 5. Variación de Contenido Foliar de Magnesio Frente a Cepas de *Trichoderma spp*. (%)..... 79
Gráfico 6. Variación de Contenido Foliar de Azufre Frente a Cepas de *Trichoderma spp.* (mg/kg)..... 79
Gráfico 7. Variación de Contenido Foliar de Hierro Frente a Cepas de *Trichoderma spp*. (mg/kg)..... 80
Gráfico 8. Variación de Contenido Foliar de Manganeso Frente a Cepas de *Trichoderma spp*. (mg/kg). 81
Gráfico 9. Variación de Contenido Foliar de Cobre Frente a Cepas de *Trichoderma spp*. (mg/kg)..... 82
Gráfico 10. Variación de Contenido Foliar de Zinc Frente a Cepas de *Trichoderma spp*. (mg/kg)..... 82
Gráfico 11. Variación de Contenido Foliar de Boro Frente a Cepas de *Trichoderma spp*. (mg/kg)..... 83
Gráfico 12. Variación de Contenido Foliar de Molibdeno Frente a Cepas de *Trichoderma spp*. (mg/kg). 84
Gráfico 13. Variación de Contenido Foliar de Cloruros Frente a Cepas de *Trichoderma spp*. (mg/kg). 85
Gráfico 14. Variación de Contenido Foliar de Sodio Frente a Cepas de *Trichoderma spp*. (mg/kg)..... 85
Gráfico 15. Barras de Medias con Letras de Significancia del Porcentaje Control de Lesión en Tallos..... 87
Gráfico 16. Líneas de Interacción Tratamiento/Fecha de Conductancia Estomática..... 89
Gráfico 17. Barras con Letras de Significancia de Contenido Relativo Hídrico en Raíces 90

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia de Proyecto de Investigación 109
Anexo 2. Mapa de Ubicación de Invernadero de Desarrollo de Investigación. 110
Anexo 3. Aleatorización de Tratamientos 111
Anexo 4. Ficha de Evaluación de Lesiones en Tallos 112
Anexo 5. Ficha de Evaluación de Conductancia Estomática – Fecha 01 113
Anexo 6. Ficha de Evaluación de Conductancia Estomática – Fecha 02 114
Anexo 7. Ficha de Evaluación de Conductancia Estomática – Fecha 03 115
Anexo 8. Ficha de Peso Fresco de Raíces 116
Anexo 9. Ficha de Peso Turgente de Raíces 117
Anexo 10. Ficha de Peso Seco de Raíces. 118
Anexo 11. Reactivación de Patógeno *Lasiodiplodia theobromae* 119
Anexo 12. Conteo de Conidios de Aislados de *Trichoderma spp* 119
Anexo 13. Preparación de Sustrato de Arroz Para Multiplicar *Trichoderma spp.* 119
Anexo 14. Sustratos de Arroz Inoculados con *Trichoderma spp.* al Tercer Día 119
Anexo 15. Distribución de Carteles con Tratamiento y Repetición Perteneciente. 119
Anexo 16. Riego de Plantones y Desarrollo de Labores Culturales 119
Anexo 17. Evaluación de Temperatura y Humedad Relativa 119
Anexo 18. Pesado de Sustratos de *Trichoderma spp* y su Dilución en Agua Para su Aplicación. 119
Anexo 19. Afección en Tallos de los Plantones Generado por *Lasiodiplodia theobromae* 119
Anexo 20. Lesión en Tallo y su Delimitación en Bolsas Para su Análisis Digital 119
Anexo 21. Equipo porometro SC-1 para medir la conductancia estomática 119
Anexo 22. Toma de Datos de Conductancia Estomática 119
Anexo 23. Extracción de Raíces de Plantones 119
Anexo 24. Remojo de Raíces Para Alcanzar su Máxima Capacidad Turgente 119

RESUMEN

El palto (*Persea americana*) var. Hass, es afectado por hongos de madera como *Lasiodiplodia theobromae*, asociado a la "muerte regresiva". Es por ello que se hace evidente la necesidad de implementar propuestas sustentables que permitan disminuir la dependencia de fungicidas convencionales. En este contexto, las cepas nativas del hongo cosmopolita *Trichoderma spp*. representan una opción promisoria por su acción bioprotectora frente a patógenos y su efecto bioestimulante como inductor de desarrollo vegetal. Para cumplir el objetivo de esta investigación se evaluó cepas nativas de *Trichoderma spp.* (BP1A3, BP1C3A, BP1C3B, CHCV3, GM1, NOR043, PIUCH2A, PIUCH4A, PSNM, SPH1), comparadas con un grupo comercial (*Trichoderma harzianum*) y un testigo, aplicadas vía drench a una concentración de 1×10^8 conidios/gr. Se analizaron cuatro variables: (i) porcentaje de control de lesión en tallos inoculados con *L. theobromae*; (ii) conductancia estomática en hojas; (iii) contenido hídrico relativo en raíces; y (iv) contenido nutricional foliar. Los resultados alcanzados mostraron divergencias considerables entre tratamientos. En la variable control de lesión, destacaron las cepas NOR043 y SPH1, que redujeron de manera significativa el avance del patógeno en los tallos. En la conductancia estomática, las cepas PIUCH4A y SPH1 promoviendo un mejor intercambio gaseoso, evidenciando un efecto bioestimulante. En el contenido hídrico relativo, destacaron *T. harzianum* y PIUCH4A lo que contribuye a una mayor capacidad de retención hídrica en raíces. Finalmente, en el contenido nutricional foliar, nuevamente las cepas NOR043 y SPH1 mostraron un efecto positivo, reflejado en mayores niveles de nutrientes esenciales. Por ello, que se confirma que las cepas nativas de *Trichoderma spp*. no solo poseen un efecto bioprotector frente a *L. theobromae*, sino también un impacto bioestimulante sobre variables fisiológicas y nutricionales en plantones de palto var. Hass. En definitiva, este estudio confirma el potencial de *Trichoderma spp*. como un elemento biotecnológico eficaz dentro del manejo integrado en viveros, favoreciendo prácticas de producción más sostenible.

Palabras claves: Biocontrol, muerte regresiva, estimulación fisiológica, conductancia estomática, contenido hídrico relativo, disponibilidad de nutrientes.

ABSTRACT

The Hass avocado (*Persea americana*) is affected by wood-decay fungi such as *Lasiodiplodia theobromae*, associated with dieback. Therefore, the need to implement sustainable approaches that reduce dependence on conventional fungicides is evident. In this context, native strains of the cosmopolitan fungus *Trichoderma spp*. represent a promising option due to their bioprotective action against pathogens and their biostimulatory effect as a plant growth inducer. To achieve the objective of this research, native strains of *Trichoderma spp*. were evaluated. (BP1A3, BP1C3A, BP1C3B, CHCV3, GM1, NOR043, PIUCH2A, PIUCH4A, PSNM, SPH1), compared with a commercial group (*Trichoderma harzianum*) and a control, applied via drench at a concentration of 1×10^8 conidia/g. Four variables were analyzed: (i) percentage of lesion control in stems inoculated with *L. theobromae*; (ii) stomatal conductance in leaves; (iii) relative water content in roots; and (iv) foliar nutrient content. The results showed considerable differences between treatments. In the lesion control variable, strains NOR043 and SPH1 stood out, significantly reducing the pathogen's spread in the stems. In stomatal conductance, the PIUCH4A and SPH1 strains promoted improved gas exchange, demonstrating a biostimulant effect. Regarding relative water content, *T. harzianum* and PIUCH4A stood out, contributing to greater water retention capacity in roots. Finally, in foliar nutrient content, the NOR043 and SPH1 strains again showed a positive effect, reflected in higher levels of essential nutrients. Furthermore, it was confirmed that native *Trichoderma spp*. strains not only possess a bioprotective effect against L. theobromae, but also a biostimulant impact on physiological and nutritional variables in Hass avocado seedlings. In short, this study confirms the potential of *Trichoderma spp*. as an effective biotechnological element within integrated nursery management, promoting more sustainable production practices.

Keywords: Biocontrol, dieback, physiological stimulation, stomatal conductance, relative water content, nutrient availability.

INTRODUCCIÓN

Al paso de los años el dinamismo del mercado agrario ha consolidado al cultivo de palto como uno de los frutales más importantes del Perú, por su alta demanda internacional y su papel clave en las exportaciones del país. En 2024 el país alcanzó 937,050 toneladas de producción, ubicándose como tercer productor mundial y segundo exportador global, gracias al aporte tanto de grandes agroexportadoras como de pequeños productores, responsables del 40% de las plantaciones var. Hass. Asimismo se conoce que regiones como La Libertad, Lima, Lambayeque e Ica lideran la producción, orientada sobre todo a mercados europeos y sudamericanos (MIDAGRI, 2024) No obstante, esta importancia económica se ve amenazada por problemas fitosanitarios como *Lasiodiplodia theobromae,* uno de los patógenos de madera más severos en palto, afectando directamente al transporte de sales y minerales internos de la planta, generando la marchitez y una muerte regresiva, avanzando de manera silenciosa durante meses debido a su desarrollo lento y fase asintomática. Una vez visibles los síntomas, el daño interno suele ser irreversible, lo que dificulta su manejo y explica la falta de métodos curativos efectivos (Redagrícola, 2021c)

La respuesta común ha sido el uso continuo de fungicidas preventivos, práctica que, si bien reduce el riesgo de infección, genera efectos ambientales negativos afectando la biodiversidad del suelo y la viabilidad de masas de agua (Rad et al., 2022). Entre las alternativas, *Trichoderma spp*. destaca por sus propiedades bioprotectoras y bioestimulantes, capaces de inhibir patógenos, activar defensas en la planta y mejorar su estado fisiológico y nutricional. El uso de cepas nativas cobra especial relevancia, dado su potencial de adaptación a las condiciones locales y su mayor eficacia en viveros de palto (Polanco Florián et al., 2020)

Bajo este marco, la presente investigación evalúa la capacidad bioprotector frente a *Lasiodiplodia theobromae* y el efecto bioestimulante de cepas nativas de *Trichoderma spp*. en plantones de palto var. Hass bajo condiciones controladas en vivero en Cañete.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

El cultivo de palto en el territorio peruano emerge como una de las actividades económicas más preeminentes para el país. Este fruto ha consolidado su posición como uno de los principales productos agrícolas exportados (Centro Peruano de Formación e Investigación Continua [CEFIC], 2023). Durante el año 2023 el Perú alcanzó una producción de 883,782.06 toneladas ubicándolo como el 3er país antecedido solo por México y Colombia (1ro y 2do respectivamente) como mayores productores (Ministerio de Agricultura y Riego [MIDAGRI], 2024). Esta gran capacidad productora ha llevado al Perú, a ser el 2do exportador a nivel global de este frutal con un total de 584 mil toneladas exportadas, resultando de esta manera su gran importancia económica y siendo considerado como uno de los 5 cultivos top de importancia agroexportadora en el territorio peruano (Observatorio de Complejidad Económica [OEC], 2022)

Detrás del gran posicionamiento del Perú frente a este frutal, se encuentra una gran gestión de planes de trabajo, y recursos establecidos. Si bien existen grandes empresas enfocadas a desarrollar este cultivo, es importante mencionar que los pequeños productores, bajo sus capacidades merecen ser considerados igual de importantes como los responsables de este gran alcance, participando con el 40% de plantaciones var Hass a nivel nacional (Filipenco, 2024). Con relación a ello y a la producción total a nivel nacional, las regiones que han contribuido en este desarrollo, según el Centro de Investigación y Negocios Globales (CIEN, 2023) son: La Libertad (31.8%), Lima (23.5%), Lambayeque (17.6%), Ica (15.2%), otros (11.9%). A partir de ello, los principales destinos de la palta peruana en los mercados internacionales en orden de importancia, son Países Bajos con el 33% de participación, seguido por España con el 18%, y Chile con el 13%. Por otro lado, Estados Unidos, que ha caído considerablemente en la lista debido al incremento en la producción mexicana, ubicándose en cuarto lugar (León, 2023).

Sin embargo, como en todo cultivo dentro de las etapas de su desarrollo, se manifiestan la presencia de fitopatógenos que influyen como un determinante limitante para el rendimiento de este cultivo. Uno de ellos es *Lasiodiplodia theobromae*, que es una de las principales especies del grupo de los hongos de madera; que afectan a los vasos conductores principalmente al xilema, además de que generan enzimas para degradar las láminas medias y paredes celulares de la madera. Esto provoca que el agua

y sales minerales no lleguen a las diferentes zonas de las plantas, lo que genera un detrimento de las ramas y defoliación del cultivo (Tovar et al., 2012).

Este patógeno invasivo es considerado muy perjudicial, además de que se considera como un problema irreversible o que "no tiene cura" debido a que los daños conspicuos que se manifiestan como resultado de la infección inicial, son contraídos desde etapas tempranas de este cultivo, en la que de forma inadecuada se expone el material vegetativo, puede ser al momento del manejo de semillas y sumado a una posible procedencia de planta enferma, al momento de realizar el injerto, las labores de poda o por daños físicos de la planta dadas a lo largo de su desarrollo (Redagrícola, 2021). Ya estando en la planta este patógeno oportunista, por lo general aprovecha las condiciones de estrés del huésped para iniciar la etapa infecciosa (Crespo, 2017); y debido a que tiene un lento desarrollo por su carácter necrótrofo en la que primero necesita degradar las paredes celulares a través de enzimas, genera una fase asintomática en el cultivo (López, 2012). Por ello resulta que cuando la planta expresa los síntomas, este ya ha infectado diferentes puntos de la planta. Es importante saber que cuando un tallo o determinada parte de madera se encuentra afectada en un rango 35 – 40%, se considera que este no es reciente y que estuvo presente desde mucho antes, que podría ser de 6 meses a 2 años de vida. Esta problemática destaca más aun cuando a día de hoy se desconoce de algún producto plaguicida especifico capaz de erradicar el patógeno y recuperar a la planta dañada, ya que en este caso el material afectado ya está muerto (Redagrícola, 2021). Como consecuencia de esto, los grandes y pequeños productores se sumergen en un mundo de continuas aplicaciones preventivas de fungicidas para evitar este problema, sin embargo, esta alternativa de prevención desarrollada excesivamente tiene varios efectos negativos en organismos no objetivo, tanto acuáticos como terrestres. Estos productos disminuyen la cantidad y variedad de microorganismos y animales en el suelo y en cuerpos de agua. Además, contaminan las fuentes de agua potable, lo cual es crucial para nuestra salud (Rad et al., 2022). Ante ello la alternativa de la aceptación y el uso de alternativas ecológicas, como el uso de *Trichoderma sp*. que además de poseer capacidades bioprotectoras, aportan beneficios de tipo bioestimulante, se puede afrontar este problema nocivo de manera positiva y a la vez atribuyendo un efecto estimulante al desarrollo del huésped (Redagrícola, 2021), de este modo acertando con el cumplimiento de los principios del MIPE.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cuál es el potencial de las cepas nativas de *Trichoderma spp.*, para controlar *Lasioplodia theobromae* y de efecto bioestimulante en plantones de palto var Hass?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es el efecto de las cepas nativas de *Trichoderma spp.*, para controlar la capacidad de *L. theobromae* de desarrollar áreas de lesión en tallos de plantones de palto var Hass?
- ¿Cuál es el efecto de las cepas nativas de *Trichoderma spp.*, en el contenido relativo de clorofila en hojas de plantones de palto var Hass?
- ¿Cuál es el efecto de las cepas nativas de *Trichoderma spp.*, en la capacidad de retención de agua en raíces de plantones de palto var Hass?
- ¿Cuál es el efecto de las cepas nativas de *Trichoderma spp*, en el contenido nutricional foliar de plantones de palto var Hass?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar el potencial de las cepas nativas de *Trichoderma spp.* para controlar *Lasioplodia theobromae* y el efecto bioestimulante en plantones de palto var Hass.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de las cepas nativas de *Trichoderma spp*. para controlar la capacidad de *L. theobromae* de desarrollar áreas de lesión en tallos de plantones de palto var Hass.
- Determinar el efecto bioestimulante de las cepas nativas de *Trichoderma spp.* en el contenido relativo de clorofila en hojas de plantones de palto var Hass.
- Determinar el efecto bioestimulante de las cepas nativas de *Trichoderma spp.* en la capacidad de retención de agua en raíces de plantones de palto var Hass.
- Determinar el efecto bioestimulante de las cepas nativas de *Trichoderma spp*. en el contenido nutricional foliar de plantones de palto var Hass.

1.4 Justificación

El cultivo de palto se llega a producir en diversas regiones y pisos altitudinales, desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm, sumado a ello las condicionantes edafoclimáticas que ofrece el territorio peruano, genera que este sea una fuente económica viable en el desarrollo de pequeños y grandes productores. La gran demanda creciente generada por

el mercado exterior y nacional influye en ello. El consumo per cápita de la palta ha tenido un incremento del 6% en los últimos 10 años, teniendo a los países europeos, como España principalmente, y Chile por parte de Latinoamérica, como consumidores resaltantes en esta lista, esto está ligado y explica, en grado de exportación de la palta peruana a estos destinos (iQonsulting, 2023). Asimismo, el Perú integra esta lista con un 7 kg/hab, explicando claramente que el mercado nacional también es una gran alternativa para los productores. La demanda generada está enfocada en la disponibilidad alimentaria como producto fresco, como también congrega a otros intereses de valores agregados que percibe este frutal, como productos cosméticos, medicinales, snacks, bebidas, biocidas, e incluso como bioplásticos (Maraví, 2021).

Uno de los fitopatógenos más resaltantes de este cultivo es *Lasiodiplodia theobromae*, se presenta como un problema incesante y robusto que actúa como un agente endófito, y es capaz de afectar en diversas etapas de la planta, proliferando desde la zona inserción del injerto de este frutal generando la "muerte descendente" a partir de cancros en las ramas, pudrición peduncular, y generar una defoliación (Álvarez, 2015). Esto conlleva a los productores en una acción de querer frenar este problema, realizar tratamientos en ocasiones de manera inoportuna bajo el uso de diferentes grupos químicos a lo que esto con el tiempo generan secuelas serias frente a otros elementos. Las pérdidas generadas por este patógeno son muy llamativas, pero en realidad es una resultante que dependerá de principalmente la capacidad virulenta del patógeno dispuesta en la planta; lo cual a día de hoy, muchos productores han aprendido a convivir con este patógeno bajo aplicaciones constantes (Redagrícola, 2024).

Muchos productos químicos ante una mala utilización, generan efectos adversos que dañan la piel, los pulmones y los ojos; por otra parte los restos de estos plaguicidas pueden ser drenadas hacia las fuentes subterráneas y fluyentes naturales, que en muchos casos estas vías son uso vital para los ganados y/o personas, además de que puede generar la contaminación de suelos por intoxicación inminente (Zuccarelli, 2019). Por ello, referimos al control biológico como la alternativa adecuada para contrarrestar estos efectos no deseados.

Trichoderma sp es un microorganismo que se desarrolla como un antagonista sobre otros hongos fitopatógenos; además de que a través de estudios han demostrado una gran capacidad como bioestimulante para las plantas, al mejorar el vigor del cultivo (Redagrícola, 2021). Este efecto esta generada a través de una interacción directa e indirecta por su notable capacidad de adaptación y su producción de diversos

metabolitos. Estos incluyen enzimas que promueven el crecimiento de las plantas, todos de gran relevancia en los campos de la biotecnología y el medio ambiente (Hernández et al., 2019).

1.5 Delimitación de la Investigación

1.5.1 Delimitación Teórica

La investigación se desarrolló bajo la línea de sanidad vegetal, buscando evidenciar el efecto de Trichoderma con inductor de defensas frente a *Lasiodiplodia theobromae* y su efecto bioestimulante, que se respaldado por estudios cercanos, que detallan las bondades de este microorganismo benéfico.

1.5.2 Delimitación Temporal

El estudio se desarrolló en un periodo de 06 meses durante el periodo 2024 - 2025.

1.5.3 Delimitación Espacial

La investigación se realizó en zona de investigación de la Escuela Profesional de Agronomía, ubicado en el fundo Don Luis, distrito de San Luis, Cañete – Lima.

II. MARCO TEÓRICO Y EMPÍRICO

2.1. Bases Teóricas

2.1.1. Origen de la Palta

Gran parte de las variedades del subgénero Persea se distribuye en una franja que se extiende desde la región central de México hasta Guatemala y otros países de Centroamérica, territorios donde se hallaron elementos antiguos ligados a aguacates primitivos. Esta zona, delimitada desde la Sierra Madre Oriental en Nuevo León hasta Costa Rica, es considerada el espacio primitivo de la palta y muy posiblemente de todo el subgénero Persea. Su delimitación coincide ampliamente con el "Centro Principal de Origen VII" propuesto por Vavilov, que abarca México a Centroamérica y todo el Caribe. Desde este núcleo, el cultivo se difundió hacia el norte, alcanzando el sureste de Estados Unidos; hacia el Caribe, extendiéndose a diversas islas; y hacia Sudamérica, empezando por países del norte como Colombia, luego por Venezuela, y las Guayanas, Secuente a ello por Brasil, Perú, Bolivia y Chile. La distribución del cultivo se relaciona con la importancia que las civilizaciones precolombinas otorgaron al fruto, tanto por su valor alimenticio como por su relevancia cultura (Sánchez Pérez, 1999).

2.1.2. Clasificación Taxonómica de la Palta

Tabla 1

Taxonomía de la Palta.

Reino	Vegetal
División	Spermatophyta
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Ranales
Familia	Lauraceae
Género	Persea
Especie	*P. americana Miller*

Nota. Información adaptada de (Díaz et al., 2020).

2.1.3. Importancia del Cultivo de Palto en el Mundo

El palto (*Persea americana*), también conocido como aguacate, es un frutal tropical de gran relevancia económica y nutricional, caracterizado por presentar una elevada proporción de lípidos, los cuales constituyen el componente predominante de su

materia seca. Es una especie ‘siempre verde’, proveniente de América tropical, y reconocida a nivel mundial en tres variedades: antillana, guatemalteca y mexicana, con México como el productor número uno a escala global.

La palta se distingue por su elevada presencia de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), reconocidos por sus efectos positivos en la salud, además de constituir una fuente importante de tocoferoles, ácido ascórbico, piridoxina, β-carotenos y potasio (Vivero et al., 2019). Estos compuestos le confieren el reconocimiento como un alimento funcional y altamente valorado en la dieta humana.

En las últimas décadas, la demanda de palta ha aumentado de manera constante, sobre todo en EE.UU. y en la UE, donde las preferencias de consumo se han orientado hacia patrones alimentarios más saludables que incluyen grasas naturales. Este contexto ha favorecido la expansión de los productores latinoamericanos en los mercados globales, quienes han incrementado su oferta para atender este crecimiento sostenido del consumo. De acuerdo con datos de Statista en 2021,a nivel global las exportaciones de palta alcanzaron niveles históricos, registrando un incremento del 14 %, con México como el principal exportador. El reconocimiento del aguacate como un “superfood” ha potenciado su posicionamiento global, estimándose que el valor del comercio internacional podría sobrepasar los 19.000 millones de dólares al cierre del año 2025 (Territorio aguacate, 2022).

Si bien la expansión del cultivo está directamente ligada al aumento de la demanda, el reto fundamental para los países productores radica en garantizar estándares de calidad exportable. A pesar de las dificultades productivas y fitosanitarias que pueden presentarse, diversas naciones han logrado consolidar una oferta competitiva en los principales mercados internacionales.

Tabla 2

Producción Exportadora de Palta en el Mundo

	2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Exportadores	**Cantidad exportada (toneladas)**	**Cantidad exportada (toneladas)**	**Cantidad exportada (toneladas)**	**Cantidad exportada (toneladas)**	**Cantidad exportada (toneladas)**
Mundo	2 434 407	2 304 542	2 568 318	3 050 402	No hay cantidades

México	1 091 936	952 201	978 908	1 227 070	1 041 787
Perú	359 428	312 073	410 697	541 520	583 215
Países Bajos	245 776	270 108	333 212	366 439	334 542
España	108 891	119 144	138 401	139 925	150 148
Chile	132 525	144 621	96 884	98 183	109 287
Kenia	71 879	63 356	79 081	95 036	103 240
Colombia	30 009	44 570	77 075	96 904	98 595
Sudáfrica	89 343	47 948	47 265	52 795	62 985
República Dominicana	36 090	44 968	50 082	56 456	57 605
EE.UU.	68 535	59 347	66 940	61 386	49 332
Sri Lanka	No hay datos	108	60	34	39 570
Francia	21 760	28 217	28 653	32 336	37 427
Israel	18 342	22 577	20 127	23 562	32 336

Nota. Adaptado de articulo de (Flores & Espinoza, 2023).

2.1.4. Importancia del Cultivo de Palto en el Perú

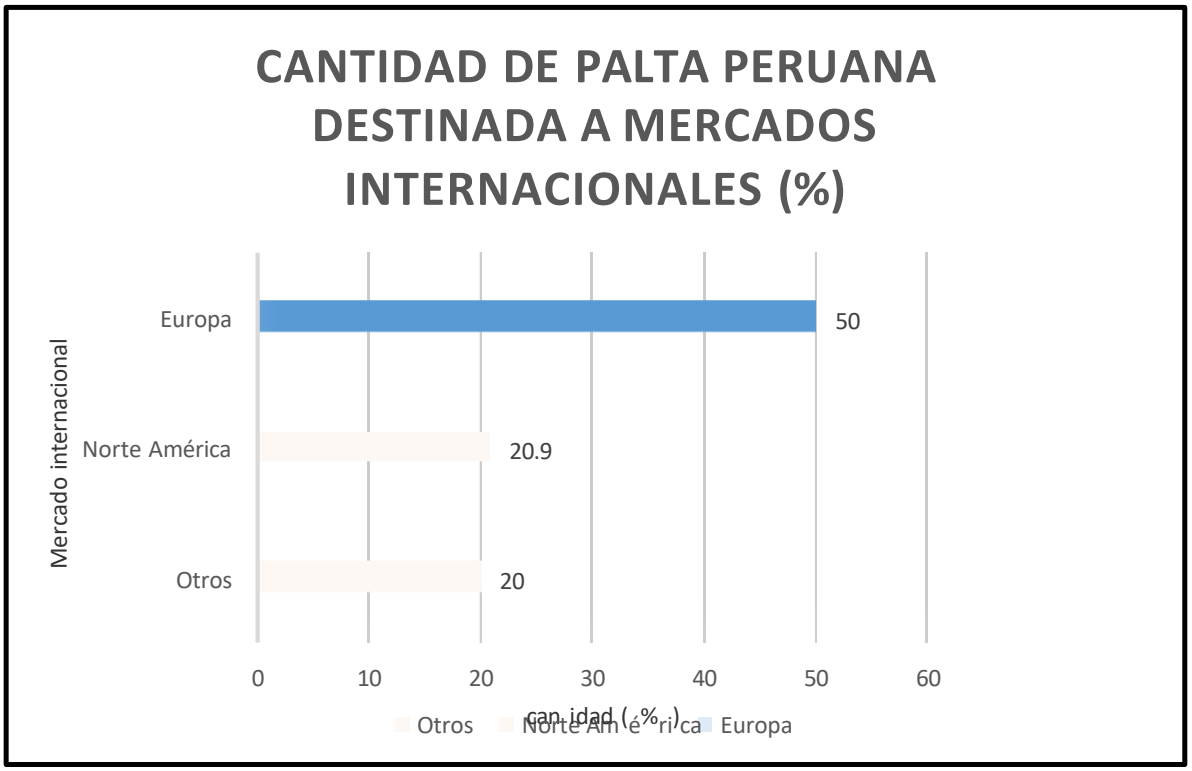
Al cierre de la última década, Perú ha fortalecido su papel como uno de los mayores exportadores y productores de palta a nivel global, posicionándose solo por detrás de México. Para el año 2020, el país logró superar a los Países Bajos en volumen exportado, y ya en 2018 el sector había alcanzado un 12 % del comercio mundial, un valor de USDT 723 millones, asimismo un crecimiento del 23 % en comparación al año antecedido. Este avance destacó sobre el crecimiento de otros países dentro de los cinco principales exportadores como España y Chile, cuyas variaciones fueron mínimas, de 1 % y -36 %, respectivamente. En consecuencia, Perú se afianzó como el principal

abastecedor del mercado europeo y como el segundo proveedor de paltas para Estados Unidos (Salinas, 2021).

En el panorama agrícola peruano, la palta se ha consolidado como uno de los cultivos más influyentes, ubicándose junto con la uva y el arándano entre los productos más destacados en lo respecto a exportación para el 2023, representando el 43,1 % del total de envíos del sector. Asimismo, en lo que respecta a la palta se logró USDT 963 millones, cifra que reflejó un incremento del 9 % respecto al 2022, mientras que el volumen exportado creció un 2,7 %, llegando a 599 209 toneladas (Sociedad de Comercio Exterior del Perú [Comexperu], 2024).

Gráfico 1

Cantidad Porcentual de Destino de Palta Peruana a Mercados Internacionales



Nota. Gráfico adaptado de (South Pacific Logistics, s.f).

La campaña 2023 permitió que el fruto llegara a 40 mercados internacionales, entre los que destacaron la Unión Europea, Estados Unidos, Chile, y algunos países asiáticos Gestión, (2024). Para satisfacer esta demanda, participaron 16 regiones productoras, entre ellas La Libertad, Arequipa, Ica y Moquegua, así como distintos valles interandinos ubicados en Apurímac, Cusco, Junín, Áncash y la sierra de Lima, trabajando de manera articulada con SENASA, certificaron 49 470 hectáreas destinadas a la exportación (Bravo, 2024).

2.1.5. Enfermedades en el Cultivo de Palta

Podemos encontrar en el cultivo de palto que muestra una gran exposición a problemas fitosanitarios que comprometen su rendimiento y salud vegetal. Presentándose, así como retos para los agricultores. Según Colonia, (2013) entre las enfermedades más frecuentes destacan la tristeza del palto, asociada a la pudrición radicular generada por *Phytophthora cinnamomi*; la muerte regresiva, atribuida a *Lasiodiplodia theobromae* y caracterizada por necrosis y el secado progresivo de ramas; y el moho gris, provocado por *Botrytis cinerea.* También se registran afectaciones causadas por *Cladosporium spp*. y por el Viroide de la Mancha Solar (*Sunblotch Viroid*). A ello se suman otras patologías reportadas, como la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), la pudrición blanca (*Dothiorella gregaria*), la pudrición negra (*Cylindrocarpon destructans*) y la fumagina, originada por *Capnodium sp*., que recubre hojas y ramas con una película oscura que limita la fotosíntesis (Durán, 2022).

2.1.6. Hongos de Madera: Lasiodiplodia theobromae "Muerte regresiva"

- **Taxonomía**

Se trata de un hongo patógeno necrotrófico, conocido en su forma sexual como *Botryodiplodia theobromae* Pat.

Tabla 3

Clasificación Taxonómica de Lasiodiplodia theobromae

Reino	Fungi
División	Ascomycota
Clase	Dotideomycetos
Orden	Botryosphaeriales
Familia	Botryosphaeriaceae
Género	Lasiodiplodia
Especie	*Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon y Maubl.

***Nota*.** Información adaptada de base de datos (Species Fungorum Plus, 1909).

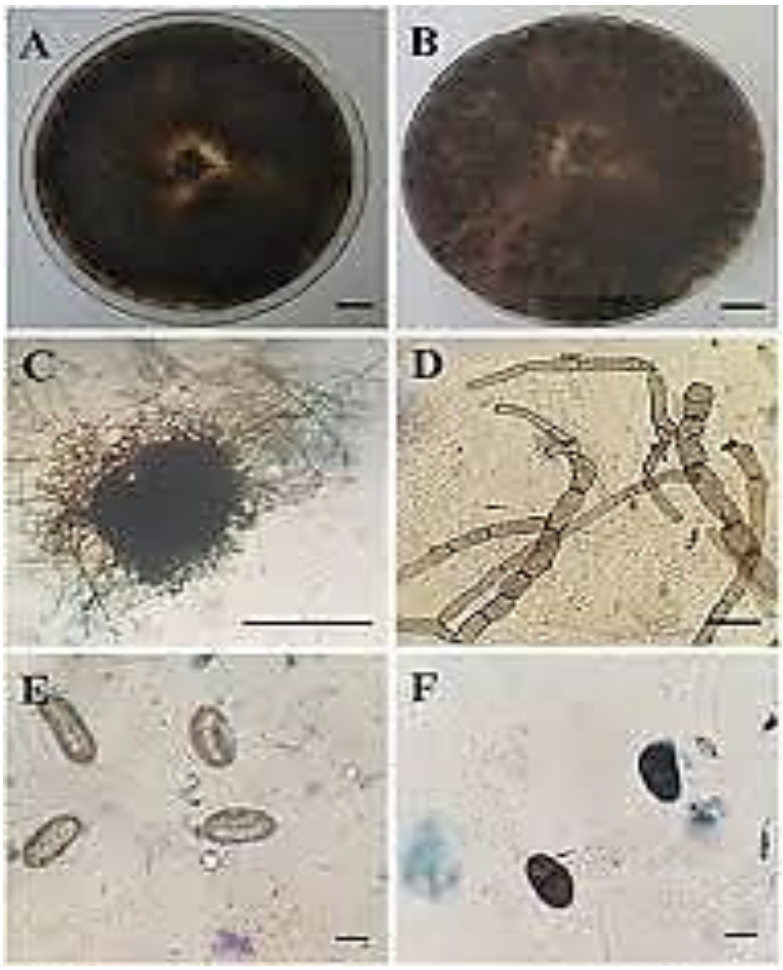
- **Morfología**

El patógeno inicia su desarrollo con un micelio de tonalidad blanca, que progresivamente adquiere un color gris cenizo hasta tornarse casi negro en etapas avanzadas. Sus picnidios, estructuras de resistencia características, son de color oscuro y presentan aberturas con paráfisis de entre 4 y 5,5 µm de grosor y longitud, un rasgo útil

para distinguir a *Lasiodiplodia spp*. de géneros afines. Las hifas se denotan como estructuras septadas además de conidióforos simples, la cual estas son los responsables de la formación de conidios que miden aproximadamente 13,0–15,4 μm de ancho y 23,6–28,2 μm de largo.

Figura 1

Morfología de *Lasiodiplodia theobromae*



Nota. A-B Crecimiento del patógeno en medio PDA; C Formación de picnidios; D Hifas septadas color marrón oscuro; E conidios hialinos; F conidios maduras (Moreira Morrillo et al., 2021).

Las conidias jóvenes son transparentes, en forma elíptica, y principalmente unicelulares con paredes gruesas; conforme maduran, adquieren una coloración marrón, desarrollan estrías longitudinales y se vuelven septadas. *L. theobromae* afecta tallos, ramas y frutos del palto, ingresando principalmente a través de heridas, lo que la

caracteriza como un patógeno de avance moderado. Con frecuencia se encuentra asociada a cortes de poda, aunque también puede penetrar por lesiones naturales.

Las conidias de L. theobromae son hialinas, elipsoidales, unicelulares y de pared gruesa en su fase joven; al madurar se vuelven marrones, presentan estriaciones longitudinales y se dividen en compartimentos. Este hongo infecta tallos, ramas y frutos principalmente a través de heridas, por lo que se considera un patógeno de acción moderada, frecuentemente asociado a daños de poda o lesiones naturales. Posee afinidad por el xilema debido a su comportamiento endofítico, condición que se acentúa en la variedad Hass por la suavidad de su madera, lo que facilita su avance. Bajo situaciones de estrés, como sequía o exceso de sales, puede activarse desde un estado latente y volverse más agresivo, deteriorando la madera y comprometiendo la vitalidad del árbol. A nivel molecular, se ha identificado que L. theobromae cuenta con un repertorio genético compuesto por 13.061 que actúan sobre la generación de múltiples proteínas en más de 50 cepas obtenidas de tejidos de cacao con síntomas, de ellas 2.862 corresponden a genes exclusivos de la especie. En el ámbito bioquímico, se caracteriza por la síntesis de al menos 134 metabolitos secundarios derivados tanto de ácidos grasos como de otros compuestos; dentro de estos destacan moléculas como ciclohexenonas, ciclohexenos, indoles, lactonas, jasmonatos, melleínas y diversos tipos de fenoles (Picos et al., 2015, pp 60-62).

- **Sintomatología**

Cuando el hongo activa su fase patogénica, provoca la descomposición y desorganización de la madera. En un inicio puede permanecer en las ramas, generando una esporulación negruzca superficial y leve, sin mayores consecuencias visibles. No obstante, conforme la infección avanza, sobre todo en troncos envejecidos o sometidos a condiciones de estrés (sequía, exceso de sales o daños mecánicos), se desarrollan lesiones más evidentes conocidas como cancros (Redagrícola, 2021).

Estos cancros se caracterizan por hundimientos en la corteza, oscurecimiento del tejido y grietas longitudinales que interrumpen el flujo de savia. Con el tiempo, las ramas afectadas presentan marchitez progresiva, pérdida de vigor y en casos severos, muerte regresiva. En frutos jóvenes, la infección puede manifestarse como manchas oscuras y endurecidas, que reducen su calidad comercial.

Figura 2

Sintomatología de Lasiodiplodia theobromae en Palto



Nota. A Rama totalmente seca causada por *L. theobromae*; B corte transversal de rama infectada por *L. theobromae*; C corte longitudinal de rama infectada por *L. theobromae* (Arrebola et al., 2023)

- **Ciclo Biológico**

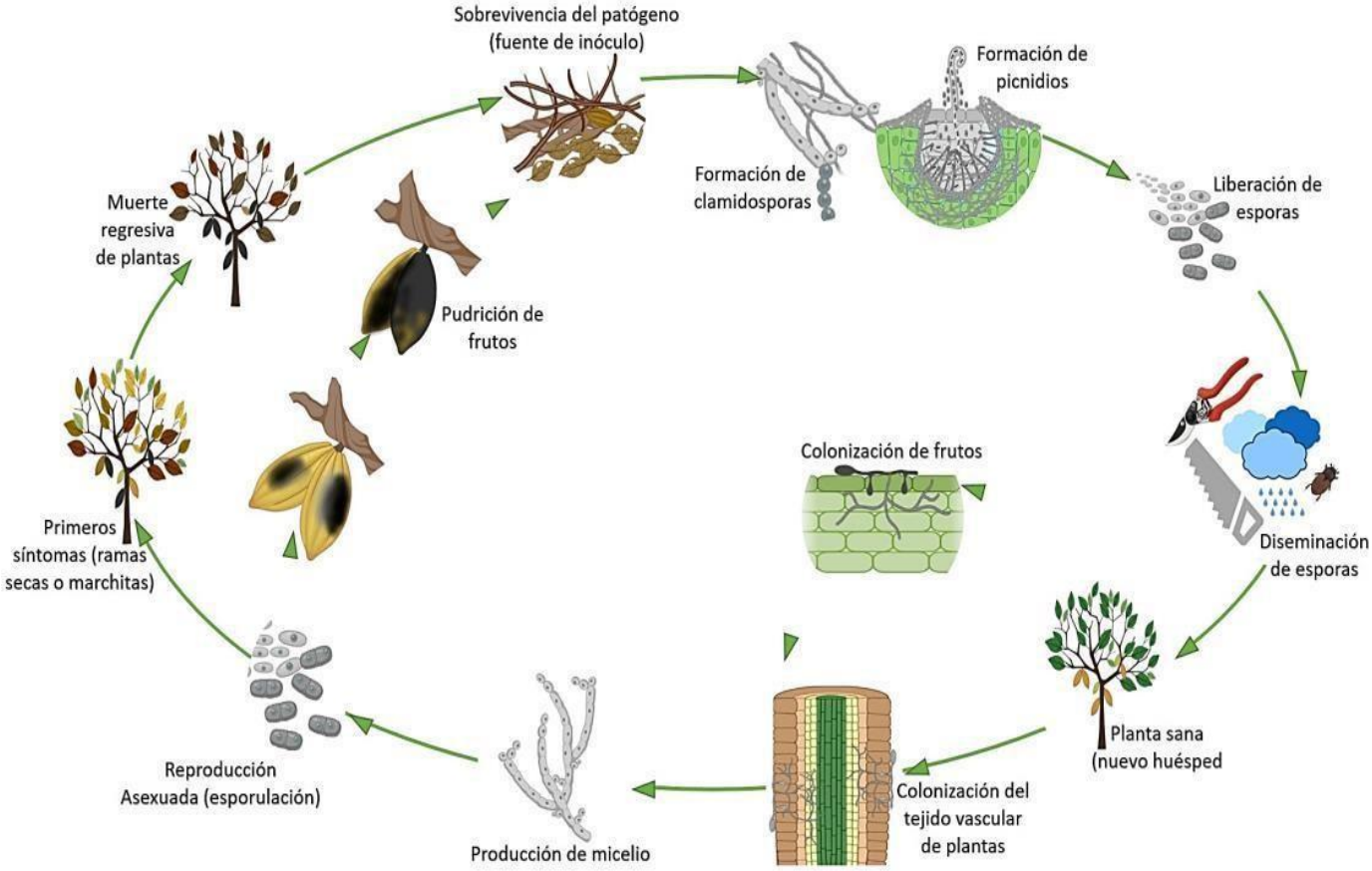
Es esencial comprender el ciclo biológicos de Lasiodiplodia theobromae para establecer estrategias de manejo efectivas. Este fitopatógeno puede persistir en el suelo principalmente en forma de picnidios vistas como estructuras latentes, así como también en esclerocios y clamidosporas presentes en tejidos vegetales infectados.

En el ambiente, el hongo sobrevive como saprófito en hojas secas, frutos infectados y fragmentos de ramas caídas, lo que facilita su permanencia en el agroecosistema. Bajo condiciones ambientales favorables (temperatura mínima de 15 °C, óptima de 28 °C y máxima de 40 °C), los picnidios liberan conidias, las cuales son diseminadas por el viento, la lluvia, herramientas contaminadas o incluso por insectos como los Miridae.

Una vez que las esporas entran en contacto con tejidos susceptibles, el hongo penetra generalmente a través de heridas o cortes de poda. Posteriormente coloniza ramas jóvenes, brotes y frutos, produciendo lesiones que afectan de manera severa el desarrollo, especialmente en variedades de cacao y palto con mayor susceptibilidad.(Biocontrol Tech, 2023).

Figura 3

Ciclo Biológico de Lasiodiplodia theobromae



Nota. Imagen extraída del autor (Biocontrol Tech, 2023)

- **Condiciones Agroclimáticas Óptimas**

El fitopatógeno *Lasiodiplodia theobromae* presenta una distribución predominante en zonas tropicales y subtropicales, favorecida por las temperaturas cálidas y humedad relativa variable, esto favorecen su desarrollo. Este organismo tiende a establecerse con mayor facilidad en suelos de textura arcillosa o en aquellos con subsuelos de baja permeabilidad y alta retención de humedad, factores que crean un microambiente propicio para su supervivencia y desarrollo. En cuanto a su fisiología, el hongo muestra un crecimiento óptimo alrededor de los 29–30 °C; sin embargo, mantiene la capacidad de esporular dentro de un rango térmico amplio, que puede ir desde los 15 hasta los 40 °C. Las temporadas de lluvia intensifican la producción y

liberación de conidias, lo que incrementa la probabilidad de dispersión e infección en los cultivos susceptibles.

Asimismo, condiciones abióticos como la limitación de nutrientes y el estrés hídrico pueden favorecer su desarrollo en tejidos vegetales. En el caso del mango, se ha evidenciado que estas condiciones potencian su agresividad; mientras que, en frutales como el duraznero, la alta humedad combinada con lesiones mecánicas incrementa significativamente la incidencia del patógeno. (Moreira et al., 2021).

- **Control Biológico de la "Muerte regresiva" (*Lasiodiplodia theobromae*)**

El control biológico se define como la reducción de poblaciones de patógenos o parásitos, ya sea en sus fases activas o de resistencia, mediante el uso de organismos naturales, la manipulación del entorno, el aprovechamiento del potencial antagonista del huésped o del comportamiento de otros microorganismos capaces de inhibirlos, con el fin de disminuir la incidencia de enfermedades (Mondino & Vero, 2006).

Existen diversas fuentes en la que se han examinado hongos, bacterias y levaduras para controlar enfermedades provocadas por *L. theobromae* en distintos cultivos. No obstante, se determina que los hongos podrían demostrar un antagonismo potencialmente más efectivo (Borges et al., 2018).

Diversas investigaciones han explorado el potencial de diferentes microorganismos hongos, bacterias y levaduras como agentes de biocontrol frente a *Lasiodiplodia theobromae* en una variedad de cultivos. Dentro de este grupo, los hongos se han posicionado como los más eficaces, destacando especialmente especies del género Trichoderma, como *T. asperellum* y *T. harzianum*. Estas cepas ejercen su acción antagonista principalmente mediante la síntesis de enzimas hidrolíticas y un marcado parasitismo directo sobre el fitopatógeno Borges et al., 2018). Asimismo, se han documentado efectos inhibitorios en otras especies fúngicas, como Aspergillus sp. y *Penicillium citrinum* (Polanco Florián et al., 2020). En relación con las bacterias, *Bacillus subtilis* destaca por sus enzimas generadas que aportan propiedades antimicrobianas y acción hidrolítica sobre pared celular del hospedero, lo que le permite desplegar un mecanismo de antagonismo similar al observado en Trichoderma (Tadey, 2023).

- **Metodología de Monitoreo de Lasiodiplodia theobromae**

Para la evaluación del hongo fitopatógeno *L. theobromae* es indispensable definir la unidad muestral, ya que sobre este elemento recae la medición del daño ocasionado. La unidad de estudio puede corresponder a una hoja, tallo, raíz, fruto u otra

estructura vegetal en la que se manifieste la enfermedad (Senasa, s.f). Dentro del proceso de monitoreo, los parámetros más utilizados son:

- Incidencia: representa el porcentaje de unidades de estudio afectadas por la enfermedad dentro de una población determinada. indica cuántas plantas presentan síntomas visibles en relación con el total evaluado.
- Severidad: Ligado al grado de daño ocasionado por el patógeno en la unidad de estudio. evalúa la extensión o intensidad de los síntomas en los tejidos afectados, como hojas, tallos o frutos.

2.1.7. Trichoderma sp.

Este microorganismo destaca por su capacidad de vivir libremente en el suelo, aprovechando oportunidades para establecer simbiosis con las plantas, aunque algunas especies también actúan como micoparásitos. Estos hongos pueden habitar diferentes entornos terrestres, tanto bosques, pastizales, suelos agrícolas e incluso zonas áridas. (Zhang et al., 2005).

Tabla 4

Clasificación Taxonómica de Trichoderma sp.

Reino	Fungi
División	Eumycota
Subdivisión	Ascomycotina
Clase	Euascomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Hypocraceae
Género	*Trichoderma*
Especie	*Trichoderma sp.*

Nota. Información adaptada de (Argumedo et al., 2009).

Presentan bajos requerimientos nutricionales **y** buen rango de temperatura para su desarrollo oscilando entre 25 y 30 °C**.** Se caracterizan en general por desarrollarse sobre un nicho ecológico muy variable, lo que les permite establecerse como un saprofito o en su defecto establecer relaciones simbióticas con plantas y animales, utilizando una amplia variedad de sustratos. Esta flexibilidad favorece su proliferación, impulsando su uso en la agricultura como agentes de biocontrol **y** estimulantes del crecimiento vegetal. En este contexto, el estudio de especies de *Trichoderma spp.* en

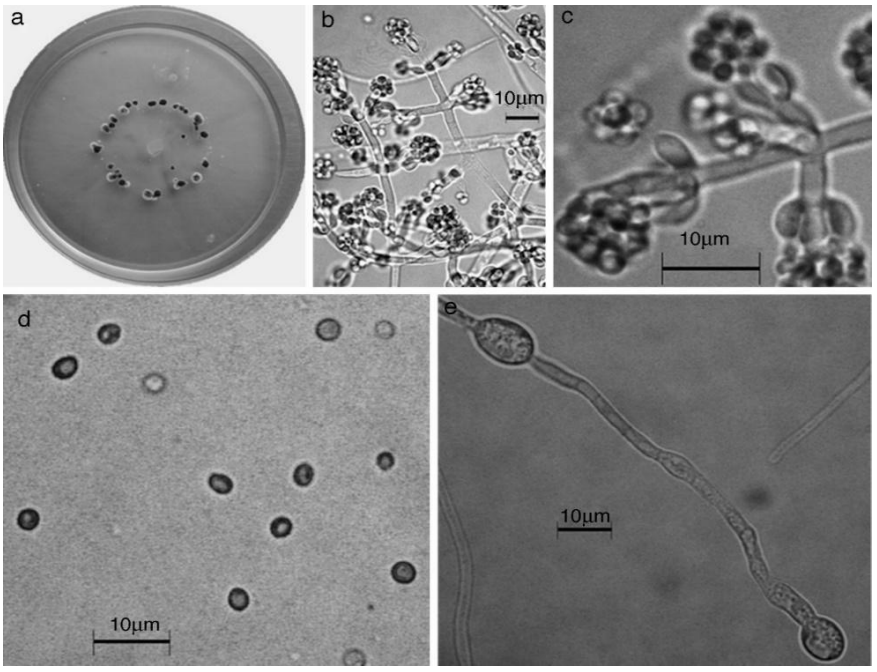
diferentes tipos de hábitats naturales, amplía el conocimiento sobre su potencial biotecnológico y evidencian su relevancia agroecológica. (Hernández et al., 2019).

- **Efecto Bioestimulante de *Trichoderma sp.***

Diversos estudios han demostrado que *Trichoderma sp.* cumple un rol dual en la agricultura, ya que además de su reconocida acción como agente de biocontrol, también puede funcionar como un eficaz bioestimulante capaz de potenciar el crecimiento vegetal incluso en condiciones libres de patógenos. Este efecto benéfico se relaciona con su capacidad para producir fitohormonas, favoreciendo la asimilación de nutrientes y activar respuestas naturales en las plantas. Estudios realizados con *T. harzianum* han promovido una mejor germinación y buen establecimiento de plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis*) (Cubillos et al., 2011). Asimismo, ensayos en semillas de tomate mostraron mejoras en el tiempo (días) de germinación y en el vigor de las plántulas tras su aplicación (Castro & Rivillas, 2005), lo que confirma su potencial como herramienta biotecnológica para el fortalecimiento del crecimiento y la sanidad vegetal.

Figura 4

Estructura a Visión Microscópica de Trichoderma sp.



Nota. Muestra presentada de *Trichoderma sp.* Brevicompactun (ej.); a) *Trichoderma sp.* desarrollado en medio PDA; b) conidióforo; c) fiálides; d) conidios; e) clamidospora, Figura tomada de (Torres et al., 2015).

- **Mecanismo de Acción Como Proveedor de Efecto Bioestimulante**

Nutrientes esenciales como fósforo, nitrógeno y otros, son provistos con una mejor asimilación tras la aplicación de *Trichoderma*, lo que se traduce en una optimización en el aprovechamiento nutrimentales por las plantas generando un desarrollo más eficiente (Vinale et al., 2008). Paralelamente, este microrganismo puede activar las vías de defensa a nivel sistémico, generando una respuesta más eficaz frente a distintos tipos de estrés, mediante la adaptabilidad de genes asociados a dichas rutas de defensa (Shoresh et al., 2010).

a) *Trichoderma sp*. y su efecto sobre el contenido de clorofila

Trichoderma sp. contribuye de manera significativa a la nutrición vegetal, impactando directamente en los niveles de clorofila. Este hongo promueve una mejor asimilación del nitrógeno en el suelo al complementarse con diferentes agentes microbianos enriqueciendo la rizosfera, en consecuencia se induce la formación de clorofila (Hoyos et al., 2009). Su acción se relaciona con la producción de diversas moléculas enzimáticas como celulasas, xilanasas y quitinasas que degradan la materia orgánica y liberan nutrientes fundamentales para el desarrollo vegetal. Como resultado, no solo se favorece un crecimiento más vigoroso, sino que también se optimiza la síntesis y estabilidad de la clorofila, promoviendo una fotosíntesis más eficiente (Harman et al., 2004).

b) *Trichoderma sp.* y su efecto sobre el contenido relativo de agua en plantas

Trichoderma sp. cumple un rol importante al mejorar el crecimiento y metabolismo de las plantas para enfrentar condiciones de estrés, gracias a mecanismos fisiológicos y bioquímicos. Como la producción de fitohormonas entre ellos el ácido indolacético, las giberelinas y las citoquininas, compuestos que intervienen en procesos esenciales del desarrollo, incluyendo la elongación de células, lateralizar raíces secundarias y la promoción de la división celular (Harman et al., 2004). Al estimular la formación de un sistema radicular más extenso y funcional, *Trichoderma sp*. incrementa la eficiencia en la captación de agua del suelo, lo que se traduce en un mejor mantenimiento del contenido relativo de agua en los tejidos. Este adecuado estado hídrico sostiene la integridad fisiológica de la planta y contribuye a preservar la turgencia celular, un factor determinante para tolerar periodos de limitación hídrica y asegurar un crecimiento más estable bajo condiciones adversas.

c) *Trichoderma sp*. y su efecto sobre el contenido nutricional foliar

Trichoderma sp. favorece un mejor estatus nutricional de las plantas al intervenir activamente en los procesos de transformación y disponibilidad de nutrientes en el sustrato. Este hongo acelera la descomposición de la materia orgánica y libera compuestos minerales en formas más accesibles para las raíces (Santana et al., 2016). De igual modo, es capaz de solubilizar fosfatos, transformar fracciones de nitrógeno de baja disponibilidad y movilizar micronutrientes, a partir de la producción de ácidos orgánicos y diversas enzimas hidrolíticas (Altomare et al., 1999). Como resultado de estas acciones, aumenta la eficiencia en la asimilación de macro y micro nutrientes, lo que se refleja en un contenido nutricional foliar superior y en un desarrollo vegetal más vigoroso y equilibrado.

- **Efecto Bioprotector de *Trichoderma sp.***

El control biológico que ejerce *Trichoderma sp*. se sustenta en una serie de mecanismos que restringen el crecimiento y la actividad de diversos fitopatógenos. Entre los mecanismos más importantes destacan la competencia por nutrientes y espacio, el micoparasitismo directo y la producción de compuestos con efecto antimicrobiano, los cuales contribuyen a crear condiciones adversas que dificultan el establecimiento y desarrollo del patógeno. La capacidad del hongo para colonizar de manera eficiente la rizosfera potencia la acción de estos procesos y asegura su persistencia en el entorno radicular.

Asimismo, se han descrito mecanismos adicionales que fortalecen su función biocontroladora, tales como la liberación de enzimas hidrolíticas y la producción de metabolitos inhibitorios capaces de degradar estructuras del patógeno o interferir en su crecimiento. *Trichoderma sp*. también puede activar rutas de defensa naturales en las plantas, promoviendo la acumulación de compuestos asociados con resistencia, la detoxificación de moléculas tóxicas liberadas por el patógeno y la supresión de sustancias que facilitan el proceso infeccioso (Infante et al., 2009)

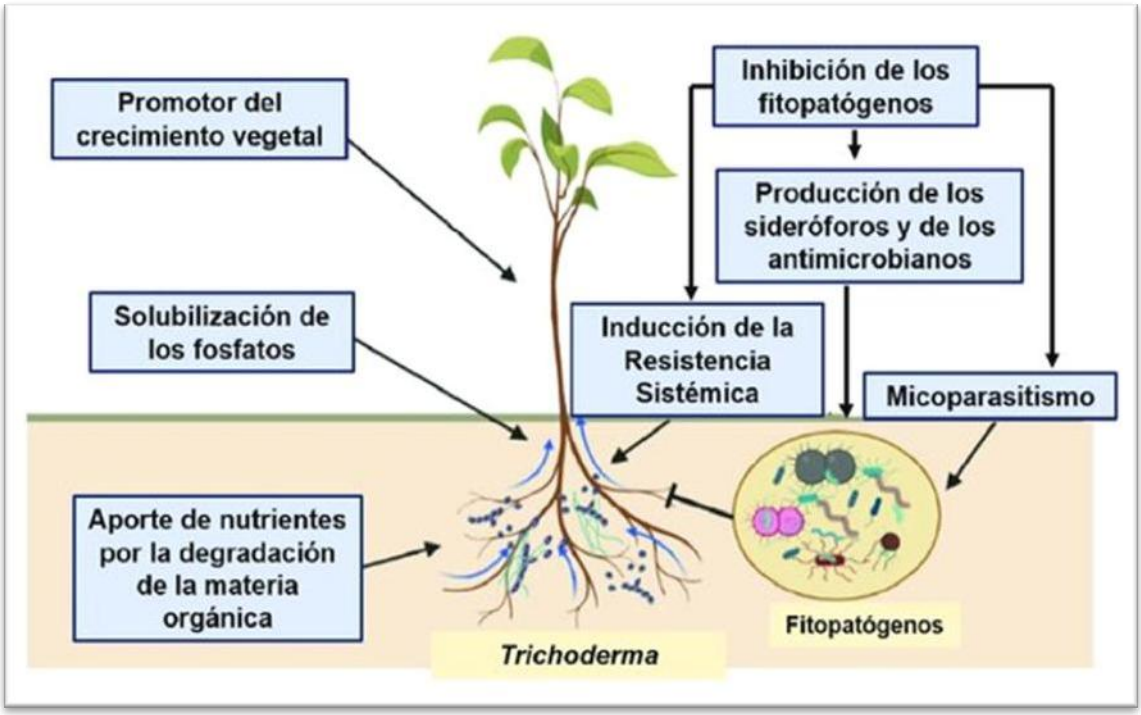
En este contexto, los metabolitos secundarios producidos por este género fúngico cumplen un rol determinante al funcionar como fungicidas, antibióticos, nematicidas o insecticidas, contribuyendo no solo a la reducción natural de poblaciones patógenas, sino también a la mejora de la fauna benéfica del suelo y a un desarrollo vegetal más saludable (Mesa et al., 2020)

- **Mecanismo de Acción de *Trichoderma sp*. Como Bioprotector.**

- ❖ Micoparasitismo: *Trichoderma* puede parasitar hongos fitopatógenos como *Lasiodiplodia theobromae*, degradando sus paredes celulares mediante la acción de enzimas como quitinasas y glucanasas (Infante et al., 2009).
- ❖ Competencia: Este hongo compite eficazmente en la rizosfera, reduciendo la disponibilidad de recursos esenciales para los patógenos y restringiendo su crecimiento y colonización (Santamarina et al., 2005).
- ❖ Producción de metabolitos secundarios: *Trichoderma* sintetiza antibióticos y compuestos volátiles, como la trichodermina y la dermadina, que inhiben el desarrollo de diversos hongos patógenos (Pastor Esteche, 2023).

Figura 5

Propiedades Benéficas de Trichoderma sp



Nota: Figura extraída de (González et al., 2022).

- **Multiplicación de *Trichoderma sp.***

La multiplicación de Trichoderma sp. en sustrato sólido se realiza cultivando el hongo en medios orgánicos como arroz, avena u otros granos que actúan como fuente de nutrientes. Este método es ampliamente empleado por su simplicidad y efectividad en la producción masiva de esporas viables, utilizadas en agricultura como agentes biocontroladores y bioestimulantes. La concentración de esporas utilizada para la

inoculación está directamente relacionada con la velocidad de desarrollo, ya que algunas cepas presentan un crecimiento más rápido que otras (Michel Aceves et al., 2008).

- **Aplicación de *Trichoderma sp.***

La aplicación de *Trichoderma sp*. se realiza tanto de manera foliar o vía drench dirigido a las raíces, en la aplicación radicular; favoreciendo la absorción de nutrientes y contribuyendo a la protección frente a patógenos mediante mecanismos de acción como la competencia por recursos, la antibiosis y el micoparasitismo.; mientras que en la aplicación foliar pueden inducir resistencia sistémica, aumentando la capacidad de las plantas para resistir enfermedades (Shoresh et al., 2010).

2.2. Antecedentes

a) Antecedentes Nacionales

Jimenez Ariza et al. (2023) desarrollaron una investigación enfocado en conocer la capacidad inductora de resistencia de cinco bioproductos: ProtecSea (extractos marinos), Barrera (*Origanum vulgare*), Timorex Gold, T22 (Trichoderma harzianum), Vacun Q Pro, frente a *Lasiodiplodia theobromae* en plantas de palto (*Persea americana* var. Hass), utilizando, además de un testigo con agua. El ensayo se desarrolló sobre plantas de un año, con tres aplicaciones en intervalos de diez días cada tratamiento. El patógeno se inoculo cinco días después de la última aplicación. Cinco días después de la última aplicación se procedió a inocular el patógeno, y cuarenta días más tarde se evaluó el tamaño de la lesión, la longitud de las raíces y el contenido de materia seca tanto en hojas como en raíces. Los resultados indicaron que todos los tratamientos, excepto el testigo, lograron disminuir la propagación de las lesiones en los tallos afectados. Destacó de manera particular el bioproducto T22, que registró el valor más alto de materia seca en raíces (46,52 %), superando claramente al control (41,21 %). En cuanto al contenido de materia seca en hojas, no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Respecto al crecimiento radical, ProtecSea obtuvo el mejor resultado (56,80 cm), seguido por T22 con 54,90 cm. Los datos obtenidos confirman el potencial de estos bioproductos para activar mecanismos de resistencia sistémica en plantas de palto.

Gutiérrez (2023) en su tesis evaluó diversos productos biológicos para el manejar la proliferación de *Lasiodiplodia theobromae* en plantas de palto. El estudio se ejecutó bajo un DCA, conformado por cuatro tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. Entre ellos, el tratamiento T1 correspondió a una cepa de *Trichoderma harzianum*

en una dosis de 50 g de producto comercial por planta. Las variables consideradas incluyeron área foliar, número de hojas, longitud del injerto, así como la incidencia del patógeno y la eficiencia de control. Los tratamientos T1 y T2 este último basado en *Bacillus subtilis* fueron los más sobresalientes en el desarrollo vegetativo. Ambos lograron longitudes de injerto destacadas (22,81 cm para T1 y 22,10 cm para T2), acompañadas de un mayor número de hojas (24,66 y 23,2, respectivamente) y una ampliación del área foliar (64,43 cm^2 en T1 y 62,80 cm^2 en T2). En términos fitosanitarios, estos tratamientos registraron las incidencias más bajas (82,5 % en T1 y 35 % en T2) y los menores niveles de severidad (0,3 y 0,5), alcanzando eficiencias de control del 93,75 % y 85,43 %.

Mejía (2018) en su investigación busco determinar el agente causal de la "muerte regresiva" en árboles de palto y a evaluar su manejo en condiciones in vitro. En las zonas analizadas, la enfermedad presentó incidencias del 69 % y 74 %. A partir de muestras obtenidas, se aislaron tres géneros de hongos: *Lasiodiplodia theobromae* (90 %), *Alternaria alternata* (7,5 %), *Colletotrichum* (2,5 %). Posteriormente, se efectuó una prueba de patogenicidad en plántulas de palto inoculadas con suspensiones de estos hongos sobre PDA, monitoreando la aparición de síntomas hasta confirmar que L. theobromae era el responsable directo de la muerte regresiva. Con el fin de determinar alternativas de control, se evaluaron 14 tratamientos fungicidas químicos y biológicos aplicados en tres concentraciones distintas. Entre ellos, *Bacillus subtilis* destacó por alcanzar una efectividad del 100 %. El sulfato de cobre mostró también un desempeño elevado (94,4 %), mientras que *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* obtuvieron niveles de inhibición micelial del 61,1 % y 48,2 %, respectivamente. Estos resultados evidencian que, si bien varios productos presentan actividad antagonista, B. subtilis sobresale como la opción más eficiente dentro de las condiciones evaluadas.

Leonardo (2024) evaluó mediante un diseño de parcelas divididas la influencia de vermicompost, estiércol "frass" y su combinación con una cepa de *Trichoderma harzianum.* Se evidenció que el estrés hídrico redujo significativamente el contenido hídrico relativo foliar, pero los tratamientos con *T. harzianum* y vermicompost lograron atenuar esta disminución. En cuanto a la conductancia estomática (Gs), se registraron diferencias notables entre condiciones, alcanzándose los valores más altos hasta 120,2 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} en las combinaciones que integraron vermicompost, *T. molitor* y *T. harzianum*, lo que evidenció un mejor intercambio gaseoso bajo estrés. Aunque los macronutrientes (N, P, K) no mostraron variaciones marcadas, los tratamientos con *T.*

harzianum y vermicompost incrementaron los niveles de nitrógeno y fósforo, mientras que en situación de estrés hídrico se presenció un mayor contenido de hierro y zinc. En conjunto, los resultados resaltan la influencia positiva de *T. harzianum* asociado a enmiendas orgánicas en el mantenimiento del estado hídrico y el desempeño fisiológico de las plantas bajo condiciones adversas.

Dominguez Yap (2018) evaluó la propiedades benéficas de cepas endofíticas de *Trichoderma* sumadas a enmiendas agrícolas para conocer su efecto sobre la fisiología de cacao (*Theobroma cacao*) expuestas a estrés hídrico. Se emplearon cuatro cepas nativas aisladas de tallos TE-21, TE-25, TE-51 y TE-54 y dos abonos orgánicos (guano de isla y humus de lombriz). La variable de conductancia estomática mostró efecto significativo de la enmienda, con mayores valores en tratamientos con humus de lombriz (115,67 mmol m^{-2} s^{-1}) respecto al guano de isla (97,76 mmol m^{-2} s^{-1}), mientras que entre cepas los valores más altos correspondieron a TE-25 y TE-51 (108,13 y 108,01 mmol m^{-2} s^{-1}, respectivamente). En cuanto a los genotipos de plantas de cacao, el ICT-2142 presentó la mayor conductancia estomática (136,95 mmol m^{-2} s^{-1}) respecto a otras, evidenciando variabilidad fisiológica entre materiales genéticos y la influencia combinada de Trichoderma y enmiendas orgánicas sobre la respuesta estomática del cultivo.

Sotomayor et al. (2022) evaluaron el efecto de distintos complejos microbianos sobre el desarrollo longitudinal y la condición nutrimental de plántulas de aguacate ‘Criollo’ bajo un DBCA. Se emplearon tres consorcios compuestos por *Trichoderma spp*., *Bacillus spp*., *Pseudomonas spp*., *Paecilomyces lilacinus*, *Glomus spp*. y otros microorganismos benéficos, aplicados entre los 70 y 150 (dds.) directamente al sustrato. Los resultados mostraron diferencias significativas en el diámetro de tallo, la altura total de planta e índice de tonalidad (color) a los 170 días, evidenciando un efecto bioestimulante. En cuanto al estado nutricional, se mostró un aumento notable en la concentración de cobre (Cu), especialmente con el Consorcio 1 (*Trichoderma spp*), que registró 4.74 ppm en tejido aéreo y 7.08 ppm en raíces, representando un aumento del 46% respecto al testigo. Aunque no se hallaron diferencias estadísticas para otros nutrientes versus el grupo control, las concentraciones obtenidas se mantuvieron dentro de los rangos adecuados para la especie.

Ortiz Calcina (2017) analizó el impacto de la biofertilización a partir de cepas de *Trichoderma sp*. sobre el desarrollo y nutrición de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd. var. Salcedo INIA) en condiciones controladas, con el objetivo de potenciar el

rendimiento y el estado nutricional del cultivo. El ensayo se desarrolló bajo un diseño factorial 2×5 más dos testigos, empleando cinco cepas del hongo aplicadas tanto por drench al suelo como mediante peletizado de semillas. Los resultados evidenciaron mejoras significativas en cuanto a la altura, diámetro del tallo, biomasa y desarrollo radicular, destacando la cepa TE7, que alcanzó una longitud de raíz de 48.31 cm y un rendimiento de 3893.7 $kg \cdot ha^{-1}$, muy por encima del testigo (29.67 cm y menor rendimiento). Asimismo, las plantas tratadas presentaron mayores niveles foliares de N, P y K con valores de 2.07%, 0.31% y 2.95%, respectivamente en comparación con el control (1.51%, 0.24% y 1.91%), lo que confirma el efecto del hongo en optimizar la absorción de nutrientes mediante una mayor exploración radicular y un mejor desempeño fisiológico.

Rodriguez Celmi (2020) evaluó el potencial de hongos biocontroladores como inductores de desarrollo vegetal en palto, con el objetivo de encontrar una vía eficaz para el óptimo aprovechamiento de nutrientes dispuestos en el sustrato y su influencia en el crecimiento vegetativo. El estudio se llevó se desarrolló en un DBCA, empleando tratamientos combinados de *Trichoderma viride*, *T. harzianum* y fertilización NPK. Se obtuvo que el tratamiento T3, conformado por *T. viride* + *T. harzianum* + NPK, obtuvo los valores más elevados en altura, crecimiento foliar y demás variables morfológicas evaluadas, confirmando el efecto positivo y significativo de esta integración biológica y nutricional en la propagación del palto.

b) Antecedentes Internacionales

Wanjiku *et al*. (2021) evaluaron la incidencia y manejo de la pudrición peduncular (stem end rot, SER) en frutos de aguacate ‘Hass’, identificando a *Lasiodiplodia theobromae* como el patógeno más frecuente, seguido de *Neofusicoccum parvum*, *Nectria pseudotrichia* y *Fusarium solani*. En ensayos in vitro y postcosecha, los fungicidas redujeron significativamente el crecimiento de los patógenos, mientras que los agentes biocontroladores del género Trichoderma mostraron un efecto diferencial según la especie y momento de aplicación. *T. asperellum* redujo el parámetro de severidad de la SER promovido por *L. theobromae* hasta en un 10%, y por *N. parvum* hasta en un 55%, según el tipo de inoculación. Asimismo, *T. atroviride* logró inhibir completamente el desarrollo de SER por *F. solani*, *N. parvum* y *N. pseudotrichia*; asimismo *T. harzianum* evitó la infección postinoculación por los mismos patógenos. Estos hallazgos ponen de manifiesto el notable potencial de

Trichoderma spp. como una vía biológica efectiva para el tratamiento postcosecha de la SER en frutos de aguacate.

Rabuske *et al*. (2023) investigaron la acción de aislados de *Trichoderma asperellum* y de sus metabolitos producidos, actuando como antagonista de *Lasiodiplodia theobromae* y como estimulador del desarrollo de plántulas de nuez pecana. El estudio incluyó dos ensayos en condiciones de invernadero: en el primero, los tratamientos de control biológico se aplicaron sobre la parte aérea antes de inocular el patógeno en el tallo, mientras que en el segundo se incorporaron al sustrato previo a la inoculación. Se midieron diversos parámetros de crecimiento, así como la incidencia y severidad del cancro del tallo. Los resultados mostraron que tanto los filtrados de cultivo como las suspensiones de esporas de *T. asperellum* favorecieron un mayor crecimiento y redujeron la incidencia (37,50 % de plantas afectadas) y la severidad de la enfermedad (9,5 %) a diferencia del grupo inoculado solo con el patógeno. Los hallazgos indican que los aislados de *T. asperellum* y sus filtrados son herramientas eficaces para inducir el desarrollo vegetal y disminuir el impacto de la enfermedad en plántulas de nuez pecana, independientemente del modo de aplicación.

Li *et al*. (2022) evaluó la capacidad de *Trichoderma hamatum* para contrarrestar a *Lasiodiplodia theobromae*, principal agente causal de pudriciones en macadamia. Bajo condiciones de laboratorio, el antagonista mostró una reducción significativa del crecimiento radial del patógeno, Además, sus metabolitos evaluado en concentraciones entre 0,5% y 10%, frenaron de manera marcada el desarrollo de *L. theobromae.* En pruebas realizadas con plantas de macadamia en macetas, la aplicación preventiva de *T. hamatum* antes de inocular el patógeno logró disminuir en gran medida tanto el tamaño de las lesiones como el grado de severidad en plantas enfermas, reduciéndolo de 85,1 % a 37,7 %. Los resultados sugieren que, además de la acción de sus metabolitos, el hongo podría emplear mecanismos complementarios como el micoparasitismo o la activación de defensas inducidas en la planta. Los autores destacan que, aunque la investigación se centró en macadamia, las propiedades de *T. hamatum* podrían extrapolarse a otros cultivos leñosos de interés económico afectados por *L. theobromae*

Chan *et al.*, (2023) reportaron que en Singapur los árboles urbanos presentan enfermedades radiculares causadas por *Lasiodiplodia theobromae*, hongo oportunista del orden Botryosphaeriales asociado a la pudrición de raíces y madera. Por ello, las cepas nativas de *Trichoderma spp.* se usaron como agentes antagonistas, observándose que *T. harzianum* mostró la mayor eficacia inhibitoria frente a diversos fitopatógenos.

En particular, la cepa CE92 (Th-1) logró reducir significativamente el crecimiento radial de *L. theobromae*, formando una barrera micelial visible y evidenciando micoparasitismo activo mediante el enroscamiento de sus hifas sobre las del patógeno. Además, la producción de compuestos orgánicos volátiles contribuyó a la inhibición fúngica. Las cepas de crecimiento más rápido (Th-1 y Th-2) demostraron mayor capacidad de colonización e inhibición, superando el 50 % frente a hongos como *Phellinus noxius* y *Rigidoporus microporus.* Estos resultados destacan la importancia de *T. harzianum* para actuar como un agente competitivo y de rápido establecimiento en la rizosfera, lo que implica beneficios tanto para la protección de las plantas como para su fortalecimiento fisiológico frente a situaciones de estrés biótico.

Carrión (2023) evaluó el efecto bioestimulante de *Trichoderma spp*. en plantones de café (*Coffea arabica*) en comparación con micorrizas y extractos de algas, encontrando respuestas fisiológicas y morfológicas diferenciadas. En las variables fisiológicas, *Trichoderma spp.* registró los valores más altos de conductancia estomática (182,33 mmol/m²·s), contenido de clorofila (47,49 µg/mL) y densidad estomática (117,37 estomas/mm² a los 90 DDT), evidenciando un efecto positivo en la eficiencia fotosintética y en la apertura estomática. Además, *Trichoderma spp.* mostró buen desempeño en contenido relativo de agua (90,74 %) y crecimiento radicular (20,33 cm), confirmando su capacidad para mejorar el estado hídrico y la actividad fisiológica del cultivo.

Betancourt Tituaña, (2020) estudió el efecto de *Trichoderma harzianum* y hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en la reducción poblacional del nematodo *Nacobbus aberrans* y su influencia fisiológica en el tomate (*Solanum lycopersicum* L.). La investigación se desarrolló en un DBCA, evaluando múltiples variables, una de ellas mostro que la aplicación de *T. harzianum* indujo un mayor valor significativo en la conductancia estomática, alcanzando 73,07 $mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ en plantas sin infestación, valor que representó un incremento del 59,89 % respecto a las plantas con nematodo (45,7 $mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) y superó ampliamente al testigo (45,42 $mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$). Además, la combinación *T. harzianum* + HMA redujo de forma significativa la multiplicación del nematodo y mantuvo una elevada colonización radicular del hongo, demostrando un efecto aditivo en la protección del sistema radicular

Gonzaga et al. (2025) analizaron cómo el fertirriego y la inoculación de *Trichoderma asperellum* en conjunto con *Glomus iranicum* var. tenuihypharum influyen en la absorción de nutrientes de hojas, la calidad del fruto y en el rendimiento

de plantas de aguacate Hass con 36 semanas de crecimiento. Los tratamientos que incluyeron *T. asperellum*, ya sea aplicado solo o junto con fertirriego, mostraron mejoras claras en comparación con el testigo, reflejándose en mayores rendimientos, mejor calidad de los frutos y una absorción foliar de nutrientes más eficiente. La combinación de fertirriego con los microorganismos, particularmente cuando *T. asperellum* formó parte del tratamiento, registró la producción más alta (11,33 t ha^{-1}), superando ampliamente al control (8,47 t ha^{-1}). Este aumento sugiere que Trichoderma pudo haber optimizado la disponibilidad y el uso de nutrientes, además de estimular el incremento radicular y los mecanismos fisiológicos de la planta. Confirmando los resultados de otras investigaciones que evidencian el potencial de *T. asperellum* para optimizar los recursos disponibles, conllevando en elevar la productividad final.

Rawal et al. (2022) evaluaron la eficacia de un cepario de *Trichoderma* colectado de regiones (Nepal, Ohio y fuentes comerciales) a partir de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) expuestas a condiciones de déficit hídrico controlado. Los resultados dieron a conocer la diversidad en el potencial de las distintas cepas para generar una mejora vegetativa de las plantas y sostener el balance hídrico frente a situaciones de estrés; en particular, la cepa *T. asperelloides* NT33 mostró un desempeño sobresaliente, lo que se tradujo en un incremento significativo del peso fresco tanto de la parte aérea como de las raíces en relación con las plantas que no recibieron inoculación. Asimismo, la inoculación con Trichoderma tuvo un impacto positivo en parámetros fisiológicos como la conductancia estomática en hojas, la tasa actividad fotosintética y el contenido relativo de agua (CRA), presentando las plantas tratadas valores de CRA entre 16 % y 36 % superiores respecto al control, lo que elevo la capacidad de retención hídrica de los tejidos, asociada también con un incremento en el contenido de clorofila y una mayor eficiencia fotosintética bajo estrés. Boamah et al. (2021) en el estudio de *Trichoderma longibrachiatum* TG1 aplicado a plántulas de trigo, como suspensión de conidios (1×10^8 conidios mL^{-1}) bajo estrés salino (0–150 mM) y con o sin inoculación de *Fusarium pseudograminearum*. Se evaluaron variables de crecimiento (altura, peso fresco y seco, tanto en brotes como raíces), contenido hídrico relativo (RWC), índice de enfermedad de pudrición de corona, actividad enzimática antioxidante (SOD, POD, CAT) y expresión génica de defensa (PR1, PR2, PAL, CAT). se observó que TG1 inhibió el crecimiento del patógeno en placas. Al aplicarse TG1 en plantas de trigo, se registró una mejora del peso fresco y seco del brote en promedio de 36,53 % y 20 % respectivamente, y en la

raíz aumento adicional de 25,59 % (peso fresco), 6,35 % (peso seco) y 11,16 % en contenido hídrico relativo (RWC) frente al control. Cuando TG1 se combinó con *F. pseudograminearum*, los incrementos fueron aún mayores: peso fresco del brote 63,37 %, peso seco 43,47 %, sin embargo, en la raíz disminuyo un 56,20 % (peso fresco), 35,89 % (peso seco) y 12,05 % (RWC). Además, la aplicación combinada redujo el índice de enfermedad de pudrición de corona

2.3. Definición de Términos Básicos

2.3.1. Absorción de Nutrientes

Mostacedo & Fredericksen, (2000), "es la actividad de extraer un porcentaje (grupo representativo) de una población en estudio de determinado elemento o especie".

2.3.2. Aislado

Senasica, (2020) se refiere a "extraer un cultivo bacteriano o fungoso en estado puro de un entorno y transferirlo a otro utilizando técnicas de laboratorio".

2.3.3. Bioestimulante

Morales, (2017) "Insumo orgánico, que mejoran el desarrollo y la capacidad de defensa de las plantas sobreponiéndose a condiciones de estrés, generada por temperaturas extremas, sequía o exceso de humedad, salinidad y plagas".

2.3.4. Bioprospección

Biosat, (s.f) consiste en "buscar en la biodiversidad organismos, biomoléculas o genes que puedan ser útiles en la industria, en el mejoramiento genético u otro".

2.3.5. Bioprotector

(Umaña Venegas, 2022) "agente biológico capaz de proteger a la planta frente a patógenos mediante mecanismos como antagonismo, competencia, antibiosis o inducción de defensas".

2.3.6. Fitopatógeno

Bayer, (2015) "un organismo que causa enfermedades en las plantas, como bacterias, hongos, virus o nematodos, dañando su salud y producción. Estos agentes pueden afectar diversas partes de la planta y provocar síntomas como marchitez, manchas o necrosis".

2.3.7. Inoculación

Santambrosio et al., (2009) menciona, “implica en la introducción deliberada de una muestra microbiana (inóculo) en un medio apropiado con el fin de iniciar y promover el desarrollo y multiplicación de los microorganismos”.

2.3.8. Invernadero

Lenscak & Iglesias, (2019) mencionan es “una estructura de metal o madera cubierto con una malla antiácida. Esta malla actúa como un filtro para la luz solar, proporcionando sombra y protección contra plagas”.

2.3.9. Lesión

Agrios, (1995) asegura que “Se refiere al perjuicio ocasionado por un organismo o por un agente físico o químico sobre otro ser vivo”.

2.3.10. Microorganismo

Montaño et al., (2010) aseguran que “son eres diminutos presentes en casi todos los ambientes y de gran diversidad metabólica. Realizan funciones biogeoquímicas esenciales para la vida y poseen un potencial genético útiles en agricultura, medio ambiente, farmacia e industria”.

2.3.11. Muestreo

Pérez Leal, (2017) menciona “proceso en el que las raíces captan nutrientes del suelo para su aprovechamiento vital, mediante procesos de transporte activo y pasivo”.

2.3.12. Nativo

Roldan, (2021) indica “es aquel ser vivo macro o microorganismo, la cual su origen autóctono proviene de una determinada zona, con condiciones específicas”.

2.3.13. Sustrato

Sembralia, (2022) menciona es “un material sólido que no sea suelo, pudiendo ser de origen natural o sintético. Este material, ya sea solo o combinado, se usa para proporcionar un medio de anclaje y fuente de disponibilidad de nutrientes para las plantas”.

2.3.14. Resistencia Sistémica Inducida

Samaniego et al., (2017) indican “esta interacción puede inducir la activación de mecanismos defensivos en la planta. Asimismo, las rutas de señalización asociadas al ácido jasmónico y al etileno se ponen en marcha luego del reconocimiento inicial entre el microorganismo benéfico y el hospedero vegetal”.

2.3.15. Plantones

Cornelius, (2021) indica “se utiliza cualquier árbol joven que ha sido producido en un vivero, sin necesidad de que haya sido germinado a partir de semillas”.

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

El potencial de las cepas nativas de *Trichoderma spp*., tendrán efectos significativos para controlar Lasioplodia theobromae y de efecto bioestimulante en órganos vegetales de plantones de palto var Hass.

3.1.2. Hipótesis Especificas

- Las cepas nativas de *Trichoderma spp.* tendrán efectos significativos para controlar la capacidad de *L. theobromae* de desarrollar áreas de lesión en tallos de plantones de palto var Hass.
- Las cepas nativas de *Trichoderma spp.* tendrán efectos significativos en el contenido relativo de clorofila en hojas de plantones de palto var Hass.
- Las cepas nativas de *Trichoderma spp.* tendrán efectos significativos en la capacidad de retención de agua en raíces de plantones de palto var Hass.
- Las cepas nativas de *Trichoderma spp.* tendrán efectos significativos en el contenido nutricional foliar de plantones de palto var Hass.

3.2. Definición Conceptual de las Variables

- Variable Independiente

VI 1: En esta investigación se emplearán 10 cepas nativas de hongos del género *Trichoderma*, obtenidas a través del proyecto de investigación N° 008–2023, financiado por la UNDC. Estos aislados fueron recolectados a partir de la rizosfera de plantas ubicadas en ecosistemas boscosos sin intervención antropogénica, provenientes de diversas regiones del Perú. Adicionalmente, se incorporó una cepa comercial de *Trichoderma harzianum* como tratamiento de referencia y un testigo sin aplicación. Las cepas fueron multiplicadas en sustrato de arroz, previamente inoculado con discos colonizados por cada uno de los aislados. Posteriormente, cada tratamiento (aislado) fue estandarizado a una concentración de 1×10^8 ufc/mL, siguiendo la metodología propuesta por (Michel Aceves et al., 2008)

Este proceso garantizó uniformidad en la carga de inóculo aplicada, permitiendo que todas las comparaciones entre cepas se realizaran bajo condiciones experimentales equivalentes. El tratamiento consistió en aplicar 100 mL de la suspensión fúngica directamente al nivel del cuello de la planta, en condiciones de capacidad de campo, con el propósito de favorecer la colonización efectiva de la rizosfera y asegurar la

interacción directa con el sistema radicular. Esta aplicación se efectuó de manera uniforme en todas las unidades experimentales, asegurando una distribución homogénea del inóculo y condiciones comparables para evaluar el desempeño de cada cepa de Trichoderma

- Variable Dependiente

VD 1: Control de la lesión provocada por *L. theobromae.* En cada unidad experimental se realizó un corte longitudinal del tallo inoculado para determinar la proporción de tejido afectado por el patógeno. La cuantificación de la lesión se efectuó mediante el software ImageJ, obteniéndose el porcentaje de control para cada tratamiento, cuyos valores fueron posteriormente analizados y comparados a fin de establecer la eficacia de las cepas evaluadas.

VD 2: Conductancia estomática foliar. Se efectuó utilizando un porometro portátil SC-1, evaluando una hoja del tercio medio por planta. Las mediciones se realizaron en tres fechas distintas, considerando las ocho repeticiones por tratamiento. Para ello se empleó la metodología de (Andrea et al., 2011), permitiendo estimar las variaciones en la apertura estomática y el intercambio gaseoso entre tratamientos.

VD 3: Capacidad de retención hídrica. Se extrajeron las raíces de cada unidad en estudio para obtener su peso fresco, turgente y seco, siguiendo la metodología determinada por (Robin et al., 1994), A partir de estos valores se calculó la capacidad de retención hídrica mediante la fórmula correspondiente, con el objetivo de comparar la eficiencia fisiológica entre tratamientos.

VD 4: Contenido nutricional foliar. Se efectuó un muestreo único de hojas del tercio medio por tratamiento, las cuales fueron remitidas a un laboratorio especializado para el análisis de elementos fitotóxicos, macro y micronutrientes. Los resultados obtenidos fueron comparados para establecer diferencias representativas y evaluar el efecto de las cepas de *Trichoderma* sobre el estado nutricional foliar de los plantones de palto var. Hass.

3.3. Operacionalización de las Variables

Tabla 5

Operacionalización de Variables

Variable	Indicadores	Técnica	Índice
Variable Independiente			
Cepas de *Trichoderma sp.*	• 10 cepas nativas (piuch4a, bp1a3, nor043, bp1c3a, piuch2a, psnm, gm1, chcv3, bp1c3b, sph1) • 01 cepa commercial (*Trichoderma harzianum*) • 01 testigo sin aplicación	• Aplicación de 100 mL a concentración de 1 x 108 ufc/mL, manualmente vía Drench.	mL

Nota: Elaboración propia de autor (2024). *TN = Trichoderma Nativo; TC = Trichoderma Comercial (Nativo).*

Variable	Indicadores	Técnica	Índice
Variable dependiente			
Control de lesión provocada por *Lasiodiplodia theobromae*	Porcentaje de área de lesión en tallos	Cuantificación digital en software ImageJ	%
Conductancia estomática	Lecturas mmol/m²s en tercio medio Frecuencia: 3 veces por 3 semanas	Medición con Porometro SC-1	mmol/m²s
Contenido relativo de agua	Valor de peso fresco (PF), peso turgente (PT) y peso seco (PS).	Determinación gravimétrica de raíces (PF, PT y PS), con balanza digital	gr
Contenido nutricional foliar .	Niveles de macronutrientes y micronutrientes	Análisis químico de muestras foliares en laboratorio especializado	% o ppm

Nota: Elaboración propia (2026).

IV. DISEÑO METOGOLÓGICO

4.1. Tipo de Investigación

Según (Kiss, 2025) este proyecto de investigación basado en su propósito es de tipo aplicada, a partir del uso de la información básica relacionado a las actuales alternativas de biocontrol, y sumado a ello adicionar una metodología de aplicación idónea en la que se determine a partir de un tratamiento *in vivo* el potencial antagonista frente a *L. theobromae* y proveedor del efecto bioestimulante hacia plantones de palta (*Persea americana*) por parte de los aislados de *Trichoderma spp.*

En cuanto a la medición de las variables, es de tipo cuantitativo, dado que, por un lado, se cuantificará la severidad porcentual de las lesiones en tallos ocasionadas por la muerte regresiva (*L. theobromae*), y por otro, se analizará la determinación de conductancia estomática a nivel foliar, el CHR en raíces y el contenido nutricional foliar, como respuesta a la acción de los aislados de *Trichoderma spp.* aplicados.

De acuerdo con los objetivos establecidos, la investigación presenta un desarrollo experimental, debido a que interviene directamente sobre la variable independiente los aislados de *Trichoderma spp*. aplicándolas en plantones de palto con el fin de analizar su impacto en las variables dependientes, relacionadas con la estimulación del sistema de defensa frente al fitopatógeno y con los efectos bioestimulantes a nivel radicular y foliar.

Por otro lado, el nivel de investigación corresponde al explicativo, pues no se limita únicamente a detallar los cambios observados, sino que pretende comprender e interpretar las relaciones de causalidad que emergen de la dinámica entre los aislados de *Trichoderma spp*., el patógeno y la fisiología del cultivo. Esto permite desarrollar un enfoque analítico capaz de sustentar inferencias deductivas e inductivas orientadas a responder la problemática planteada.

4.2. Diseño de Investigación

La investigación presenta un diseño experimental puro, debido a que se manipulara la variable independiente en una condición al azar, evaluando su efecto sobre la variable dependiente. Para ello se incluirá un grupo control y un post test, teniendo el siguiente esquema:

R UE1 X1 On

R UE2 X2 On

R UE3 X3 On

...

R UE11 X11 On

R UE12 X12 On

Donde:

R = asignación aleatoria.

UEi = unidad experimental.

Xi = tratamiento.

On = observaciones/mediciones realizadas.

La investigación se estableció bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), debido a la presencia de heterogeneidad ambiental asociada a la posición dentro del vivero y a la variación natural de luminosidad, factores con potencial influencia sobre el desarrollo fisiológico y sanitario de los plantones.

Se evaluaron 12 tratamientos, constituidos por 10 cepas nativas de *Trichoderma spp*., 01 cepa comercial de *Trichoderma sp*. y 01 tratamiento testigo sin aplicación, distribuidos en 08 bloques (08 repeticiones), totalizando 96 unidades experimentales. Cada bloque estuvo conformado por la totalidad de tratamientos, cuya asignación se realizó aleatoriamente dentro de cada bloque.

Las aplicaciones de *Trichoderma spp*. se realizaron de manera preventiva en dos oportunidades, con un intervalo temporal entre aplicaciones; posteriormente, se efectuó la inoculación artificial de *Lasiodiplodia theobromae* mediante discos de agar colonizados con el patógeno.

Las variables evaluadas fueron: i) porcentaje de control de lesiones ocasionadas por *L. theobromae*; ii) conductancia estomática; iii) contenido hídrico relativo en raíces; y iv) contenido nutricional foliar.

Las variables control de lesiones y contenido hídrico relativo fueron evaluadas una sola vez, por lo que se analizaron bajo un DBCA unifactorial, conformado por 12 tratamientos y 8 bloques

La variable conductancia estomática fue evaluada secuencialmente sobre las mismas unidades experimentales en tres fechas de muestreo, manteniendo una hora fija de evaluación (11:00 a.m.). Para su análisis se consideró un arreglo factorial 12 × 3

(Tratamiento × Fecha) bajo medidas repetidas en un DBCA, debido a la naturaleza longitudinal de las mediciones.

El contenido nutricional foliar se obtuvo mediante un muestreo compuesto por tratamiento para análisis químico foliar. Debido a la ausencia de replicación experimental independiente, esta variable fue evaluada mediante estadística descriptiva, empleando gráficos comparativos e interpretación relativa respecto al tratamiento testigo.

El modelo estadístico utilizado para medidas únicas: control de la lesión por *Lasiodiplodia theobromae*, contenido relativo hídrico y contenido nutricional foliar fue:

$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}\}$ $i = 1, 2, \ldots,b$ $j = 1, 2,\ldots,a$

Donde:

Y_{ij} = *respuestas del j – ésimo tratamiento para el i – ésimo bloque*

μ = *Media poblacional de la variable respuesta*

β_i = *Efecto del bloque i en la respuesta*

τ_j = *Efecto del tratamiento j en la respuesta*

ε_{ij} = *error experimental aleatorio por observación*

Con:

$i = 1, 2, \ldots,b$ = *número de bloques* $j = 1, 2,\ldots,a$ = *número de tratamientos*

El modelo estadístico utilizado para medidas repetidas, Conductancia estomática:

$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \delta_k + (\tau\delta)_{jk} + u_{ij} + \varepsilon_{ijk}\}$

Donde:

Y_{ij} = *respuesta del j – ésimo tratamiento para el i – ésimo bloque, durante la k-ésima fecha de evaluación*

b = *número de bloques* a = *número de tratamientos*

μ = *Media general*

β_i = *Efecto aleatorio del bloque*

τ_j = *Efecto fijo del tratamiento*

δ_k = *efecto fijo de la fecha de muestreo.*

$(\tau\delta)_{jk}$ = *interacción fija Tratamiento × Fecha.*

u_{ij} = *efecto aleatorio asignado a la UE (intercepto aleatorio por planta) para modelar correlación intra-planta.*

ε_{ij} = *error aleatorio por observación*

Con: *i= 1,2,…,b* donde *b = número de bloques.*

j= 1,2,…,a donde *a = número de tratamientos.*

k= 1,2,…,t donde *t = número de fechas de evaluación.*

4.3. Método de Investigación

Se empleó el método hipotético-deductivo, mediante el cual se plantearon hipótesis relacionadas con el efecto de las cepas nativas de Trichoderma spp. sobre Lasiodiplodia theobromae y sobre las variables bioestimulantes de los plantones de palto. Posteriormente, se realizó la experimentación bajo condiciones controladas de vivero, se obtuvieron datos cuantitativos y estos fueron sometidos a análisis estadístico para determinar la existencia de diferencias entre los tratamientos.

4.4. Población y Muestra

4.4.1 Población

En esta investigación determinamos un conjunto poblacional total de 96 plantas palto var. Hass, de dos años de edad.

4.4.2. Muestra

Para esta investigación la muestra, serán las mismas 96 plantas palto var Hass, ya que todas las unidades de interés serán evaluadas exhaustivamente.

4.5. Lugar de estudio

a) Área experimental: El experimento fue desarrollado en un invernadero localizado en el campo experimental de la Escuela Profesional de Agronomía, dentro del campus de la Universidad Nacional de Cañete. Este espacio se encuentra localizado en el fundo Don Luis, en el distrito de San Luis, provincia de Cañete, Lima.

Coordenadas:

- Longitud: 76°25’53.65’’ O°
- Latitud: 13°03’44.80’’ S°
- Altitud: 3 msnm

El invernadero tuvo las siguientes características:

Fue diseñado sobre una estructura a base de postes de madera, recubiertas por una malla antiáfida (50 mesh) con un extensión de 88 m2 (11 x 8 m), las medidas se encuentran especificadas en la Tabla 6. Asimismo, sobre el techo se usaron alambres galvanizados N°14, a modo de soporte, que a su vez se complementó con una malla raschel 70% oscura, que ayudo a generar un acondicionamiento del espacio, y limitar la variabilidad

experimental de la investigación por otros factores. Sobre el piso se extendió una malla arpillera.

Sobre este espacio se distribuyeron las 96 unidades experimentales en estudio.

Tabla 6.

Características de la zona experimental		
N° de tratamiento	12	Unidad
Repetición	8	Unidad
N° plantas x Bloque	12	Unidad
N° de bloques	8	Unidad
Distancia entre bloques	0.83	m
Distancia entre plantas	0.88	m
Calle	0.83	m
Largo neta del bloque	7	m
Largo total de bloque	8	m
Ancho neto de bloque	0.83	m
Ancho total de bloque	0.92	m
Área neta de bloque	5.8	m^2
Área total de bloque	7.4	m^2
Área neta total	59.2	m^2
Área total	88	m^2

Características del Área Experimental Empleada en la Investigación

b) Material vegetal: Las unidades experimentales seleccionadas para esta investigación, fueron plantones de palto (*Persea americana*) var. Hass, injertadas sobre patrón Zutano, de ocho meses de edad, establecidos sobre sustrato estéril, las cuales todas fueron desarrolladas bajo un mismo manejo agronómico. Los plantones provinieron de vivero Los Viñedos SAC, de Chincha.

c) Aleatorización de los tratamientos en casa malla: La distribución de los tratamientos aleatorizados para la instalación de los plantones de dos años en la casa malla se efectuó mediante el programa Excel, obteniéndose la distribución experimental representada en la Tabla 7. Esto sirvió para cumplir con los principios necesarios para ser correspondido bajo un esquema ideal de un DBCA.

Tabla 7.

Distribución Aleatoria de Cepas a Usar en Tratamientos

DISTRIBUCION DE UNIDADES EXPERIMENTALES EN ESTUDIO												
BLOQUE 1	T6	T3	T5	T10	T9	T8	T11	T4	T2	T7	T1	T0
BLOQUE 2	T9	T2	T6	T7	T5	T4	T0	T8	T11	T3	T10	T1
BLOQUE 3	T7	T10	T11	T0	T3	T6	T9	T5	T1	T4	T8	T2
BLOQUE 4	T9	T0	T3	T8	T1	T11	T6	T2	T7	T5	T4	T10
BLOQUE 5	T8	T9	T2	T5	T10	T7	T1	T0	T3	T6	T11	T4
BLOQUE 6	T10	T6	T3	T8	T9	T11	T2	T1	T4	T7	T0	T5
BLOQUE 7	T0	T4	T7	T9	T10	T2	T3	T5	T1	T8	T6	T11
BLOQUE 8	T8	T1	T11	T5	T7	T2	T0	T6	T3	T10	T9	T4

d) Datos Meteorológicos del Campo Experimental: Detallada en la Tabla 8.

Tabla 8.

Medias de Valores Meteorológicos, Durante el Desarrollo de la Investigación

	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)	
	Mediodía	Tarde	Mediodía	Tarde
octubre	27.2 °C	25.5 °C	60%	64%
noviembre	27 °C	26 °C	59%	63%
diciembre	28.2 °C	25°C	62%	65%
enero	30°C	27.9 °C	57%	61%
febrero	31 °C	25 °C	56%	62%
marzo	30 °C	26 °C	43%	66%
abril	32 °C	28 °C	49%	61%

Nota: Elaboración propia (2026).

4.6. Procedimiento de la Investigación

4.6.1. Acondicionamiento de Plantones de Palto en Casa Malla.

El proyecto de investigación dio inicio con la adecuación del terreno en el campo de la Universidad Nacional de Cañete en San Luis, y el acondicionamiento de casa malla en la UNDC de 8x11x3 m. bajo una estructura de base y cubierta de malla antiáfida tal como se ve en la (Figura 6), incluyendo un contenedor hídrico, control de temperatura y humedad.

Figura 6.

Implementación y Acondicionamiento de Área de Invernadero



Nota: **(A)** Estado inicial de invernadero; **(B)** Nivelación de terreno; **(C)** Instalación y delimitación de área experimental. Fotografías propias (2025).

4.6.2. Recepción de Plantones de Palto y su Establecimiento

Los plantones de palto var. Hass utilizadas en el desarrollo de esta investigación fueron provenientes del "vivero los viñedos" ubicado en Chincha, fue injertado sobre patrón zutano establecidos en bolsas negras de 8 litros con sustrato esterilizado tal como se aprecia en la (Figura 7), para la cual desde su preparación hasta su envió tuvo un desarrollo de dos años de edad. Tras su envío las plantas tuvieron que adaptarse a un cambio de espacio y clima por la que tuvo que acondicionarse, para ello se consideró usar un cilindro a modo de contenedor de agua, a partir de ello se realizó un riego para reactivar la planta. Su distribución fue bajo criterio aleatorio, haciendo uso del software Excel, considerando la asignación de los 8 bloques y su distanciamiento. Se recolectaron datos de la temperatura y humedad relativa con un termohigrómetro

Figura 7.

Recepción de Plantones en Invernadero



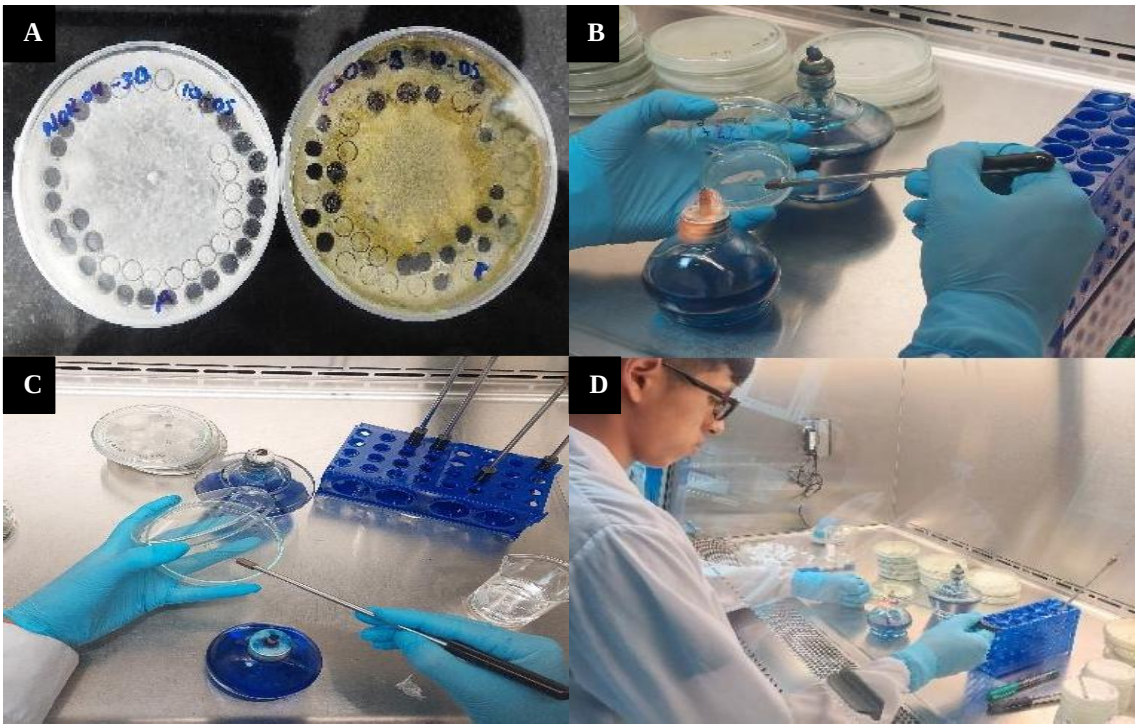
Nota: **(A)** Recepción de plantones de palto; **(B)** Cilindros para suministro hídrico; **(C)** Primer riego a plantones; **(D)** Condiciones meteorológicas iniciales. Fotografía propia (2025).

4.6.3. Reactivación de Cepas de Trichoderma sp.

Los aislados de *Trichoderma sp*. empleados para el desarrollo de la investigación fueron suministrados por el proyecto de investigación financiada por la UNDC N° 008 – 2023, descritas en la (Tabla 9). El proceso fue desarrollado en el Laboratorio de Control Microbiológico de Plagas Agrícolas del CIIS - Lunahuaná. Para su reactivación, se sembró sobre un medio nutritivo PDA (Papa Dextrosa Agar) autoclavado, a partir de discos colonizados con el micelio de la cepa nativa de *Trichoderma* seleccionada. Para este procedimiento se hizo uso de la cabina de flujo laminar, acompañado de mecheros, tal como se observa en la (Figura 8), finalmente se incubaron a 25 °C hasta lograr un crecimiento adecuado.

Figura 8.

Desarrollo de Reactivación de Cepas en Cabina de Flujo Laminar



Nota: **(A)** Preparación de discos de cada cepa a reactivar; **(B)** Flameo de asa de siembra; **(C)** Siembra de disco en un nuevo PDA; **(D)** Flameo de asa de siembra y sellado de placa. Fotografía propia (2025).

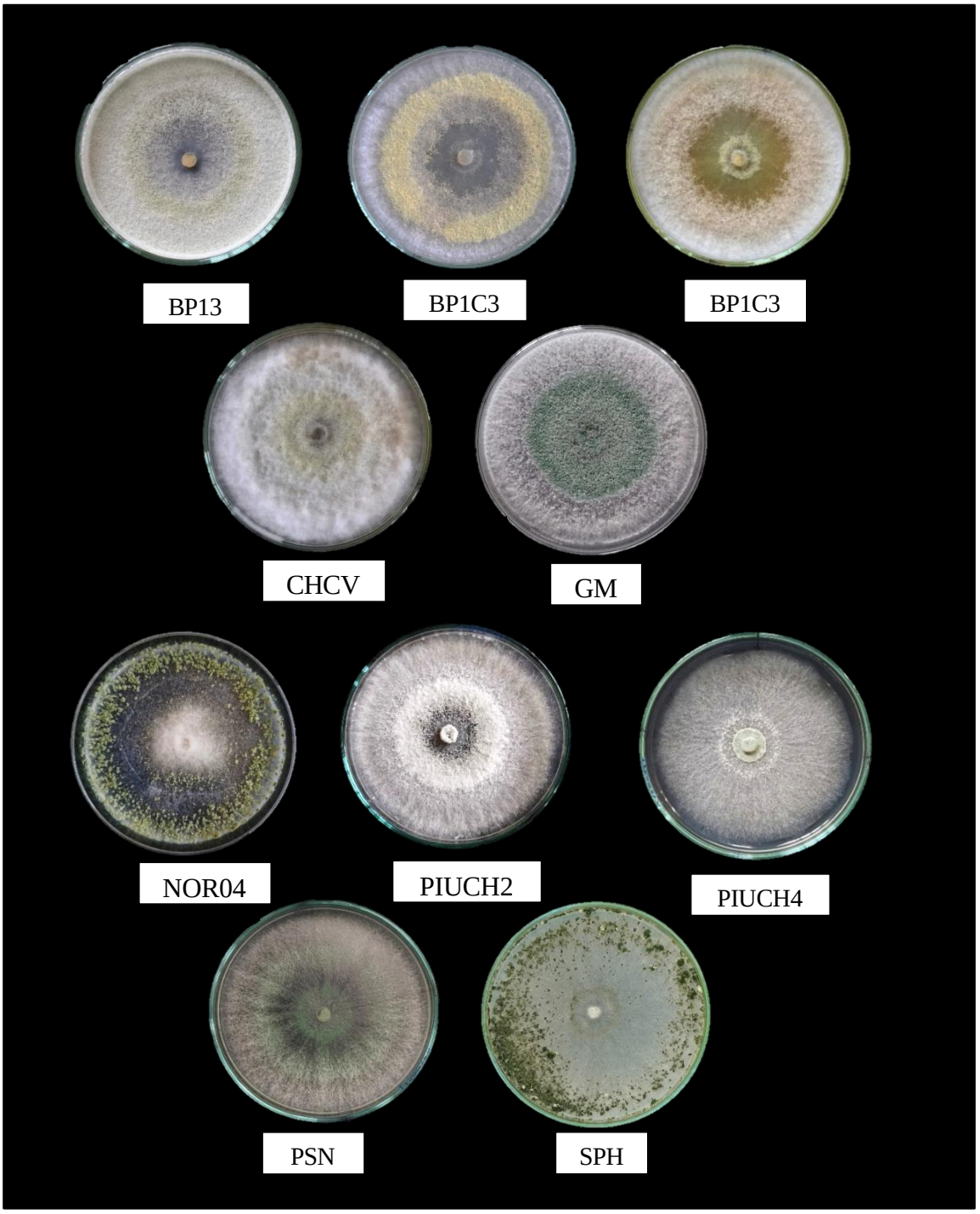
4.6.4. Multiplicación de Cepas de Trichoderma sp.

La multiplicación de los aislados de *Trichoderma sp.* de 10 días de desarrollo (Figura 9), se realizó mediante cultivo en sustrato sólido, de acuerdo con la metodología descrita por Michel et al., (2008) descrita en la (Figura 10), con ligeras modificaciones. Se emplearon 300 g de granos de arroz y 100 mL de agua destilada estéril, colocados en sobres de 1 L. Como fuente de inoculo fue un disco de agar colonizado con la cepa a multiplicar; luego fueron sellados y esterilizados a 121 °C durante 1 hora.

Bajo condiciones asépticas, en cabina de flujo laminar, se inocularon los envases con discos de agar colonizado por la cepa seleccionada, a una concentración de 10^7 UFC, tras lo cual fueron sellados. Finalmente, se incubaron en un ambiente limpio y ventilado a 25 ± 2 °C durante 15 a 20 días, tiempo necesario para la completa colonización del sustrato.

Figura 9.

Cepas Seleccionadas con Cinco Días de Crecimiento



Nota: Fotografías propias (2025).

Figura 10.

Procedimiento de Producción de Trichoderma spp. en Arroz



Nota: **(A)** Lavado de arroz; **(B)** Llenado y pesado de arroz en bolsas; **(C)** Sustrato de arroz estéril inoculado con *Trichoderma*; **(D)** Sustrato de arroz colonizado con cepas nativas de *Trichoderma spp*. Fotografías propias (2025).

Tabla 9.

Datos de Identidad de Cepas de Trichoderma spp. en Estudio

Identificación de cepas nativas empleadas en esta investigación				
T. N°	**Tipo**	**Código**	**Origen**	**Especie**
1	Nativo	PIUCH4A	Piura	*T. nordicum*
2	Nativo	BP1A3	Cañete	*T. harzianum*
3	Nativo	NOR043	Nazca	*T. koningiopsis*
4	Nativo	BP1C3A	Cañete	*T. saturnisporum*
5	Nativo	PIUCH2A	Piura	*T. nordicum*
6	Nativo	PSNM	Arequipa	*T. koningiopsis*
7	Nativo	GM1	Ica	*T. asperellum*

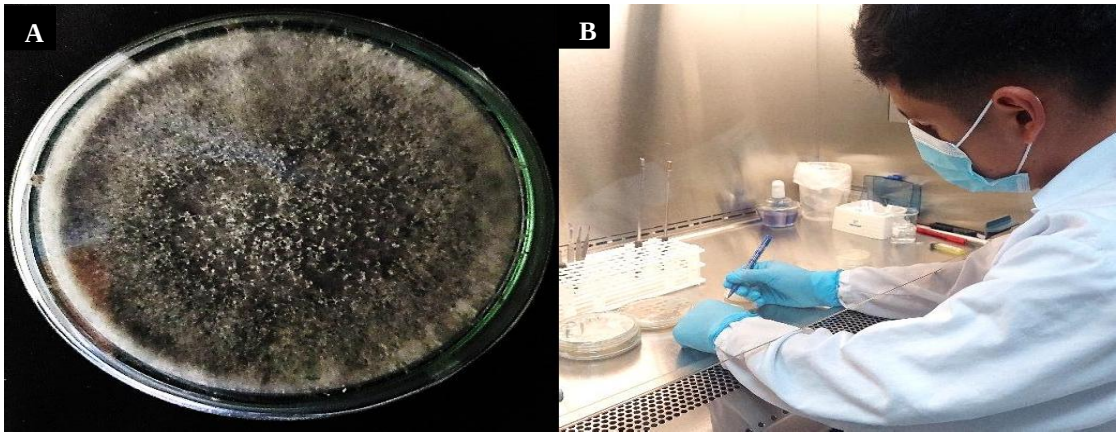
8	Nativo	CHCV3	Arequipa	*T. harzianum*
9	Nativo	BP1C3B	Cañete	*T. saturnisporum*
10	Nativo	SPH1	Ica	*T. atroviride*
11	Comercial	*T. harzianum*	*Desconocido*	*T. harzianum*

Nota: **N.E.** = Nueva Especie. Las cepas nativas pertenecen al cepario del proyecto de investigación N° 008 – 2023 de la UNDC. Elaboración propia (2026).

4.6.5. Reactivación de la Cepa de Lasiodiplodia theobromae

Figura 11.

Cepa de Lasiodiplodia theobromae en Reactivación en Cabina de Flujo Laminar



Nota: **(A)** Cepa madre de *Lasiodiplodia theobromae*. **(B)** Proceso de reactivación de patógeno en cabina de flujo laminar. Fotografías propias (2025).

La cepa del microorganismo causante de la muerte regresiva (*Lasiodiplodia theobromae*) utilizada en este estudio fue compartida a partir del cepario perteneciente al Dr. Luis Armando Álvarez Bernaola. Esta cepa ha sido identificada molecularmente. Su reactivación fue en PDA en condiciones axénicas y conservada en el cepario del proyecto investigación N° 008-2023 financiada por la UNDC. Las imágenes referenciales se ubican en la (Figura 11).

4.6.6. Prueba de Inducción de Defensas y Efecto Bioestimulante en Plantas de Palto (Persea americana).

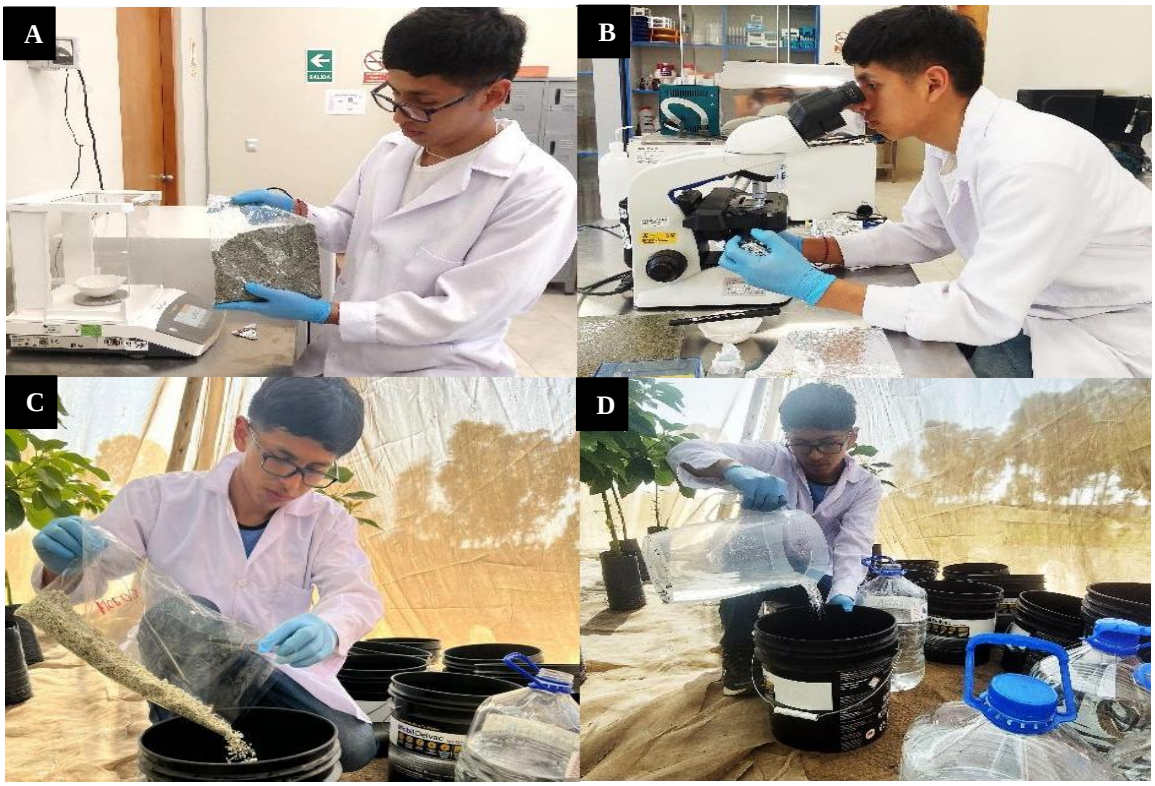
- **Multiplicación de Cepas de Trichoderma spp. en Sustrato de Arroz**

El inóculo se preparó utilizando un sustrato sólido de arroz previamente colonizado por *Trichoderma sp*., en el cual se evidenció una cobertura micelial uniforme con la esporulación verde característica de este género (Figura 12). El material colonizado fue

homogenizado cuidadosamente bajo condiciones asépticas y, posteriormente, el recuento de conidios se llevó a cabo mediante el empleo de una cámara de Neubauer bajo un microscopio óptico, a fin de asegurar la concentración adecuada del inóculo, con la finalidad de evaluar la concentración de esporas en el sustrato. Posteriormente, el sustrato se incorporó en un recipiente estéril para su mezcla con agua destilada estéril, procurando obtener una suspensión uniforme y representativa del inoculo. Finalmente, se adicionó el volumen necesario de agua destilada para ajustar la densidad del inóculo a la concentración requerida, asegurando su adecuada homogeneización mediante agitación manual antes de su aplicación a los tratamientos

Figura 12.

Secuencia de Preparación de Tratamiento Previa Aplicación



Nota: **(A)** Sustrato de arroz colonizado con *Trichoderma sp*; **(B)** Conteo de conidios de *Trichoderma sp* en microscopio; **(C)** Incorporación de *Trichoderma sp* para mezcla; **(D)** Suministro de agua destilada para obtención de inoculo. Fotografías propias (2025).

- **Primera Aplicación de Tratamiento.**

Se realizó un riego previo hasta alcanzar la capacidad de campo con el objetivo de favorecer la colonización del microorganismo (Figura 13). Posteriormente, el inóculo fue incorporado al sustrato de cada planta a través de la técnica de drench. Se considero

100 mL de la suspensión de cada cepa evaluada, con una concentración de 1 x 10^8 ufc/ml, aplicados a nivel del cuello de la planta. Tras la inoculación, se cubrió la zona tratada con el mismo sustrato original. El grupo control no recibió ningún tipo de tratamiento.

Figura 13.

Incorporación de Tratamientos a Plantones – Repetición Uno (R1).



Nota: **(A)** Medición de agua suministro previo; **(B)** Riego de plantones para activar raíces; **(C)** Medición de volumen determinado de Trichoderma nativa en probeta; **(D)** Solución liquida de Trichoderma nativa lista para su aplicación en plantones de palto. Fotografías propias (2025).

- **Segunda Aplicación de Tratamiento**

La segunda aplicación se efectuó siguiendo el mismo procedimiento descrito en la primera inoculación, con el propósito de reforzar la colonización del Trichoderma en la rizosfera y asegurar su persistencia durante el desarrollo del plantón (Figura 14).

Figura 14.

Incorporación de Tratamientos a Plantones - Repetición Dos (R2)



Nota: **(A)** Medición de agua para suministro activador de planta**; (B)** Llenado de solución de Trichoderma nativa para su aplicación en plantones **(C)** Aplicación dirigida de tratamiento de *Trichoderma spp*. Fotografías propias (2025).

Previamente, se realizó un riego hasta alcanzar la capacidad de campo, favoreciendo así la activación del microorganismo y su penetración en el sustrato. Luego, se procedió a la aplicación de 100 mL de suspensión por cepa (1×10^8 UFC/mL) a través de la técnica de drench, dirigiendo el inóculo al cuello de la planta. Esta segunda inoculación se efectuó 15 días después de la primera aplicación, coincidiendo con una etapa de crecimiento activo, para optimizar la interacción entre el Trichoderma y el sistema radicular. El grupo control se mantuvo sin aplicación de microorganismos durante todo el periodo experimental.

- **Inoculación del Patógeno**

Para la inoculación se utilizaron aislados de *Lasiodiplodia theobromae* con cinco días de crecimiento en medio PDA. A partir del frente de avance del hongo, se extrajeron discos de 5 mm de diámetro del medio PDA colonizado con el patógeno haciendo uso de un sacabocado estéril. En cada Unidad Elemental (UEl), se seleccionó una zona adecuada en el área del injerto y, mediante un sacabocados del mismo diámetro, se retiró cuidadosamente un disco de corteza hasta exponer la madera subyacente. Sobre esta sección se colocó el disco de agar colonizado con *L. theobromae.* Finalmente, la corteza extraída se reposicionó en su lugar, sellándola con cinta parafilm, y finalmente se cubrió todo el conjunto con papel aluminio (Figura 15).

Figura 15.

Inoculación de Patógeno (Lasiodiplodia theobromae) a Plantones de Palto



Nota: **(A)** Desinfección de rama en área a inocula **(B)** Perforación de tallo con sacabocado de 5 mm; **(C)** Inoculación de disco de PDA colonizado por L. theobromae; **(D)** Tapado del área con corteza originaria de la planta; **(E)** Sellado con parafilm y papel aluminio de zona tratada. Fotografías propias (2025).

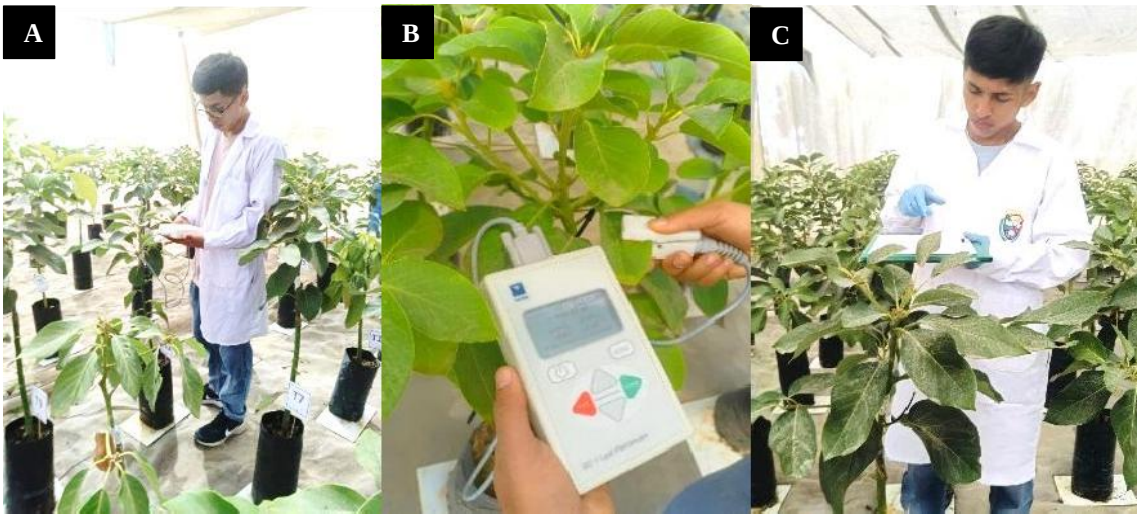
4.7. Técnicas e Instrumentos Para la Recolección de Datos

4.7.1. Eficacia de Aislados de Trichoderma spp. con Potencial Bioestimulante.

- **Evaluación de Conductancia Estomática en Hojas de Palto.**

Figura 16.

Medición de Conductancia Estomática con Porometro S-C 1



Nota: **(A)** Calibración de porometro SC-1; **(B)** Medición de conductancia estomática; **(C)** Apunte de valores mmol/m^2s obtenidos. Fotografías propias (2025).

En base al método descrita por Andrea et al., (2011). al finalizar el periodo de estudio in situ, se evaluó la conductancia estomática utilizando un porometro portátil SC-1 (Figura 16). Para cada Unidad Elemental (UE) en estudio, se seleccionó una hoja sana y completamente desarrollada. Se realizaron mediciones directas en las ocho repeticiones por tratamiento, registrando los valores obtenidos a fin de calcular un promedio que refleje de manera representativa el comportamiento fisiológico de cada tratamiento.

- **Evaluación del Contenido de Nutrientes en Hojas**

Al finalizar el periodo de estudio in situ, se realizó un muestreo representativo de hojas de cada repetición por tratamiento. Las muestras fueron acondicionadas en

bolsas herméticas con papel absorbente y colocadas en un cooler con gel packs para garantizar su adecuada conservación durante el transporte (Figura 17).

Posteriormente, fueron remitidas a un laboratorio especializado para el análisis de contenido nutricional foliar. Como resultado, se obtuvo la cuantificación de macro y micronutrientes presentes en las hojas al término del ensayo. Finalmente, los datos fueron estandarizados y sometidos al análisis correspondiente.

Figura 17.

Muestreo de Hojas de Palto Para Evaluación de Contenido Nutricional



Nota: **(A)** Corte de hojas de palto con tijera desinfectada; **(B)** Selección y limpieza de hojas colectadas; **(C)** Embolsado de hojas a analizar en laboratorio **(D)** Hojas muestreadas contenidas en cooler, refrigerado para su envio a laboratorio de análisis nutricional foliar. Fotografías propias (2025).

- **Evaluación del Contenido Hídrico Relativo en las Raíces de Palto**

Figura 18.

Procedimiento de Evaluación de CHR en Raíces



Nota: **(A)** Desembolsado de plantones previo corte de masa radicular;**(B)** Toma de data de peso fresco de raíces; **(C)** Mojado de raíces en recipientes para su análisis de peso turgente; **(D)** Análisis de peso seco tras secado en estufa. Fotografías propias (2025).

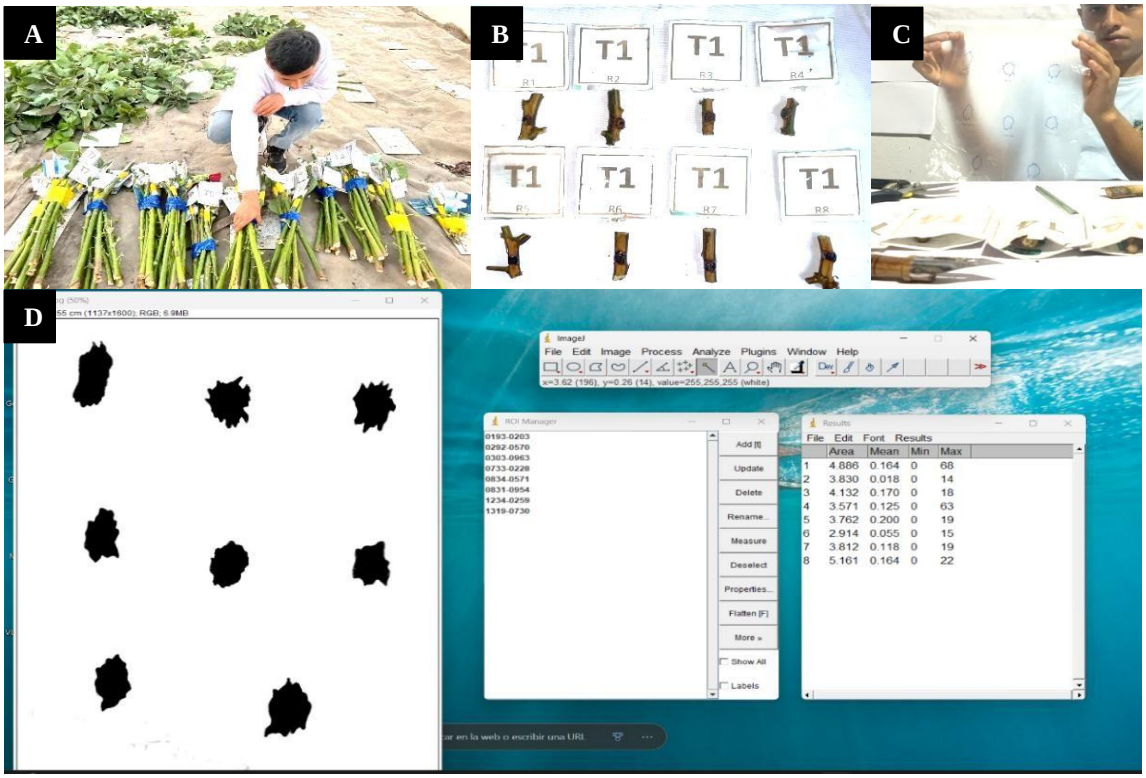
Se realizó la extracción de la masa radicular de todas las plantas correspondientes a cada tratamiento para la determinación del contenido hídrico relativo (Figura 18). El procedimiento se efectuó siguiendo el protocolo propuesto por Robin et al., (1994). Para iniciar se registró el peso fresco (PF) de cada unidad elemental. Posteriormente, para hallar el peso turgente (PT) de las raíces, se sumergieron en agua durante 18 horas, se retiró el exceso de humedad superficial y se pesaron nuevamente. Para finalizar el peso seco (PS), se obtuvo disecando las muestras en un horno a 70 °C durante 72 horas y se volvieron a pesar. El CRA se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$CHR = [(PF-PS)/(PT-PS)] \times 100$$

4.7.2. Eficacia de Aislados de Trichoderma spp. con Potencial Inductor de Defensas Contra Lasiodiplodia Theobromae.

Figura 19.

Proceso de Análisis de Efecto Biocontrolador Sobre L. theobromae



Nota: **(A)** Agrupación de tallos por tratamiento; **(B)** Corte de zonas afectadas de los plantones; **(C)** Delimitación de lesión en bolsas transparentes **(D)** Análisis digital de porcentaje de control en software ImageJ. Fotografías propias (2025).

Siguiendo la metodología de Álvarez (2015), para el análisis del efecto biocontrolador de los *trichodermas* nativos. los tallos inoculados fueron seccionados. Se expuso los tejidos internos afectados. Posteriormente, se procedió a medir las lesiones generadas. Para este fin, la extensión de cada lesión fue trazada sobre un plástico transparente, para luego transferirlo a una hoja en bond y digitalizada (Figura 19) .

La determinación de grado de lesión se realizó mediante análisis gráfico utilizando el software ImageJ (National Institutes of Health (NIH) de EE.UU.). Con este programa se determinó el área de la lesión correspondiente a cada tratamiento y finalmente se hizo una calificación de una escala de lesión obtenido (Tabla 10). La fórmula a seguir para la cuantificación de control es la siguiente:

% Control = 100 – [(Área de lesión x 100) / Área de lesión del testigo].

Tabla 10.

Escala Para Clasificar el Porcentaje de Control de Lesión en Tallos (%)

Grado	Área de lesión (%)	Descripción
0	0%	Sin control.
1	1 a 10%	Control muy bajo.
2	11 a 25%	Control moderado.
3	26 a 50%	Control significativo.
4	50% a +	Control alto.

Nota: Elaboración propia (2026).

4.8. Análisis y procesamiento de Datos

4.8.1. Técnicas Estadísticas.

Para determinar el efecto de las cepas nativas de *Trichoderma sp*. sobre plantones de palto, se usó un DBCA, evaluando un total de 12 tratamientos (10 cepas nativas, 01 cepa comercial y 01 testigo), con 8 repeticiones cada uno. Se recolectaron datos sobre variables dependientes como la lesión en tallos, conductancia estomática en hojas, contenido foliar de nutrientes y contenido relativo de agua en raíces. La recolección se realizó mediante planillas de evaluación previamente estructuradas, y archivándolos en un documento Excel.

Posteriormente, se desarrolló un análisis descriptivo, acompañado de gráficos. Para el análisis comparativo se había considerado inicialmente un ANOVA, sin embargo, al verificar los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de

varianzas (prueba de Levene), se evidenció que no se cumplían en algunos casos las variables evaluadas ($p < 0.05$). Ante ello, se aplicaron transformaciones, y se decidió aplicar una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, más adecuada para este tipo de datos.

En aquellos casos en los que se evidenciaron diferencias significativas ($p < 0.05$), se procedió a aplicar la prueba post hoc de Dunn, incorporando la corrección de Bonferroni para el ajuste de comparaciones múltiples., para identificar los tratamientos estadísticamente diferentes. Todo el análisis se realizó en los softwares RStudio, Microsoft Excel, y para la evaluación de la lesión en tallos se empleó el programa ImageJ. Además, el análisis se complementó con técnicas de observación, interpretación lógica y razonamiento cuantitativo.

4.8.2. Procesamiento de Tratamientos de Datos

Para la presente investigación se empleó un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), conformado por 11 tratamientos y un grupo control, con 8 repeticiones cada uno. Las variables de control de la lesión por *Lasiodiplodia theobromae*, contenido relativo de agua y conductancia estomática fueron tratadas estadísticamente. En el caso de la conductancia estomática, al ser evaluada en tres momentos de muestreo, se consideró un arreglo factorial de 12A × 3B (A = Tratamiento; B = Fecha), por lo contrario, control de la lesión por *Lasiodiplodia theobromae*, contenido relativo de agua cuentan con un diseño unifactorial. Para la variable de contenido nutricional foliar, debido a que el análisis de laboratorio implicó un procedimiento de alto costo, únicamente se realizó un muestreo general por tratamiento, obteniéndose un valor único de cada nutriente. En consecuencia, esta variable se analizó de manera descriptiva, sin aplicar pruebas de significancia estadística.

El proceso de análisis estadístico en las variables correspondientes se inició con la verificación del supuesto de normalidad, mediante la prueba de Kolmogorov Smirnoff ya que los Unidades experimentales son superiores a 50 datos.

La homogeneidad de varianzas fue verificada mediante la prueba de Levene (Tabla 11). Tras confirmar el cumplimiento de los supuestos estadísticos, se procedió a realizar el análisis de varianza correspondiente para cada variable evaluada. Posteriormente, se efectuaron comparaciones múltiples post hoc con el fin de identificar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, considerando un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$) y empleando distintos estadísticos según el grado de cumplimiento de los supuestos en cada caso.

Estos análisis se desarrollaron haciendo uso del software R Studio versión 4.5.0. Los resultados obtenidos en cada variable, fueron agrupadas en hojas Excel para evaluar de manera secuente el análisis de varianza y prueba Post hoc.

Tabla 11.

Resultados de las Pruebas de Normalidad, Homogeneidad de Varianzas y Esfericidad para las Variables Analizadas

Variable	**Normalidad** (Kolmogorov Smirnoff)	**Homogeneidad** (Levene)	**Esfericidad** (Mauchly)	**Cumplimiento de supuestos**
Control de la lesión (%)	0.8119	0.7436	—	Cumple
Conductancia estomática	0.0095	< 0.0001	0.0134	No cumple
Contenido relativo de agua (%)	0.2497	0.0976	—	Cumple

Nota: Elaboración propia (2026)

V. RESULTADOS

5.1. Resultados Descriptivos

5.1.1. Efecto Biocontrolador de las Cepas de Trichoderma spp. Sobre Lasiodiplodia theobromae Generador de Lesión en Tallo de Plantones de Palto Var. Hass

- **Control de lesión en tallos (%)**

El análisis descriptivo detallado en la tabla 12, presentó variación entre tratamientos. Los mayores valores promedio se registraron en NOR043 (62.1%), GM1 (59.5%), BP1C3B (54.8%) y PIUCH2 A (54.6%), indicando una mayor capacidad de reducir el desarrollo de la lesión en comparación con los demás tratamientos. Por el contrario, SPH1 (23.9%) y CHCV3 (26.9%) mostraron los menores porcentajes de control. La variabilidad experimental fue moderada a alta entre tratamientos, con coeficientes de variación que oscilaron entre 17.8% y 56.9%.

Tabla 12.

Resumen de Estadístico Descriptivo de Control de Lesión en Tallos

Tratamiento	n	Media (%)	DE	EE	Mínimo	Máximo	CV (%)
T.harzianum	8	42.9	15.5	5.49	23.3	68.3	36.2
PIUCH4A	8	42.2	15.6	5.52	13.0	62.8	37.0
BP1A3	8	41.9	23.9	8.44	1.15	76.1	56.9
NOR043	8	62.1	11.1	3.91	43.8	74.7	17.8
BP1C3A	8	48.8	10.1	3.58	35.3	67.9	20.8
PIUCH2A	8	54.6	14.4	5.10	38.5	79.9	26.5
PSNM	8	39.5	10.2	3.59	20.7	55.8	25.7
GM1	8	59.5	13.3	4.70	33.8	76.6	22.4
CHCV3	8	26.9	10.7	3.78	9.08	40.1	39.8
BP1C3B	8	54.8	13.2	4.65	40.0	81.1	24.0
SPH1	8	23.9	13.5	4.76	4.05	41.7	56.4

Nota: Elaboración propia (2026).

5.1.2. Efecto Bioestimulante de las Cepas de Trichoderma spp. Sobre la Eficiencia Fisiológica y el Estado Nutricional de Plantones de Palto

- **Conductancia Estomática en Hojas**

El análisis descriptivo de la conductancia estomática detallado en la tabla 13 presentó una respuesta diferencial entre tratamientos y fechas de evaluación. En la primera medición, los mayores valores correspondieron a NOR043 (309.56), PIUCH4A

(294.50) y GM1 (280.79 mmol m^{-2} s^{-1}), mientras que el Control registró uno de los valores más bajos (102.30 mmol m^{-2} s^{-1}). A través del tiempo, la mayoría de los tratamientos mostraron una disminución de la conductancia estomática, siendo más evidente en NOR043, GM1, PIUCH2A y T. harzianum. En contraste, SPH1 presentó un incremento sostenido, alcanzando el valor más alto del ensayo en la última evaluación (387.42 mmol m^{-2} s^{-1}). Asimismo, los coeficientes de variación fueron generalmente inferiores al 10%, indicando una adecuada uniformidad y precisión en las mediciones realizadas.

Tabla 13.

Resumen Estadístico Descriptivo de Conductancia Estomática en Hojas en Tres Fechas

Tratamiento	Fecha	n	Media	DE	EE	Mínimo	Máximo	CV (%)
T.harzianum	11/02/2025	8	200.90	11.91	4.21	182.36	212.52	5.93
PIUCH4A	11/02/2025	8	294.50	17.28	6.11	261.14	311.90	5.87
BP1A3	11/02/2025	8	170.90	7.67	2.71	158.08	183.14	4.49
NOR043	11/02/2025	8	309.56	0.61	0.22	308.50	310.20	0.20
BP1C3A	11/02/2025	8	207.56	0.50	0.18	206.80	208.20	0.24
PIUCH2A	11/02/2025	8	267.02	6.97	2.46	258.40	275.10	2.61
PSNM	11/02/2025	8	143.12	3.31	1.17	138.50	147.60	2.32
GM1	11/02/2025	8	280.79	6.13	2.17	272.10	288.50	2.18
CHCV3	11/02/2025	8	161.40	1.87	0.66	158.80	164.10	1.16
BP1C3B	11/02/2025	8	129.61	13.79	4.88	109.30	147.60	10.64
SPH1	11/02/2025	8	175.07	17.84	6.31	149.40	198.60	10.19
Control	11/02/2025	8	102.30	3.13	1.11	98.66	108.24	3.06
T.harzianum	19/02/2025	8	130.97	6.62	2.34	122.16	140.81	5.06
PIUCH4A	19/02/2025	8	281.52	15.35	5.43	266.53	305.90	5.45
BP1A3	19/02/2025	8	182.98	10.20	3.61	172.69	195.87	5.57
NOR043	19/02/2025	8	245.19	0.62	0.22	244.00	246.00	0.25
BP1C3A	19/02/2025	8	178.39	0.58	0.20	177.50	179.20	0.32
PIUCH2A	19/02/2025	8	236.20	5.59	1.98	228.70	243.20	2.37
PSNM	19/02/2025	8	132.76	3.06	1.08	128.40	137.10	2.30
GM1	19/02/2025	8	209.18	4.71	1.66	202.30	215.40	2.25
CHCV3	19/02/2025	8	122.12	2.40	0.85	118.40	125.10	1.97
BP1C3B	19/02/2025	8	140.64	12.58	4.45	121.70	158.30	8.94
SPH1	19/02/2025	8	324.50	31.77	11.23	276.80	369.30	9.79
Control	19/02/2025	8	99.65	4.50	1.59	94.14	108.50	4.52
T.harzianum	27/02/2025	8	98.10	7.41	2.62	89.66	107.40	7.55
PIUCH4A	27/02/2025	8	272.60	13.11	4.64	258.48	295.99	4.81
BP1A3	27/02/2025	8	193.30	13.45	4.76	176.74	211.25	6.96

Tratamiento	Fecha	n	Media	DE	EE	Mínimo	Máximo	CV (%)
NOR043	27/02/2025	8	131.85	0.46	0.16	131.00	132.40	0.35
BP1C3A	27/02/2025	8	126.88	0.41	0.14	126.20	127.40	0.32
PIUCH2A	27/02/2025	8	172.01	4.62	1.63	165.30	178.50	2.68
PSNM	27/02/2025	8	127.30	2.08	0.74	123.80	130.10	1.63
GM1	27/02/2025	8	148.00	1.70	0.60	145.20	150.30	1.15
CHCV3	27/02/2025	8	93.78	11.13	3.94	77.10	112.30	11.87
BP1C3B	27/02/2025	8	166.09	16.92	5.98	138.60	190.10	10.19
SPH1	27/02/2025	8	387.42	34.08	12.05	329.40	437.20	8.80
Control	27/02/2025	8	96.40	3.66	1.29	89.62	101.06	3.80

Nota: n = número de observaciones; DE = Desviación estándar; EE = error estándar; CV = coeficiente de variación (%). Elaboración propia (2026)

- **Contenido Relativo Hídrico en Raíces**

Tabla 14.

Resumen de Estadístico Descriptivo de Contenido Relativo Hídrico

Tratamiento	n	Media	DE	EE	Mínimo	Máximo	CV (%)
T.harzianum	8	95.46	3.45	1.22	90.70	100.00	3.61
PIUCH4A	8	80.12	15.70	5.55	50.54	94.74	19.60
BP1A3	8	82.22	3.73	1.32	75.00	86.67	4.54
NOR043	8	84.53	7.26	2.57	77.27	100.00	8.59
BP1C3A	8	86.40	6.49	2.29	76.09	97.14	7.51
PIUCH2A	8	67.59	14.63	5.17	44.00	87.50	21.64
PSNM	8	80.52	6.32	2.23	74.51	94.59	7.84
GM1	8	80.63	8.93	3.16	64.91	93.55	11.08
CHCV3	8	79.21	5.59	1.98	70.21	90.00	7.06
BP1C3B	8	87.82	10.34	3.65	65.67	100.00	11.77
SPH1	8	88.70	8.76	3.10	77.94	100.00	9.87
Control	8	86.13	8.81	3.12	75.00	97.37	10.23

Nota: Elaboración propia (2026)

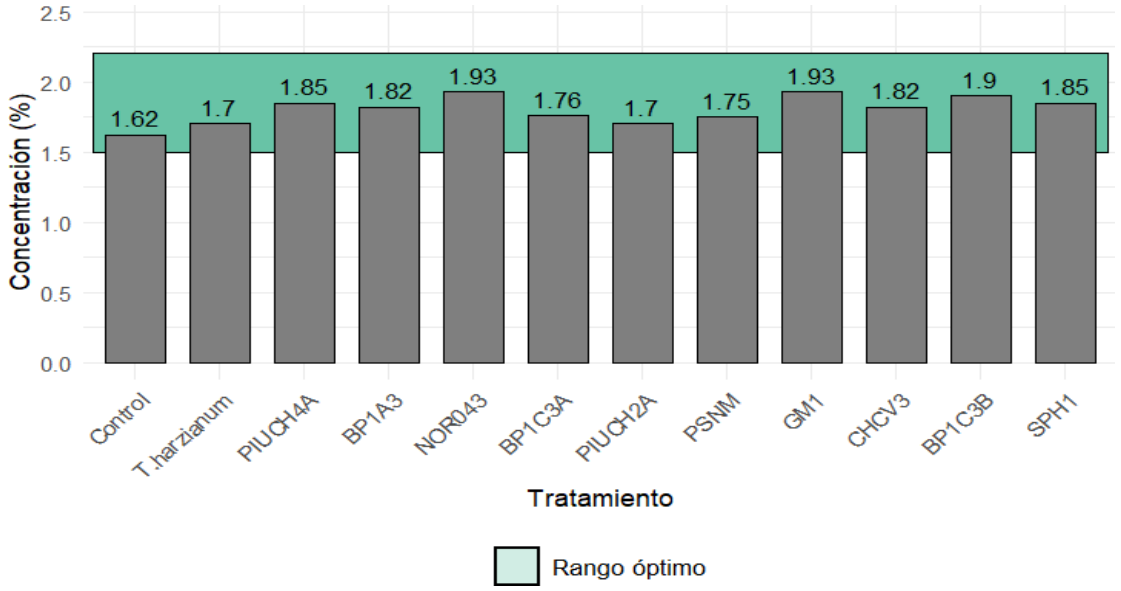
El análisis descriptivo del contenido relativo hídrico en raíces (%) detallado en la Tabla 14 presentó a T.harzianum como el tratamiento de mayor media de contenido relativo de agua (95.46 %) y el menor CV (3.61 %), indicando una respuesta muy uniforme entre bloques. Por otra parte, el tratamiento PIUCH2A registró la menor media (67.59 %) y uno de los CV más altos (21.64 %), reflejando una mayor variabilidad y menor

capacidad de mantener el estado hídrico. Finalmente, los CV fueron inferiores al 20 % para la mayoría de tratamientos, lo que sugiere una variabilidad experimental aceptable.

- **Contenido Nutricional Foliar**

Gráfico 1.

Variación de Contenido Foliar de Nitrógeno Frente a Cepas de Trichoderma spp. (%).



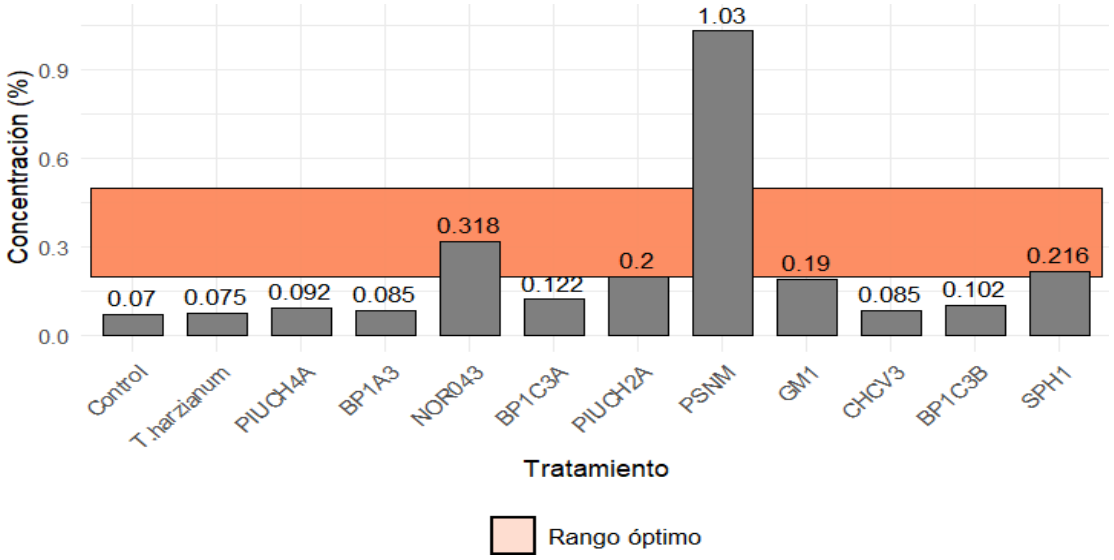
Nota: Elaboración propia (2026)

En el gráfico 1 se observa que el contenido nutricional foliar de nitrógeno en los plantones de palto varió entre 1.62 % y 1.93 %. Los valores sobresaliente se evidenciaron en los aislados NOR043, GM1 y BP1C3B (1.9 %), mientras que el control presentó el valor mínimo (1.62 %). Los tratamientos se ubicaron dentro del rango óptimo nutricional (1.8–2.2 %) en su mayoría, evidenciando una adecuada asimilación del nutriente.

En el grafico 2 se observa que el contenido foliar de fósforo en palto var. Hass presentó una amplia variación entre 0.070 % y 1.03 %. La cepa PSNM (1.03 %) registró el valor más alto, superando el rango óptimo; mientras que NOR043 y SPH1 se ubicaron dentro del intervalo adecuado. En contraste, el control (0.070 %), junto con las cepas *T. harzianum*, BP1A3, PIUCH4A, BP1C3A, BP1C3B, GM1 y CHCV3, presentaron niveles inferiores al rango óptimo, indicando una baja disponibilidad o asimilación de fósforo en dichos

Gráfico 2.

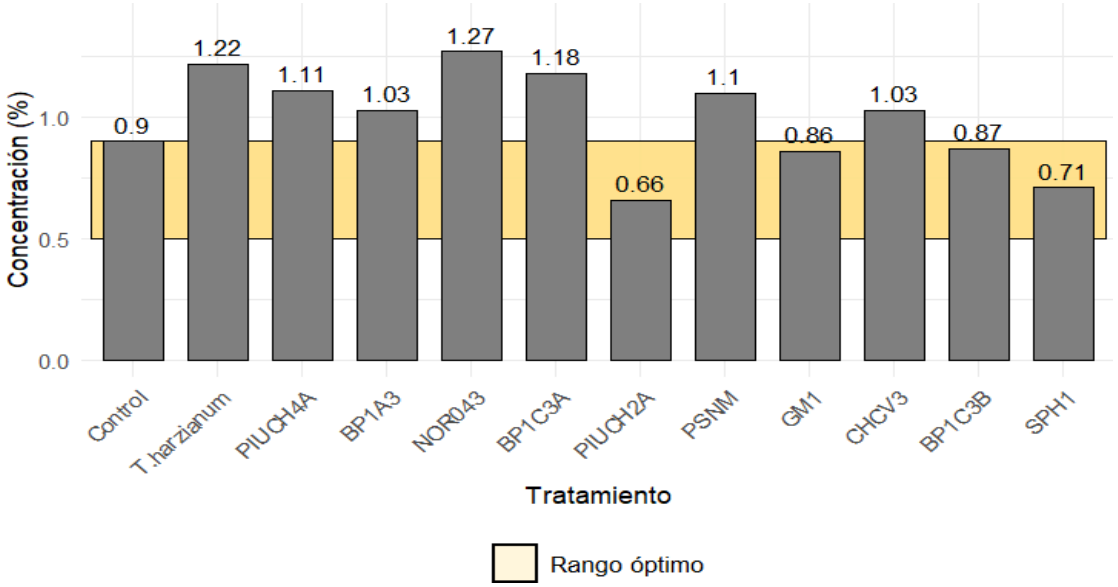
Variación de Contenido Foliar de Fosforo Frente a Cepas de Trichoderma spp. (%).



Nota: Elaboración propia (2026)

Gráfico 3.

Variación de Contenido Foliar de Potasio Frente a Cepas de Trichoderma spp. (%).



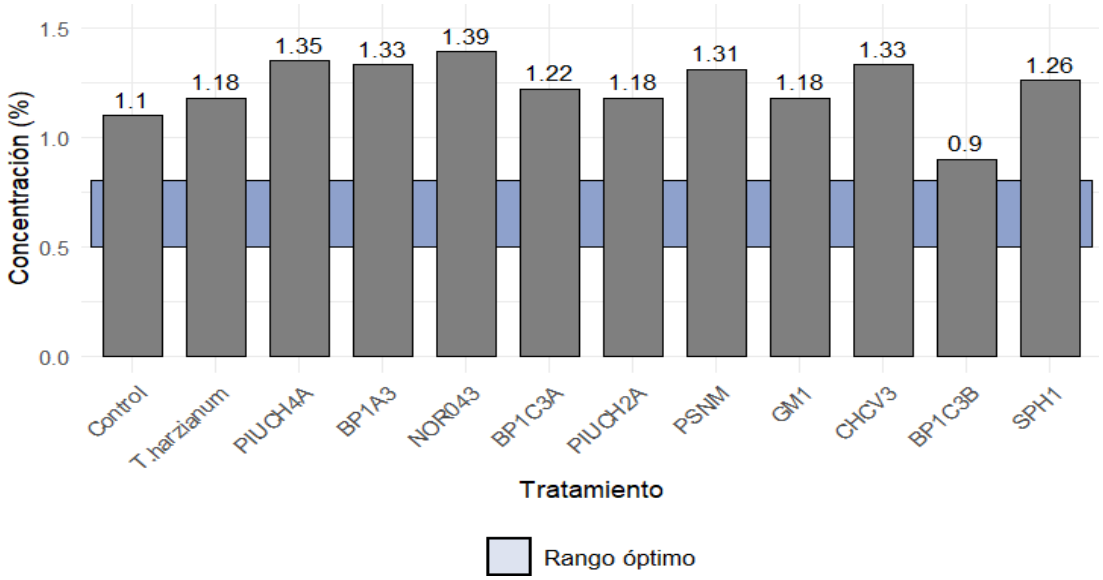
Nota: Elaboración propia (2026)

En el grafico 3 se observa que el contenido foliar de potasio en los plantones de palto, varió entre 0.66 % y 1.27 %. Las cepas NOR043 (1.27 %) y *T. harzianum* (1.22 %) registraron las concentraciones más elevadas, mientras que BP1C3A , PIUCH4A, PSNM, BP1A3, CHCV3, se ubicaron en niveles intermedios. El grupo control, BP1C3B, GM1 PIUCH2A y SPH1 presentaron los valores más bajos, pero aun dentro del rango optimo.

En el grafico 4 se observa que el contenido foliar de calcio en plantones de palto var. Hass osciló entre 0.90 % y 1.39 %. Las cepas NOR043 (1.39 %), PIUCH4A (1.35 %) y BP1A3 (1.33 %) registraron las concentraciones más altas, mientras que BP1C3B (0.90 %) presentó el valor más bajo, aunque aún por encima del nivel óptimo superior. Los demás tratamientos, incluyendo *T. harzianum*, BP1C3A, PSNM, GM1, CHCV3, y SPH1, se ubicaron en valores intermedios, manteniendo una distribución homogénea.

Gráfico 4.

Variación de contenido foliar de Calcio Frente a Cepas de Trichoderma spp. (%/).



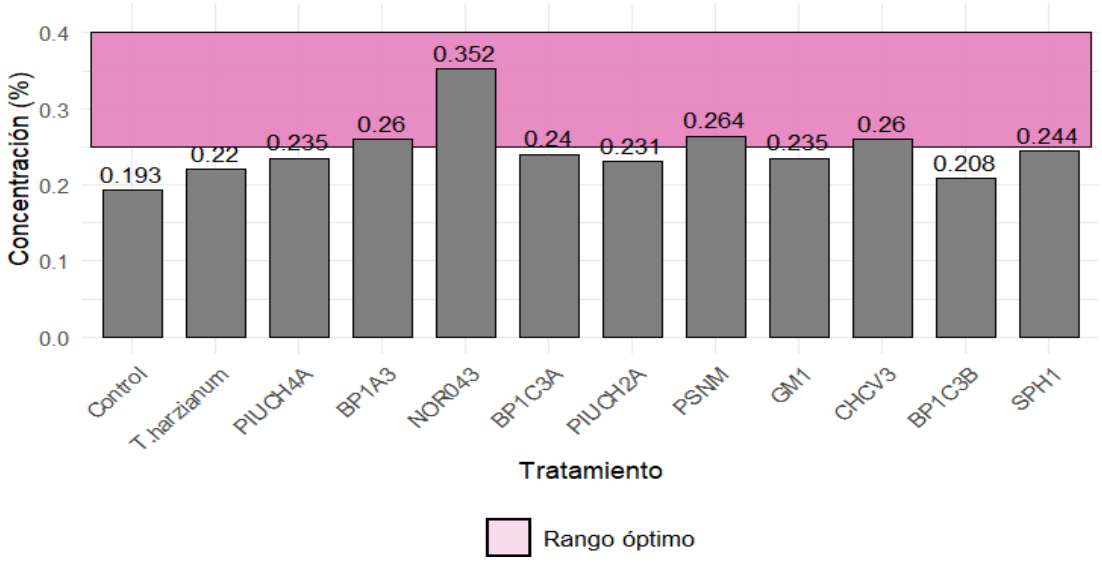
Nota: Elaboración propia (2026).

En el grafico 5 se observa que el contenido foliar de magnesio varió entre 0.193 % y 0.352 %, mostrando diferencias moderadas entre tratamientos. La cepa NOR043 (0.352 %) presentó el valor más alto, dentro del rango óptimo (0.25–0.40 %), mientras que el control (0.193 %) y BP1C3B (0.208 %) registraron las concentraciones más bajas, por

debajo del nivel adecuado. Los tratamientos BP1A3, PSNM, BP1C3A, PIUCH4A PIUCH2A, CHCV3, GM1 y SPH1 mostraron valores intermedios, cercanos o ligeramente inferiores al rango óptimo.

Gráfico 5.

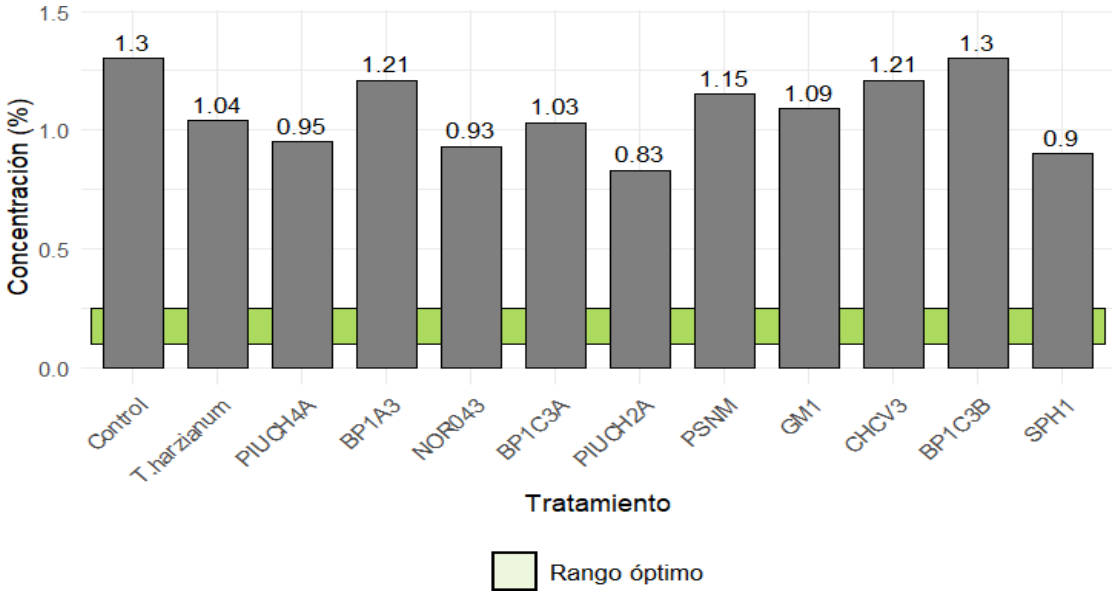
Variación de Contenido Foliar de Magnesio Frente a Cepas de Trichoderma spp. (%).



Nota: Elaboración propia (2026)

Gráfico 6.

Variación de Contenido Foliar de Azufre Frente a Cepas de Trichoderma spp. (mg/kg).



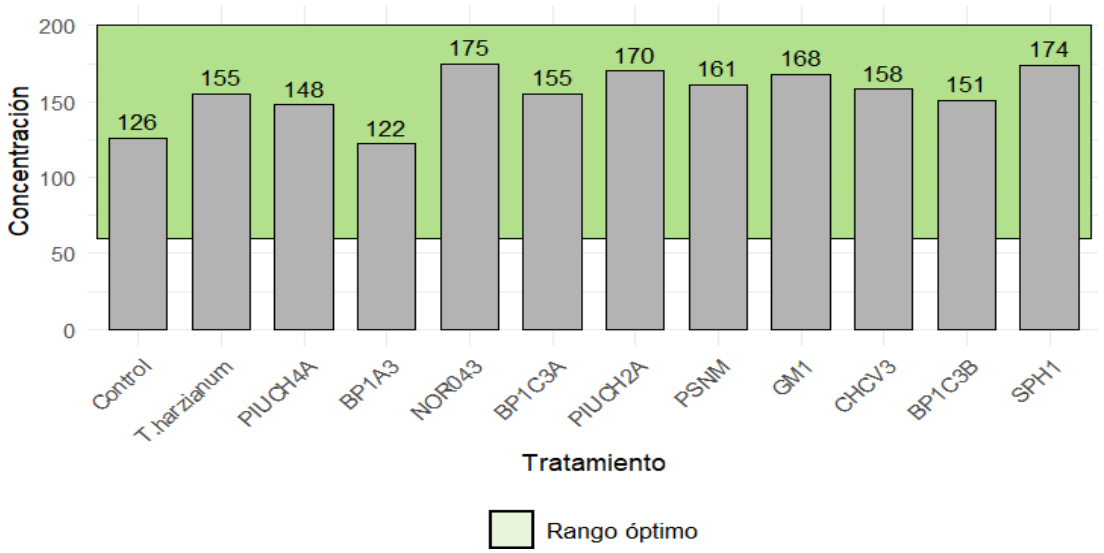
Nota: Elaboración propia (2026)

En el grafico 6 se observa que el contenido foliar de azufre, osciló entre 0.83 % y 1.30 %, mostrando diferencias leves entre tratamientos, pero con valores muy superiores al rango óptimo en todos los casos. Los mayores niveles se registraron en el control y la cepa BP1C3B (ambos con 1.30 %), seguidos por BP1A3 y CHCV3 (1.21 %), mientras que PIUCH2A (0.83 %) y SPH1 (0.90 %) presentaron las concentraciones más bajas, aunque igualmente por encima del intervalo óptimo. Los demás tratamientos, incluyendo *T. harzianum*, BP1C3A, PSNM, GM1, PIUCH4A y NOR043, mostraron valores intermedios y homogéneos.

En el gráfico 7 se observa que el contenido foliar de hierro osciló entre 122 mg/kg y 175 mg/kg, evidenciando una variación moderada entre tratamientos. Las cepas NOR043 (175 mg/kg), SPH1 (174 mg/kg) y PIUCH2A (170 mg/kg) presentaron las concentraciones más elevadas, seguidas por GM1 (168 mg/kg) y PSNM (161 mg/kg), todas dentro del rango óptimo. En contraste, el control (126 mg/kg) y la cepa BP1A3 (122 mg/kg) registraron los valores más bajos, aunque igualmente adecuados desde el punto de vista nutricional. Los demás tratamientos mostraron niveles equilibrados de hierro foliar.

Gráfico 7.

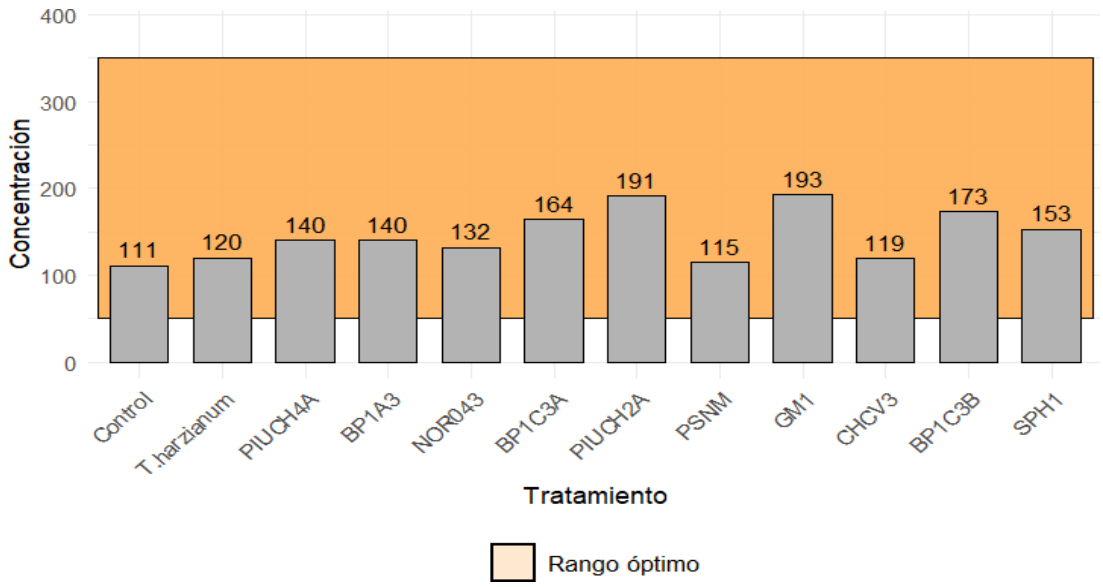
Variación de Contenido Foliar de Hierro Frente a Cepas de Trichoderma spp. (mg/kg).



Nota: Elaboración propia (2026)

Gráfico 8.

Variación de Contenido Foliar de Manganeso Frente a Cepas de Trichoderma spp. (mg/kg).



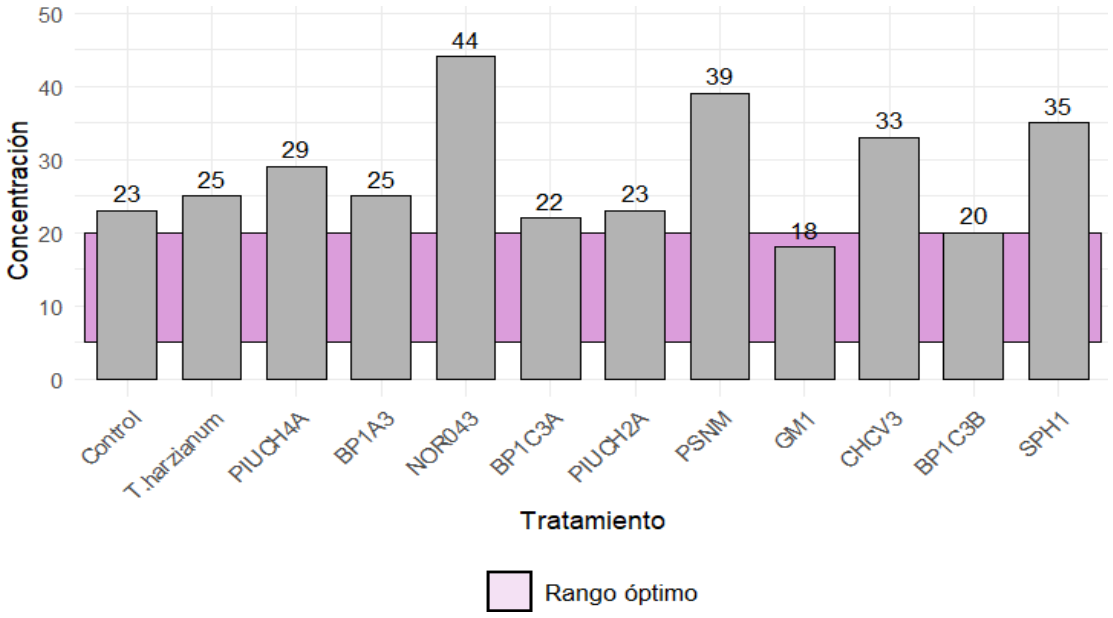
Nota: Elaboración propia (2026)

En el gráfico 8 se observa que el contenido foliar de manganeso osciló entre 111 mg/kg y 193 mg/kg. Las cepas GM1 (193 mg/kg) y PIUCH2A (191 mg/kg) registraron los valores más altos, seguidas por BP1C3B (173 mg/kg) y BP1C3A (164 mg/kg), todas dentro del rango óptimo. El control (111 mg/kg) y los tratamientos PSNM (115 mg/kg) y CHCV3 (119 mg/kg) presentaron las concentraciones más bajas, aunque sin evidenciar deficiencias nutricionales. Los demás tratamientos mantuvieron niveles intermedios.

En el gráfico 9 se observa que el contenido foliar de cobre osciló entre 18.0 mg/kg y 44.0 mg/kg. Las cepas NOR043 (44.0 mg/kg), PSNM (39.0 mg/kg) y SPH1 (35.0 mg/kg) registraron las concentraciones más elevadas, superando el rango óptimo. En contraste, el tratamiento GM1 (18.0 mg/kg) estuvo dentro del rango permitido, mientras que BP1C3B (20.0 mg/kg) y el control (23.0 mg/kg) mostraron valores ligeramente superiores. Los demás tratamientos presentaron concentraciones intermedias, también por encima del rango óptimo.

Gráfico 10.

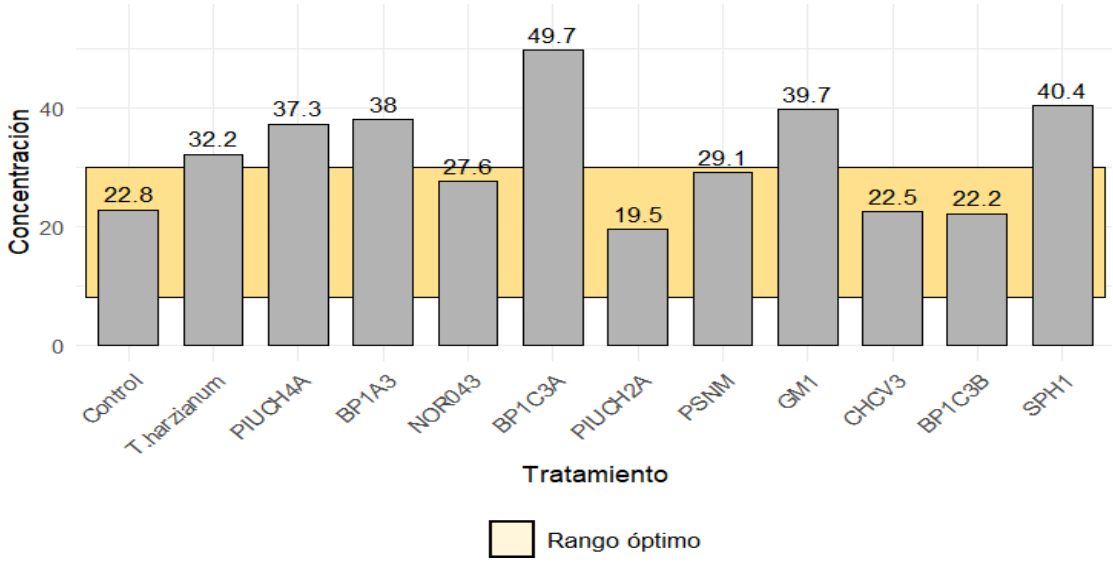
Variación de Contenido Foliar de Cobre Frente a Cepas de Trichoderma spp. (mg/kg).



Nota: Elaboración propia (2026)

Gráfico 9.

Variación de Contenido Foliar de Zinc Frente a Cepas de Trichoderma spp. (mg/kg).



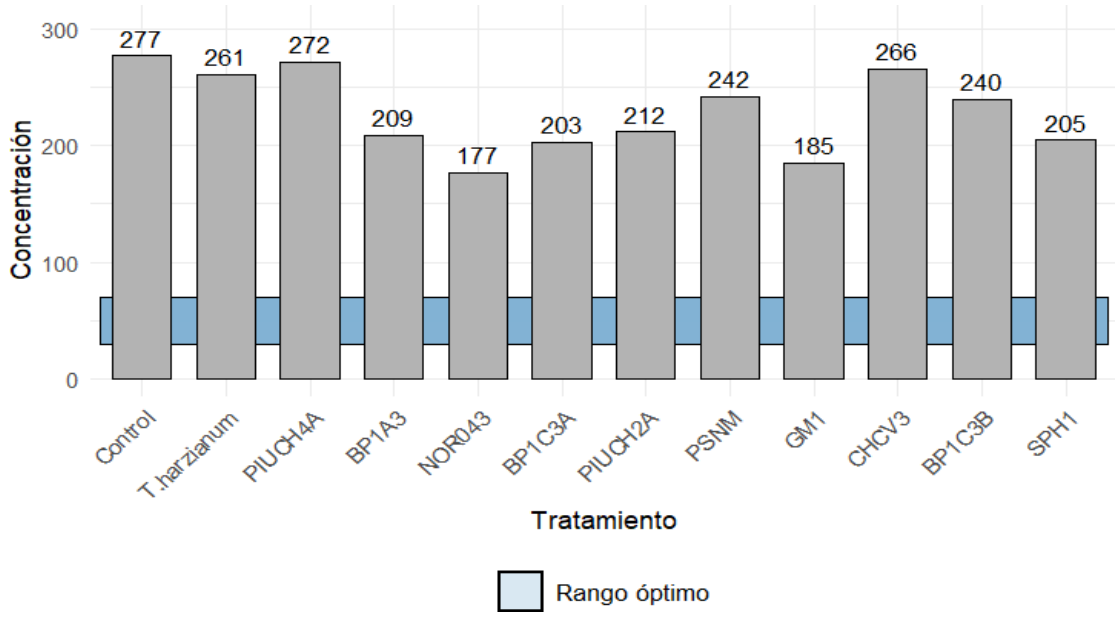
.

Nota: Elaboración propia (2026)

En el gráfico 10 se observa que el contenido foliar de zinc osciló entre 19.5 mg/kg y 49.7 mg/kg. Las cepas BP1C3A (49.7 mg/kg), SPH1 (40.4 mg/kg), GM1 (39.7 mg/kg), BP1A3 (38.0 mg/kg) y PIUCH4A (37.3 mg/kg) presentaron los valores más altos, superando el rango óptimo. Por el contrario, PIUCH2A (19.5 mg/kg), CHCV3 (22.5 mg/kg), BP1C3B (22.2 mg/kg), control (22.8 mg/kg) y NOR043 (27.6 mg/kg) se mantuvieron dentro del intervalo adecuado, reflejando una asimilación equilibrada del zinc.

Gráfico 11.

Variación de Contenido Foliar de Boro Frente a Cepas de Trichoderma spp. (mg/kg).



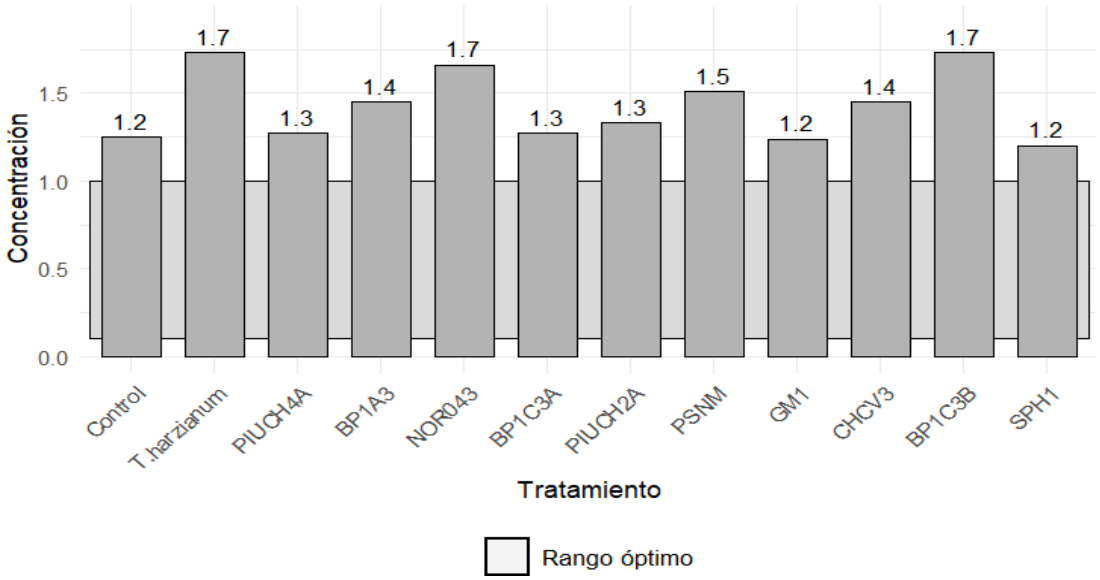
Nota: Elaboración propia (2026)

En el gráfico 11 se observa que el contenido foliar de boro en plantones de palto var. Hass osciló entre 177 mg/kg y 277 mg/kg. El control (277 mg/kg) presentó la mayor concentración, seguido de PIUCH4A (272 mg/kg), CHCV3 (266 mg/kg) y *T. harzianum* (261 mg/kg), evidenciando una acumulación excesiva del micronutriente en tejido foliar. Los tratamientos con menores valores, como NOR043 (177 mg/kg) y GM1

(185 mg/kg), aunque inferiores al resto, también se mantuvieron por encima del límite superior del rango de suficiencia.

Gráfico 12.

Variación de Contenido Foliar de Molibdeno Frente a Cepas de Trichoderma spp. (mg/kg).



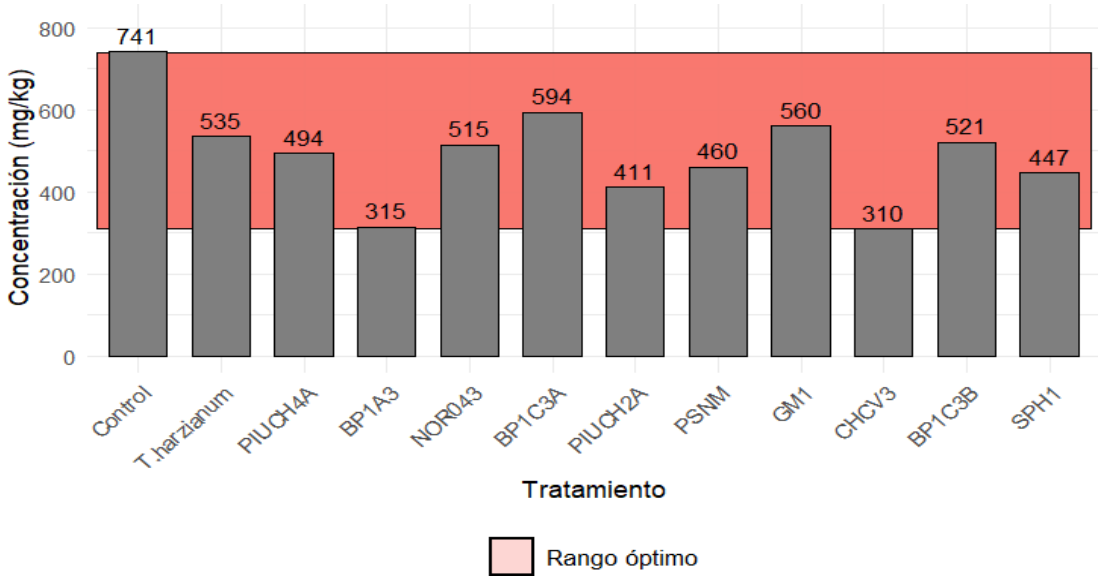
Nota: Elaboración propia (2026)

En el gráfico 12 se observa que el contenido foliar de molibdeno en plantones de palto var. Hass osciló entre 1.20 mg/kg y 1.73 mg/kg. Las cepas *T. harzianum* y BP1C3B registraron las concentraciones más elevadas (1.73 mg/kg), seguidas de NOR043 (1.66 mg/kg) y PSNM (1.51 mg/kg), mientras que el control (1.25 mg/kg) y las demás cepas mostraron niveles ligeramente menores, pero igualmente por encima del rango de suficiencia.

En el gráfico 13 se observa que el contenido foliar de cloruros en plantones de palto var. Hass osciló entre 310 mg/kg y 741 mg/kg, mostrando una variabilidad moderada entre tratamientos. Las cepas CHCV3 (310 mg/kg) y BP1A3 (315 mg/kg) registraron los valores más bajos, ubicándose en el límite inferior del rango óptimo (310–740 mg/kg), mientras que el control (741 mg/kg) alcanzó el valor máximo del intervalo. La mayoría de los tratamientos inoculados, como PIUCH4A, NOR043, PSNM, BP1C3A y GM1, presentaron concentraciones intermedias dentro del rango adecuado.

Gráfico 13.

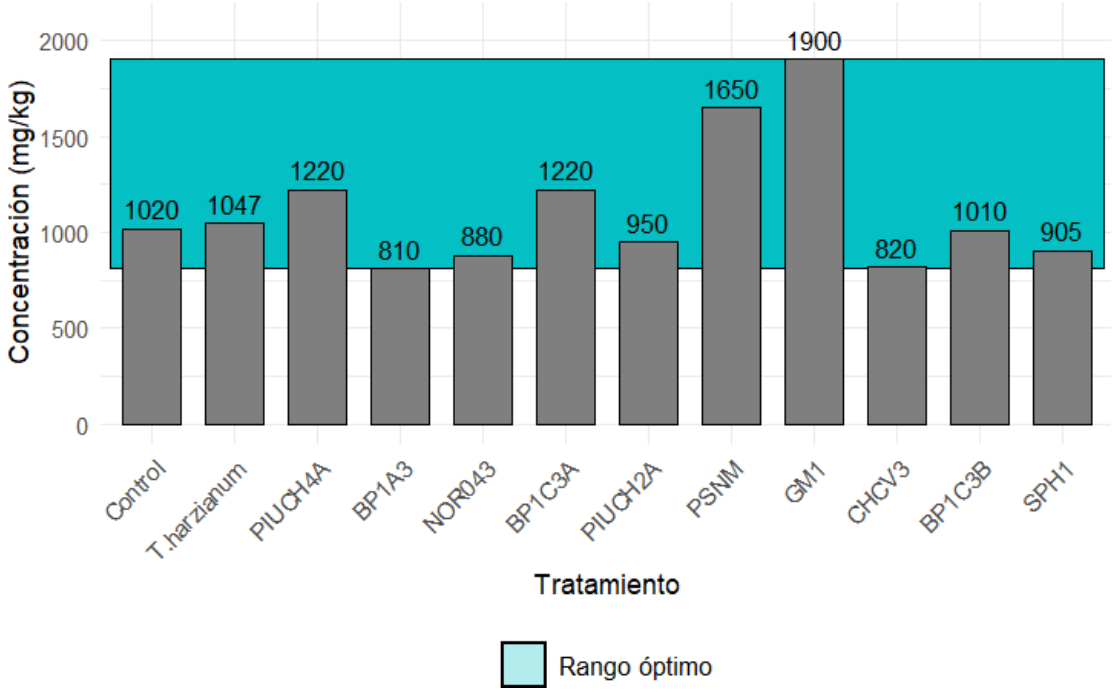
Variación de Contenido Foliar de Cloruros Frente a Cepas de Trichoderma spp. (mg/kg).



Nota: Elaboración propia (2026)

Gráfico 14.

Variación de Contenido Foliar de Sodio Frente a Cepas de Trichoderma spp. (mg/kg)



Nota: Elaboración propia (2026)

En el gráfico 14 se presenta el contenido foliar de sodio (Na), observándose concentraciones comprendidas entre 810 mg/kg y 1900 mg/kg. Las cepas GM1 (1900

mg/kg) y PSNM (1650 mg/kg) mostraron los mayores niveles de acumulación de sodio en tejido foliar, destacando por encima del resto de tratamientos evaluados. En contraste, las cepas BP1A3 (810 mg/kg) y CHCV3 (820 mg/kg) registraron las concentraciones más bajas de este elemento. Por otro lado, los tratamientos *T. harzianum*, NOR043, PIUCH4A, BP1C3A, PIUCH2A, BP1C3B y SPH1 presentaron valores intermedios, manteniéndose dentro del rango considerado adecuado. Estos evidencia una respuesta diferencial de las cepas evaluadas sobre la concentración foliar de sodio, sugiriendo una posible influencia en la absorción o regulación de este elemento en las plantas.

5.2. Resultados Inferenciales

5.2.1. Efecto Biocontrolador de las Cepas de Trichoderma spp. Sobre Lasiodiplodia theobromae Generador de Lesión en Tallo de Plantones de Palto Var. Hass

El análisis de varianza (ANOVA - DBCA) del porcentaje de control de lesión, detallado en la Tabla 15, se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$), indicando que las cepas evaluadas presentaron distintos niveles de control de lesión. Asimismo, el efecto de bloque fue significativo ($p = 0.000471$), evidenciando variabilidad entre bloques experimentales. El coeficiente de variación fue de 27.6 %, considerado aceptable para variables biológicas relacionadas con enfermedades de plantas.

Tabla 15.

ANOVA - DBCA de Control de Lesión en Tallos

Fuente de variación	gl	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor
Tratamiento	10	12239	1223.9	7.856	2.60×10^{-8}
Bloque	7	4747	678.2	4.353	0.000471
Error	70	10906	155.8		
Total	87	27892			

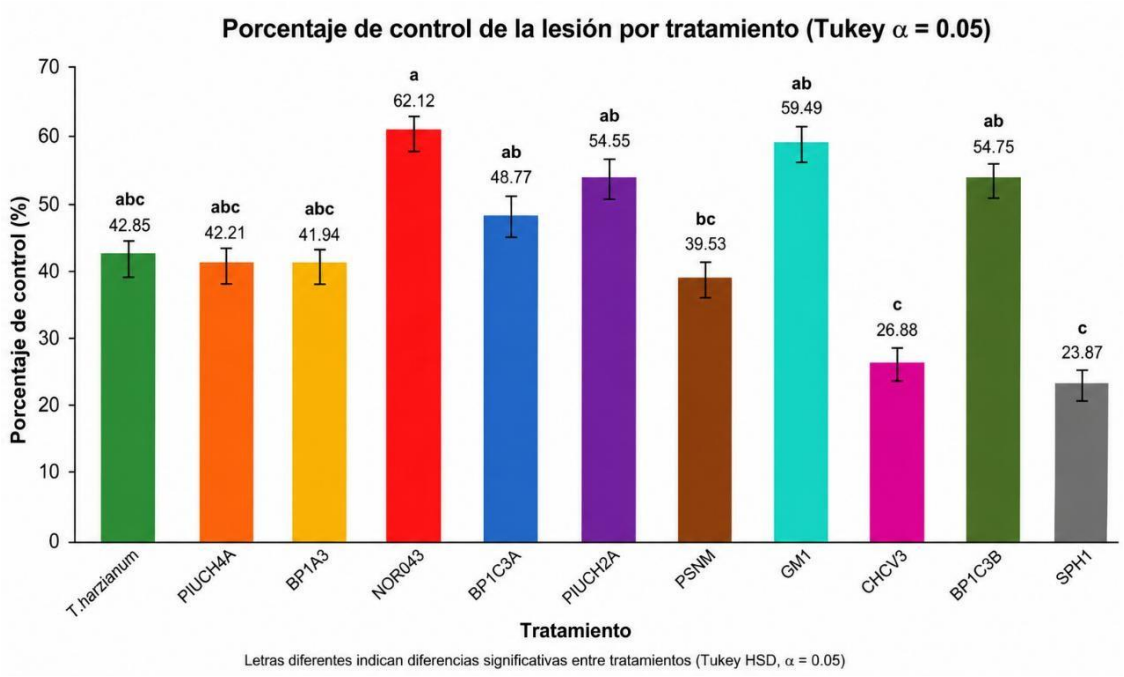
Nota: Elaboración propia de autor (2026). CV ≈ **27.6 %**

El Gráfico 15 muestra diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$). NOR043 presentó el mayor porcentaje de control de la lesión (62,12 %), ubicándose en el grupo “a”. Le siguieron GM1 (59,49 %), BP1C3B (54,75 %), PIUCH2A (54,55 %) y BP1C3A (48,77 %), pertenecientes al grupo “ab”, sin diferir estadísticamente de NOR043. Los tratamientos T. harzianum (42,85 %), PIUCH4A

(42,21 %) y BP1A3 (41,94 %) se ubicaron en el grupo “abc”, mostrando una respuesta intermedia. PSNM (39,53 %) perteneció al grupo “bc”. Finalmente, CHCV3 (26,88 %) y SPH1 (23,87 %) presentaron los menores porcentajes de control, ubicándose en el grupo “c”.

Gráfico 15.

Barras de Medias con Letras de Significancia del Porcentaje Control de Lesión en Tallos



Nota: Elaboración propia (2026).

5.2.2. Efecto Bioestimulante de las Cepas de Trichoderma spp. Sobre la Eficiencia Fisiológica y el Estado Nutricional de Plantones de Palto

- **Conductancia Estomática en Hojas**

Tabla 16.

Análisis no Paramétrico Para Datos Longitudinales (nparLD) de Conductancia Estomática

Efecto	Estadístico ATS	p-valor
Tratamiento	556.3230	< 0.0001
Fecha	494.5230	< 0.0001
Tratamiento × Fecha	137.2333	< 0.0001

Nota: Elaboración propia (2026)

El análisis no paramétrico para datos longitudinales (nparLD) detallada en la Tabla 16 evidenció diferencias altamente significativas en la conductancia estomática entre los tratamientos evaluados (ATS = 556.3230; $p < 0.0001$), entre las fechas de evaluación (ATS = 494.5230; $p < 0.0001$) y en la interacción tratamiento × fecha (ATS = 137.2333; $p < 0.0001$). Estos resultados indican que la respuesta de la conductancia estomática estuvo influenciada tanto por el tratamiento aplicado como por el momento de evaluación, y que el comportamiento de los tratamientos varió a lo largo del tiempo. Tal como se evidencia en la Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 19.

Tabla 17.

Tratamientos que Disminuyen con el Tiempo – Valores Medias

Tratamiento	11-Feb	19-Feb	27-Feb
T.harzianum	200.90	130.97	98.10
NOR043	309.56	245.19	131.85
GM1	280.79	209.18	148.00
PIUCH2A	267.03	236.20	172.01

Nota: Elaboración propia (2026)

Tabla 18.

Tratamientos Relativamente Estables – Valores Medias

Tratamiento	11-Feb	19-Feb	27-Feb
PIUCH4A	294.50	281.52	272.60
PSNM	143.13	132.76	127.30
Control	102.30	99.65	96.40

Nota: Elaboración propia (2026)

Tabla 19.

Tratamientos que Aumentan con el Tiempo – Valores Medias

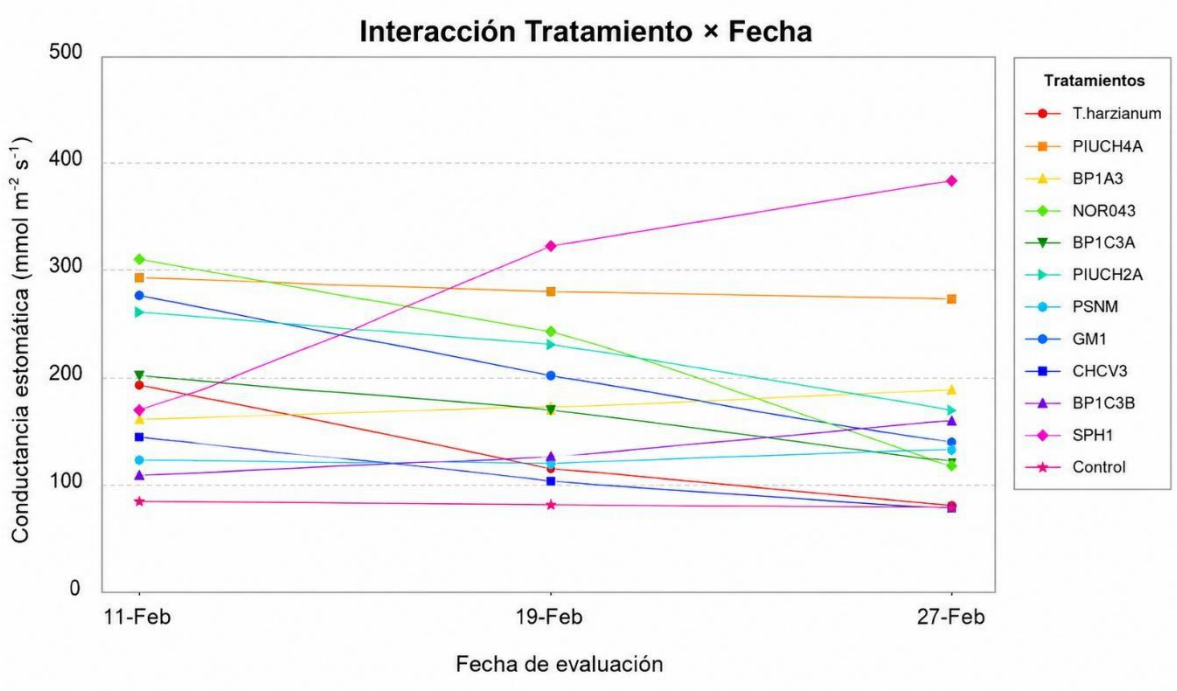
Tratamiento	11-Feb	19-Feb	27-Feb
SPH1	175.08	324.50	387.43
BP1C3B	129.61	140.64	166.09
BP1A3	170.90	182.98	193.30

Nota: Elaboración propia (2026)

En el grafico 16 se muestra como la conductancia estomática presentó una respuesta variable entre tratamientos y fechas de evaluación. SPH1 destacó por incrementar progresivamente sus valores durante el ensayo, alcanzando la mayor conductancia al final de la evaluación. En contraste, tratamientos como NOR043, GM1, PIUCH2A y *T. harzianum* mostraron una tendencia decreciente. Por su parte, el Control mantuvo los valores más bajos y estables. Esto evidencia que la respuesta fisiológica de los plantones dependió tanto del tratamiento aplicado como del momento de evaluación.

Gráfico 16.

Líneas de Interacción Tratamiento/Fecha de Conductancia Estomática



Nota: Elaboración propia (2026).

- **Contenido Relativo Hídrico en Raíces (%)**

Tabla 20.

ANOVA – DBCA Para Contenido Relativo Hídrico en Raíces

Fuente de variación	gl	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor
Tratamiento	11	4050.9	368.27	4.5781	2.521×10^{-5}
Bloque	7	758.8	108.41	1.3477	0.2398
Error	77	6193.9	80.44		

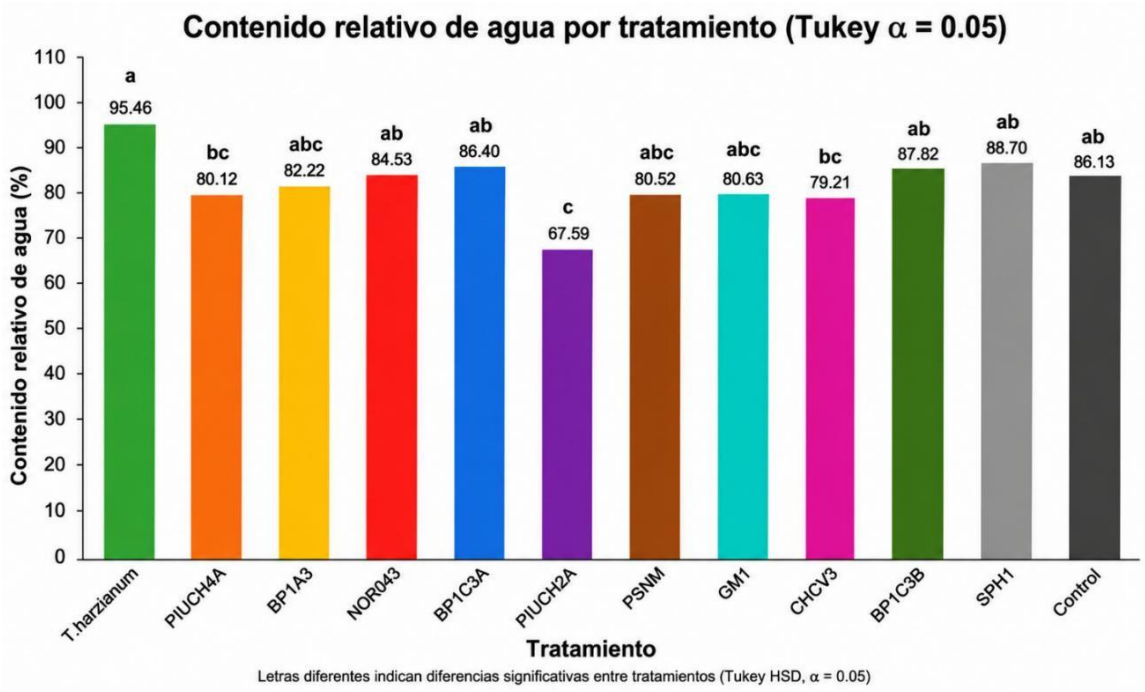
Nota: Elaboración propia (2026) C.V. = 10.77

El análisis de varianza (ANOVA - DBCA) detallada en la tabla 20 mostró diferencias significativas entre tratamientos para la variable contenido relativo de agua (%) (F = 4.5781; p = 0.000025). Por otro lado, el efecto de los bloques no fue significativo (F = 1.3477; p = 0.2398), indicando que la variabilidad entre bloques no influyó significativamente sobre la variable evaluada. El coeficiente de variación (CV = 10.77 %) indica una precisión experimental adecuada y una variabilidad relativamente baja de los datos, por lo que los resultados obtenidos pueden considerarse confiables.

En el gráfico 17 se observa la comparación de porcentaje de CHR en raíces a partir de letras de significancia. Podemos identificar que el tratamiento *T. harzianum* presento el valor más elevado (letra a), por otro lado, los tratamientos PIUCH4A, BP1C3A, SPH1, BP1C3B y Control; presentaron los valores más elevados de CHR, agrupándose en la misma categoría estadística (letras “ab”), lo que manifiesta un efecto importante sobre el mantenimiento del estado hídrico en las raíces de palto. En contraste, los tratamientos NOR043, GM1, BP1A3, CHCV3, PSNM y PIUCH2A registraron los valores más bajos (letra “b”), evidenciando una limitada capacidad en cuanto a la retención de agua.

Gráfico 17.

Barras con Letras de Significancia de Contenido Relativo Hídrico en Raíces



Nota: Elaboración propia (2026)

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos para el porcentaje de control de lesión en tallos evidenciaron diferencias en la capacidad bioprotectora de las cepas nativas de Trichoderma frente a *Lasiodiplodia theobromae*. Las cepas NOR043 (*T. koningiopsis*), GM1 (*T. asperellum*), BP1C3B (*T. saturnisporum*) y PIUCH2A (*T. nordicum*) registraron los mayores porcentajes de control, con valores promedio entre 54,6 % y 62,1 %, lo que demuestra su potencial para reducir el desarrollo de lesiones en plantones de palto var. Hass. Estos resultados son consistentes con diversos estudios que destacan la eficacia de especies de Trichoderma en el manejo de enfermedades causadas por Botryosphaeriaceae. Rabuske et al., (2023) reportaron que *T. asperellum* redujo la incidencia del cancro del tallo en nuez pecana, mientras que Li et al., (2022) observaron que *T. hamatum* disminuyó significativamente la severidad de pudriciones ocasionadas por *L. theobromae* en macadamia. Del mismo modo Wanjiku et al., (2021) encontraron que *T. asperellum* y *T. atroviride* lograron reducir hasta en un 55 % la severidad de la pudrición peduncular en frutos de palto. Asimismo, Chan et al., (2023) demostraron que cepas de *T. harzianum* inhibieron más del 50 % del crecimiento de *L. theobromae* mediante mecanismos de micoparasitismo y producción de compuestos volátiles, mientras que Jimenez et al., (2023) reportaron una reducción de lesiones en tallos de palto asociada a la aplicación de *T. harzianum*. De manera complementaria, Gutiérrez Luyo, (2023) alcanzó eficiencias de control de hasta 93,75 % frente a este patógeno, y Sulca Quispe, (2022) confirmó la reducción significativa de lesiones necróticas mediante la aplicación de *T. harzianum*. Aunque algunas cepas de la presente investigación, como CHCV3 (*T. harzianum*) y SPH1 (*T. atroviride*), mostraron porcentajes de control inferiores a los reportados en la literatura, estas diferencias pueden atribuirse a la variabilidad genética entre cepas, al origen geográfico de los aislamientos y a la expresión diferencial de mecanismos antagonistas. En conjunto, los resultados confirman que las cepas nativas de Trichoderma constituyen una alternativa promisoria para el manejo biológico de *L. theobromae*, destacando particularmente NOR043 (*T. koningiopsis*) y GM1 (*T. asperellum*) por su mayor capacidad de protección frente al avance de las lesiones en tallos.

La conductancia estomática del palto var. Hass fue influenciada significativamente por las cepas nativas de *Trichoderma spp*. y por el tiempo de evaluación, evidenciando respuestas fisiológicas diferenciadas entre tratamientos. En

general, los plantones inoculados presentaron valores superiores al control durante todo el periodo de estudio, lo que sugiere una mayor apertura estomática y, por tanto, una mejor capacidad de intercambio gaseoso y regulación hídrica. Los mayores valores se observaron en las cepas PIUCH4A (*T. nordicum*), NOR043 (*T. koningiopsis*), GM1 (*T. asperellum*) y especialmente SPH1 (*T. atroviride*), que alcanzó la máxima conductancia al final de la evaluación (387.42 $mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$), mientras que el tratamiento control mantuvo los valores más bajos y estables (96.40–102.30 $mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$). Estos resultados coinciden con lo reportado por Betancourt Tituaña, (2020) quien observó incrementos significativos de la conductancia estomática en tomate inoculado con *Trichoderma spp*., así como con Leonardo Alvarado, (2024) quien indicó que *T. harzianum* favorece la apertura estomática y la tolerancia al estrés. Del mismo modo, Carrión (2023) señaló que la aplicación de Trichoderma incrementó la conductancia estomática y el contenido de clorofila en plantas de café, reflejando una mejora en la actividad fotosintética. La elevada respuesta observada en cepas como SPH1, PIUCH4A y GM1 podría estar relacionada con una mayor producción de fitohormonas, mejor absorción de agua y nutrientes, así como una mayor capacidad para estimular procesos fisiológicos asociados al crecimiento vegetal. Asimismo, la variación observada entre cepas confirma que la respuesta bioestimulante depende de las características propias de cada aislamiento, tal como fue señalado por Dominguez Yap, (2018), quien encontró diferencias importantes en parámetros fisiológicos de plantas tratadas con distintas cepas de Trichoderma. En ese contexto, los resultados obtenidos evidencian que las cepas nativas SPH1 (*T. atroviride*), PIUCH4A (*T. nordicum*), NOR043 (*T. koningiopsis*) y GM1 (*T. asperellum*) poseen un destacado potencial bioestimulante al favorecer una mayor conductancia estomática en plantones de palto, condición que puede traducirse en una mejor eficiencia fisiológica y adaptación al estrés durante la etapa de vivero.

El contenido hídrico relativo (CHR) de los plantones de palto var. Hass evidenció una respuesta diferencial frente a la inoculación con las cepas nativas de *Trichoderma spp.* La cepa comercial *T. harzianum* presentó el mayor contenido hídrico promedio (95.46 %), seguida por SPH1 (*T. atroviride*) con 88.70 %, BP1C3B (*T. saturnisporum*) con 87.82 % y BP1C3A (*T. saturnisporum*) con 86.40 %, valores que reflejan una adecuada capacidad para mantener la hidratación de los tejidos vegetales. Estos resultados coinciden con lo reportado por Rawal et al., (2022), quienes observaron incrementos significativos en el contenido relativo de agua de plantas tratadas con

Trichoderma bajo condiciones de estrés hídrico, atribuyendo este efecto a una mejora en la absorción de agua y en la eficiencia fisiológica de las plantas. Asimismo, Ortiz Calcina (2017) señaló que la inoculación con Trichoderma favorece el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes, contribuyendo indirectamente al mantenimiento del estado hídrico de la planta. Esta tendencia podría explicar los altos valores observados en las cepas SPH1, BP1C3A y BP1C3B, cuyos porcentajes fueron similares e incluso ligeramente superiores al tratamiento control (86.13 %). Por otro lado, PIUCH2A (*T. nordicum*) registró el menor contenido hídrico relativo (67.59 %), lo que sugiere una menor eficiencia para favorecer la retención de agua en los tejidos, evidenciando que el efecto bioestimulante depende de las características particulares de cada aislamiento. En este sentido, Boamah et al. (2021) demostraron que distintas especies de Trichoderma difieren en su capacidad para mejorar el estado hídrico de las plantas, reportando incrementos significativos en el contenido relativo de agua en trigo inoculado con *T. longibrachiatum*.

Por ultimo los resultados obtenidos en el contenido nutricional foliar de los plantones de palto var. *Hass* evidencian que el tratamiento con Trichoderma influyó positivamente en la absorción y acumulación de diversos macro y micronutrientes, reflejando un efecto bioestimulante y de mejora en la nutrición mineral de las plantas. En términos generales, las cepas NOR043, GM1, BP1C3A y PSNM mostraron los mejores desempeños en varios elementos esenciales. Por ejemplo, el contenido foliar de nitrógeno (1.62–1.93 %) se mantuvo mayormente dentro del rango óptimo, con incrementos evidentes respecto al control. De manera similar, el fósforo presentó una amplia variación (0.070–1.03 %), donde PSNM y NOR043 mostraron la mejor disponibilidad, indicando que las cepas pudieron favorecer la solubilización de fosfatos del suelo. En potasio, NOR043, *T. harzianum* y BP1C3A destacaron con niveles superiores al óptimo, lo que coincide con lo reportado por Ortiz Calcina, (2017) en quinua, donde Trichoderma incrementó significativamente las concentraciones foliares de N, P y K. Asimismo, en calcio y magnesio, las cepas NOR043 y BP1A3 promovieron niveles adecuados o superiores, lo que sugiere un fortalecimiento de la estructura celular y la fotosíntesis. Asimismo, en lo respecto a los micronutrientes, se observó un patrón de mejora nutricional sostenida: el hierro (122–175 mg/kg) y el manganeso (111–193 mg/kg) se mantuvieron dentro de rangos óptimos, destacando NOR043, GM1 y PIUCH2A, lo que podría atribuirse al potencial de Trichoderma para sintetizar sideróforos que aumentan la disponibilidad de hierro y otros elementos traza,

similar a lo descrito por Leonardo (2024) en espinaca bajo condiciones de estrés. En cobre (18–44 mg/kg) y zinc (19.5–49.7 mg/kg), los incrementos observados en cepas como NOR043 y BP1C3A también evidencian una mayor movilización y absorción foliar, en concordancia con Sotomayor et al., (2022) quienes registraron incrementos notables de Cu en plantas tratadas con consorcios microbianos que incluían *Trichoderma spp.* Sin embargo, nutrientes como azufre, boro y molibdeno mostraron concentraciones superiores al rango óptimo en la mayoría de tratamientos, lo que podría deberse a una mayor mineralización o disponibilidad en el sustrato mediada por la actividad microbiana, aunque sin alcanzar niveles tóxicos. Finalmente, la menor acumulación de cloruros y sodio en tratamientos con Trichoderma respecto al control evidencia un efecto regulador sobre la absorción iónica, reduciendo la posible acumulación de sales y favoreciendo el equilibrio nutricional, esto respaldado por lo investigado por Gaona Gonzaga et al., (2025) donde *T. asperellum* incrementó la eficiencia de absorción foliar y el rendimiento en aguacate.

VII. CONCLUSIONES

- Las cepas nativas de *Trichoderma spp.* mostraron una capacidad diferencial para el control de *Lasiodiplodia theobromae* en tallos de palto var. Hass. Los aislados NOR043 (*T. koningiopsis*), GM1 (*T. asperellum*), BP1C3B (*T. saturnisporum*) y PIUCH2A (*T. nordicum*) alcanzaron los mayores porcentajes de control de lesión, con valores promedio de 62.12 %, 59.49 %, 54.75 % y 54.55 %, respectivamente, superando al resto de tratamientos. Lo que evidencia el potencial bioprotector de determinadas cepas nativas, probablemente asociado a mecanismos de antagonismo como micoparasitismo, competencia por espacio y nutrientes, producción de metabolitos antifúngicos e inducción de respuestas de defensa en la planta.
- La aplicación de cepas de *Trichoderma spp*. influyó significativamente sobre la conductancia estomática de los plantones de palto, observándose diferencias entre tratamientos y fechas de evaluación. Las cepas PIUCH4A (*T. nordicum*), SPH1 (*T. atroviride*), NOR043 (*T. koningiopsis*) y GM1 (*T. asperellum*) promovieron los mayores valores de conductancia estomática respecto al control, evidenciando una mayor apertura estomática y una mejora en los procesos de intercambio gaseoso. Este comportamiento sugiere una influencia positiva de estas cepas sobre el estado fisiológico de la planta, favoreciendo la regulación hídrica y la actividad fotosintética.
- El contenido relativo hídrico en raíces presentó diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento comercial *T. harzianum* alcanzó el valor promedio más alto (95.46 %), mientras que entre las cepas nativas destacaron SPH1 (88.70 %), BP1C3B (87.82 %), BP1C3A (86.40 %) y NOR043 (84.53 %), evidenciando una mayor capacidad para mantener el equilibrio hídrico de los tejidos. Estos resultados indican que determinadas cepas de *Trichoderma spp*. contribuyen a mejorar la retención y aprovechamiento del agua en las plantas, fortaleciendo su tolerancia frente a condiciones de estrés.
- Considerando de manera conjunta las variables de bioprotección y respuesta fisiológica evaluadas, la cepa NOR043 (*T. koningiopsis*) destacó por combinar el mayor porcentaje de control de lesión con elevados valores de conductancia estomática y contenido relativo hídrico, seguida por GM1 (*T. asperellum*) y BP1C3B (*T. saturnisporum*). Estos resultados permiten identificar a dichas

cepas como las de mayor potencial para su futura validación y posible desarrollo como agentes biológicos para el manejo sostenible de *Lasiodiplodia theobromae* y la promoción del crecimiento en plantones de palto var. Hass.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con la evaluación de las cepas nativas NOR043 (*T. koningiopsis*), GM1 (*T. asperellum*) y BP1C3B (*T. saturnisporum*), debido a que presentaron un desempeño sobresaliente en las variables de control de lesión, conductancia estomática y contenido relativo hídrico, evidenciando un potencial promisorio para su incorporación en programas de manejo biológico del cultivo de palto.
- Se recomienda validar la eficacia de las cepas seleccionadas bajo condiciones de campo comercial y durante diferentes etapas fenológicas del cultivo, con el fin de determinar la estabilidad de su respuesta frente a las variaciones ambientales y sanitarias propias de las zonas productoras de palto.
- Se sugiere evaluar diferentes dosis, frecuencias y métodos de aplicación de las cepas nativas de *Trichoderma spp*., con la finalidad de optimizar su efecto bioprotector y bioestimulante, así como establecer protocolos de uso técnicamente sustentados para vivero y campo definitivo.
- Se recomienda profundizar en la caracterización fisiológica y molecular de las cepas más promisorias, especialmente aquellas con mejor desempeño integral, para comprender los mecanismos asociados a la inducción de defensas, regulación hídrica, promoción del crecimiento vegetal y antagonismo frente a *Lasiodiplodia theobromae*.
- Se sugiere desarrollar bioformulados a partir de las cepas nativas con mejores resultados, evaluando su viabilidad, estabilidad, compatibilidad y persistencia en diferentes sistemas de producción, con el propósito de generar alternativas sostenibles para el manejo sanitario y fisiológico del cultivo de palto.
- Se recomienda ampliar futuras investigaciones incorporando variables relacionadas con crecimiento vegetativo, desarrollo radicular, rendimiento y calidad de planta, a fin de determinar el impacto integral de las cepas nativas de *Trichoderma spp.* sobre el desempeño agronómico del cultivo.

IX. REFERENCIAS

Agrios, G. N. (1995). *FITOPATOLOGIA - George N-Agrios.pdf*. Limusa S.A.

Altomare, C., Norvell, W., Björkman, T., & Harman, G. (1999). Solubilization of Phosphates and Micronutrients by the Plant-Growth-Promoting and Biocontrol Fungus Trichoderma harzianum Rifai 1295-22. *Applied and Environmental Microbiology*, *65*(7), 2926-2933. https://doi.org/10.1128/AEM.65.7.2926-2933.1999

Álvarez, L. A. (2015). Eficacia fungicida en el control de Lasiodiplodia theobromae en plantas de palto (Persea americana) con el uso del bioestimulante a base de algas marinas Fertimar®. *VIII Congreso Mundial de la Palta*, 1-7.

Andrea, L., Medellín, C., Marcela, A., Rozo, B., Mercedes, M., & Trujillo, P. (2011). ensayo preliminar sobre la utilización de un medidor portátil de clorofila para estimar el nitrógeno foliar en orégano *(Origanum vulgare L.)*. ensayo preliminar sobre la utilización de un medidor portátil de clorofila para estimar el nitrógeno foliar en orégano (Origanum vulgare L.)

Argumedo Delira, R., Alarcón, A., Ferrera Cerrato, R., & Peña Cabriales, J. J. (2009). *EL GÉNERO FÚNGICO Trichoderma Y SU RELACIÓN CON CONTAMINANTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS*. *4*(25), 1-13.

Arrebola, E., Crespo, M., Girardo Manzano, L., Guirardo, E., Sarmiento, D., Gutierrez Barranquero, J., Tienda, S., Villar Moreno, R., Ruiz Muñoz, B., de Vicente, A., Fernandez, D., & Cazorla, F. (2023, septiembre 28). *Avances en el estudio de la enfermedad conocida como «muerte regresiva» del aguacate*. Interempresas. https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/489444-Avances-en-el-estudio-de-la-enfermedad-conocida-como-muerte-regresiva-del-aguacate.html

Betancourt Tituaña, H. F. (2020). *Sinergismo entre hongos micorrícicos y* Trichoderma harzianum *en el control del nematodo* Nacobbus aberrans *en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum *L.)* [Magister en Protección Vegetal, Universidad Nacional de La Plata]. https://doi.org/10.35537/10915/101157

Biocontrol Tech. (2023, marzo 29). Un Patógeno Necrótrofo causante de Muerte Descendente en Cultivos de Aguacate. *Biocontrol Technologies en Español*. https://biocontroltech.com/lasiodiplodia-theobromae/

Biosat. (s.f). *Bioprospección y Sustentabilidad Agrícola*. Colpos.mx. https://www.colpos.mx/posgrado/biosat/lgac_m.php

Boamah, S., Zhang, S., Xu, B., Li, T., & Calderón-Urrea, A. (2021). Trichoderma longibrachiatum (TG1) Enhances Wheat Seedlings Tolerance to Salt Stress and Resistance to Fusarium pseudograminearum. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 741231. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.741231

Borges, R. C. F., Marques, E., Macedo, M. A., Martins, I., Silva Filho, J. G. D., & Mello, S. C. M. D. (2018). BIOCONTROL OF TEAK CANKER CAUSED BY Lasiodiplodia theobromae. *Revista Árvore*, *42*(3). https://doi.org/10.1590/1806-90882018000300004

Bravo, M. (2024, febrero 15). Perú oficializó el inicio de la campaña de exportación de palta. *PortalFruticola.com*. https://www.portalfruticola.com/noticias/2024/02/15/peru-oficializo-el-inicio-de-la-campana-de-exportacion-de-palta/

Carrion Salinas, D. A. (2023). *Uso de bioestimulantes para el crecimiento del Café (Coffea arabica var. Typica) bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental Docente La Argelia* [Universidad Nacional de Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/be5d9bb5-553c-438e-a9c8-2b32fe53633b/content

Castro Toro, Á. M., & Rivillas Osorio, C. A. (2005). *BIORREGULACIÓN DE Rhizoctonia solani EN*. 1-8.

Chan, M. E., Tan, J. Y., Lee, Y. Y., Lee, D., Fong, Y. K., Mutwil, M., Wong, J. Y., & Hong, Y. (2023). Locally Isolated Trichoderma harzianum Species Have Broad Spectrum Biocontrol Activities against the Wood Rot Fungal Species through Both Volatile Inhibition and Mycoparasitism. *Journal of Fungi*, *9*(6), 675. https://doi.org/10.3390/jof9060675

CIEN. (2023). *Evolución del mercado mundial y nacional de Palta* [Sitio web]. NOTA SEMANAL DE INTELIGENCIA COMERCIAL. https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2023/07/CIEN_NSIM1_Julio_2023_Palta_1.pdf

Colonia Coral, L. M. (2013). *Manejo integrado en el cultivo de palto*. UNALM. https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/031-f-palto.pdf

Comexperu. (2024, febrero 9). *EXPORTACIONES AGRÍCOLAS CRECIERON UN 3.9% EN 2023*. COMEXPERU - Sociedad de Comercio Exterior Del Perú. https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-agricolas-crecieron-un-39-en-2023

Cornelius, J. (2021). *SEMILLA Y PLANTONES AGROFORESTALES: UNA GUÍA*. https://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/GuiaSemillayPlantones.pdf

Crespo, C. (2017, septiembre 20). Guía fotográfica de síntomas de deficiencias de nutrientes, enfermedades y plagas en paltos. *PortalFruticola.com*. https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/09/20/guia-fotografica-de-sintomas-de-deficiencias-de-nutrientes-enfermedades-y-plagas-en-paltos/

Cubillos Hinojosa, J. G., Páez Redondo, A., & Mejía Doria, L. (2011). *Evaluación de la Capacidad Biocontroladora de Trichoderma harzianum Rifai contra Fusarium solani (Mart.) Sacc. Asociado al Complejo "Secadera" en Maracuyá, Bajo Condiciones de Invernadero*. *1*(64), 1-10.

Descubre Todo Sobre Cultivo De Palta En El Perú—Marzo 2024—CeficPeru.org. (2023, abril 4). [Noticias]. CEFICPERU.ORG. https://ceficperu.org/descubre-todo-sobre-cultivo-de-palta-en-el-peru/

Díaz Diez, C. A., Bernal Estrada, J. A., Builes Gaitán, S., Caicedo, A. M., Carabalí Muñoz, A., Casamitjana Causa, M., Córdoba Gaona, Ó. D. J., Duque Ríos, M., Forero Longas, F., Londoño Bonilla, M., Londoño Zuluaga, M. E., García Lozano, J., Kondo, T., Osorio Vega, N. W., Rodríguez Yzquierdo, G. A., Rodríguez-León, A. K., Rondón Salas, T. M., Ruiz, D., Sandoval Aldana, A., … Vega Marín, C. A. (2020). *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate* (Segunda). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403831

Dominguez Yap, P. L. (2018). *"EFECTO DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS ASOCIADAS A Trichoderma ENDÓFITOS, APLICADAS A DIFERENTES GENOTIPOS DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN CO* [Academica, UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO]. https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/26cf7d28-8a04-474c-9b43-bf9980b7c464/content

Durán Alvarón, J. N. (2022). *LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL CULTIVO DEL PALTO* [Ponencia]. https://repositorio.sierraexportadora.gob.pe/bitstream/handle/SSE/518/LAS%20PRINCIPALES%20ENFERMEDADES%20DEL%20CULTIVO%20DEL%20PALTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Filipenco, D. (2024). *Principales países productores de aguacate y los problemas de sostenibilidad de la industria* [Sitio web]. DevelopmentAid. https://www.developmentaid.org/news-stream/post/177203/top-avocado-producing-countries

Flores Izquierdo, M. A., & Espinoza Villanueva, L. E. (2023). Situación actual y perspectivas de la producción de palta (Persea americana) peruana en el contexto del comercio internacional. *Ingeniería Industrial*, (45), 157-173. https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n45.6316

Gaona Gonzaga, J. P., Herrera Ramírez, C. D., & Merino Toro, J. L. (2025). Efecto del fertirriego y microorganismos en el rendimiento, calidad de la fruta y concentración foliar de nutrientes en aguacate Hass (Persea americana Mill.) en el valle de Tumbaco-Ecuador. *Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología*, *10*(1), 36-46. https://doi.org/10.59410/RACYT-v10n01ep04-0163

Gestión. (2024, febrero 9). *Palta peruana inicia campaña de exportación 2024 en su llegada a 73 mercados | Agroexportación | Senasa | | ECONOMIA*. NOTICIAS GESTIÓN. Gestión. https://gestion.pe/economia/palta-peruana-inicia-campana-de-exportacion-2024-en-su-llegada-a-73-mercados-agroexportacion-senasa-noticia/

González León, Y., Ortega Bernal, J., Anducho Reyes, M., & Mercado, Y. (2022). Bacillus subtilis y Trichoderma: Características generales y su aplicación en la agricultura. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, *25*. https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.520

Gutiérrez Luyo, J. C. (2023). *Evaluación de productos biológicos en el control de Lasiodiplodia theobromae en palto "Persea americana" en condiciones de vivero en Cañete* [Experimental, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/8437/BORRADOR%20DE%20TESIS%20CORREGIDO%20JULIO%20CESARFINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). Trichoderma species—Opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, *2*(1), 43-56. https://doi.org/10.1038/nrmicro797

Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). Trichoderma: IMPORTANCIA AGRÍCOLA, BIOTECNOLÓGICA, Y SISTEMAS DE

FERMENTACIÓN PARA PRODUCIR BIOMASA Y ENZIMAS DE INTERÉS INDUSTRIAL. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, (ahead), 0-0. https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205

Hoyos Carvajal, L., Orduz, S., & Bissett, J. (2009). Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. *Biological Control*, *51*(3), 409-416. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.07.018

Infante, D., Martínez, B., & González, N. (2009). *MECANISMOS DE ACCIÓN DE Trichoderma FRENTE A HONGOS*. *24*(1).

iQonsulting. (2023). *Anuario Palta 2023* [Sitio web]. calameo.com. https://www.calameo.com/read/00715447037e457ae816a

Jimenez-Ariza, N. V., Soto-Heredia, J. M., Casas-Díaz, A. V., & Aragón-Caballero, L. M. (2023). Posible inducción de resistencia sistémica a Lasiodiplodia theobromae en aguacate (Persea americana Mill.) en condiciones semicontroladas en La Molina. *Peruvian Journal of Agronomy*, *7*(2), 132-143. https://doi.org/10.21704/pja.v7i2.2053

Kiss, T. (2025, mayo 20). Investigación aplicada [Informativa]. *https://concepto.de/*. https://concepto.de/investigacion-aplicada/

Lenscak, M. P., & Iglesias, N. (2019). *Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino*. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/136656/mod_resource/content/1/inta_-_invernaderos.pdf

León Carrasco, J. C. (2023, marzo 14). *Exportaciones peruanas de palta comienzan el 2023 de manera acelerada* [Noticias]. agraria.pe. https://agraria.pe/noticias/exportaciones-peruanas-de-palta-comienzan-el-2023-de-manera--31133

Leonardo Alvarado, C. D. L. (2024). *VERMICOMPOST, ESTIÉRCOL DE Tenebrio molitor Y Trichoderma harzianum COMO MITIGADORES DE ESTRÉS HÍDRICO Y SALINO EN ESPINACA (Spinacia oleracea)* [Academica, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/63d4956c-4148-472e-9036-d5235e581081/content

Li, X., Leng, J., Yu, L., Bai, H., Li, X., Wisniewski, M., Liu, J., & Sui, Y. (2022). Efficacy of the biocontrol agent Trichoderma hamatum against Lasiodiplodia

theobromae on macadamia. *Frontiers in Microbiology*, *13*, 994422. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.994422

López Zambrano, L. L. (2012). *Evaluación fenotípica y expresión génica diferencial de Lasiodiplodia theobromae (teleomorfo Botryosphaeria rhodina) en presencia de madera de vid* [Tesis pregrado, CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA]. http://www.mundonano.unam.mx/ojs/index.php/nano/article/view/56907

Maraví, D. (2021). *Palta se ha consolidado al Perú como el segundo productor y exportador a nivel mundial.* Exportemos.pe. https://boletines.exportemos.pe/1718/palta-hass-consolida-al-peru-como-el-segundo-productor-y-exportador-a-nivel-mundial

Mejía, M. O. C. (2018). *Incidencia, etiología y control in vitro de la muerte regresiva en el palto (Persea americana Mill.) en Luricocha, Huanta, 2017* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA]. https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3085/1/TESIS%20AG1214_Cha.pdf

Mesa Vanegas, A. M., Marín Pavas, D. A., & Calle Osorno, J. (2020). Metabolitos secundarios en Trichoderma spp. Y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. *Actualidades Biológicas*, *41*(111), 1-13. https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v41n111a02

Michel Aceves, A. C., Otero Sánchez, M. A., Martínez Rojero, R. D., Rodríguez Morán, N. L., Ariza Flores, R., & Barrios Ayala, A. (2008). PRODUCCIÓN MASIVA DE Trichoderma harzianum Rifai EN DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, *XIV*(2). https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2005.09.036

MIDAGRI. (2024). *Perfil productivo y competitivo de los principales cultivos del sector*. https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYjYwYTk5MDgtM2M0MS00NDMyLTgzNDEtMjNhNjEzYWQyOTNlIiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9

Mondino, P., & Vero, S. (2006). *CONTROL BIOLOGICO DE PATOGENOS DE PLANTAS* (1.ª ed., Vol. 223). Departamento de Publicaciones Facultad deAgronomía.Av E. Garzón 780.

Montaño Arias, N. M., Sandoval Pérez, A. L., Camargo Ricalde, S. L., & Sánchez Yáñez, J. M. (2010). *Los microorganismos: Pequeños gigantes*. 10.

Morales A., C. G. (2017). *Manual de manejo agronómico del arándano* [Manual; PDF]. https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6673/NR40907.pdf?sequence=41

Moreira Morrillo, A. A., Cedeño Moreira, Á. V., Canchignia Martínez, F., & Garcés Fiallos, F. R. (2021). Lasiodiplodiatheobromae(Pat.) Griffon & Maubl [(syn.) Botryodiplodia theobromae Pat] in the cocoa crop: Symptoms, biological cycle,and strategies management. *Scientia Agropecuaria*, *12*(4), 653-662. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.068

Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal* (Versión 01) [Manual]. El País. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacl893.pdf

OEC. (2022). *Aguacates «paltas», frescos o secos (HS:): Comercio, Exportadores e Importadores* [Sitio web]. Observatorio de Complejidad Económica. https://oec.world/es/profile/hs/avocados-freshdried

Ortiz Calcina, N. (2017). *"BIOFERTILIZACIÓN CON CEPAS DE Trichoderma sp SOBRE EL CRECIMIENTO Y NUTRICIÓN DE QUINUA (Chenopodium quinoa Willd) VAR. SALCEDO INIA EN CONDICIONES DE INVERNADERO"* [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO]. https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/4931

Pastor Esteche, E. (2023). *"Mecanismos de acción de Trichoderma harzianum para el biocontrol de Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis"*. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/161889/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Picos Muñoz, P. A., García Estrada, R. S., León Félix, J., & Sañudo, A. (2015). *Lasiodiplodia theobromae en Cultivos Agrícolas de México: Taxonomía, Hospedantes, Diversidad y Control*.

Polanco Florián, L. G., Alvarado Gómez, O. G., Olivares Sáenz, E., González Garza, R., & Pérez González, O. (2020). Control biológico de Lasiodiplodia theobromae y Fomitopsis meliae causantes de la muerte regresiva de los cítricos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *11*(5), 1069-1081. https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2272

Rabuske, J. E., Muniz, M. F. B., Brun, T., Saldanha, M. A., Rolim, J. M., Sarz, J. S., Savian, L. G., & Quevedo, A. C. (2023). *Trichoderma asperellum* no controle de cancro do tronco em *Carya illinoinensis*. *Ciência Florestal*, *33*, e72270. https://doi.org/10.5902/1980509872270

Rad, A. K., Astaikina, A., Streletskii, R., Zarei, M., & Etesami, H. (2022). Chapter 10—Fungicide and pesticide fallout on aquatic fungi. En S. A. Bandh & S. Shafi (Eds.), *Freshwater Mycology* (pp. 171-191). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91232-7.00001-5

Rawal, R., Scheerens, J. C., Fenstemaker, S. M., Francis, D. M., Miller, S. A., & Benitez, M.-S. (2022). Novel Trichoderma Isolates Alleviate Water Deficit Stress in Susceptible Tomato Genotypes. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 869090. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.869090

Redagrícola. (2021a, mayo 28). *Los grandes beneficios de los Trichodermas como bioestimulante*. Redagrícola. https://redagricola.com/los-grandes-beneficios-de-los-trichodermas-como-bioestimulante/

Redagrícola. (2021b, agosto 20). *"No existe huerto de palto en el Perú donde no esté presente la Lasiodiplodia. Lo importante es que no esté ocasionando daño"*. Redagrícola. https://redagricola.com/no-existe-huerto-de-palto-en-el-peru-donde-no-este-presente-la-lasiodiplodia-lo-importante-es-que-no-este-ocasionando-dano/

Redagrícola. (2021c, noviembre 29). *Una enfermedad que puede causar grandes pérdidas*. Redagrícola. https://redagricola.com/una-enfermedad-que-puede-causar-grandes-perdidas/

Redagrícola. (2024, marzo 20). *Claves frente a las enfermedades fúngicas de madera en palto*. Redagrícola. https://redagricola.com/claves-frente-a-las-enfermedades-fungicas-de-madera-en-palto/

Robin, C., Dupuis, F., & Desprez-Loustau, M. L. (1994). *Seasonal Changes in Northern Red Oak Susceptibility to Phytophthora cinnamomi*. *78*(4), 1-6.

Rodriguez Celmi, A. R. (2020). *"EFECTO DE DOS HONGOS ANTAGONISTAS COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO VEGETAL EN LA PROPAGACIÓN BOTÁNICA DE PALTO RAZA MEXICANA (Persea americana var. Drymifolia), EN EL CEINTEC, DISTRITO Y PROVINCIA DE HUARAZ, ANCASH -2019"* [UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO.].

https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4412/T033_76408584_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Roldan, L. (2021, enero 21). *Qué es una especie nativa o autóctona* [Bibliografica]. ecologiaverde.com. https://www.ecologiaverde.com/que-es-una-especie-nativa-o-autoctona-2290.html

Salinas, L. (2021, junio 22). La palta preferida del mundo es peruana. *BIOALTERNATIVA*. https://www.bioalternativaeyf.com/2021/06/la-palta-preferida-del-mundo-es-peruana/

Samaniego Gámez, B. Y., Reyes Ramírez, A., Moreno Valenzuela, O. A., & Tun Suárez, J. M. (2017). *Resistencia sistémica inducida contra virus fitopatógenos mediada por la inoculación con la rizobacteria Bacillus spp. 32*(1).

Sánchez Pérez, J. de la L. (1999). *Recursos genéticos de aguacate (Persea americana Mill.) y especies afines en México*. 18 pg.

Santamarina, García Breijo, & Roselló. (2005). *Trichoderma: Mecanismos de control*. https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/172-octubre-2005/trichoderma-mecanismos-de-control

Santana Baños, Y., del busto Concepción, A., Gonzáles Fuentes, Y., Aguiar Gonzáles, I., Carrodeguas Díaz, S., Páez Fernández, P. L., & Díaz Lugo, G. (2016). *Efecto de Trichoderma harzianum Rifai y FitoMas-E® como bioestimulantes de la germinación y crecimiento de plántulas de tomate*. *3*(43), 1-8.

Sembralia. (2022, enero 22). *Tipos de Sustratos para el Cultivo de Plantas*. Sembralia. https://sembralia.com/blogs/blog/tipos-de-sustrato

Senasa. (s.f). *METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE PLAGAS AGRÍCOLAS* [Presentación Power Point]. https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/metas/taller_SENASA_PI_meta36_3.pdf

Senasica, S. N. de S., Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2020). *Aislamiento de bacterias fitopatógenas y pruebas de patogenicidad* (Ficha técnica 01; pp. 1-4). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/728771/1._FT._Aislamiento_de_bacterias_fitopat_genas_y_pruebas_de_patogenicidad_1.0_2020.pdf

Shoresh, M., Harman, G. E., & Mastouri, F. (2010). Induced Systemic Resistance and Plant Responses to Fungal Biocontrol Agents. *Annual Review of Phytopathology*, *48*(1), 21-43. https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-073009-114450

Sotomayor, A., Mejía, P., Morocho, D., Gaona, P., Viteri, P., Medina, L., & Viera, W. (2022). Microbial consortiums applied in seedling production system of avocado cultivar «Criollo». *Manglar*, *19*(1), 15-23. https://doi.org/10.17268/manglar.2022.002

South Pacific Logistics. (s.f). *Exportación de palta peruanas*. South Pacific Logistics. https://web.splogistics.com/es/logistica-peru/exportacion-de-palta-peruana

Species Fungorum Plus. (1909). *Lasiodiplodia theobromae (Pat.) Griffon & Maubl.* [Base de datos]. Global Biodiversity Information Facility. https://www.gbif.org/es/species/2611222

Sulca Quispe, L. (2022). *"BIOESTIMULANTES Y BIOFUNGICIDAS EN EL CONTROL DE LA MANCHA NECRÓTICA EN Opuntia ficus-indica (L.) Mill. DISTRITO DE TARATA"* [Investigación aplicada, Universidad Nacional Agraria la Molina]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5373/sulca-quispe-liduvina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tadey Tupac, S. S. (2023). *"CONTROL QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE Lasiodiplodia spp. CAUSANTE DE MUERTE REGRESIVA EN EL CULTIVO DE PALTO 'HASS' (Persea americana Mill)"* [UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA]. http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/6106/tadey-tupac-sharon-sheyla.pdf;jsessionid=0C399BB75C69F1FF5D1E27AF37C82A8D?sequence=1

Territorio aguacate. (2022, noviembre 18). *Tendencias del mercado mundial de aguacate e importancia de la gestión de residuos de pesticidas en su comercialización – Territorio Aguacate 2024*. https://territorioaguacate.com/tendencias-del-mercado-mundial-de-aguacate-e-importancia-de-la-gestion-de-residuos-de-pesticidas-en-su-comercializacion/

Torres-De La Cruz, M., Ortiz-García, C. F., Bautista-Muñoz, C., Ramírez-Pool, J. A., Ávalos-Contreras, N., Cappello-García, S., & De La Cruz-Pérez, A. (2015). Diversidad de Trichoderma en el agroecosistema cacao del estado de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *86*(4), 947-961. https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.07.012

Tovar Pedraza, J. M., Mora Aguilera, J. A., Nava Díaz, C., Téliz Ortiz, D., Valdovinos Ponce, G., Villegas Monter, A., & Hernández Morales, J. (2012).

IDENTIFICACIÓN, PATOGENICIDAD E HISTOPATOLOGÍA DE Lasiodiplodia theobromae EN INJERTOS DE ZAPOTE MAMEY EN GUERRERO, MÉXICO. *46*(2). https://doi.org/10.1128/iai.12.5.1104-1111.1975

Umaña Venegas, J. (2022, junio 23). *Empresa agrícola creará laboratorio de biocontroladores con asesoría del TEC* [Text]. Tecnológico de Costa Rica. Hoy en el TEC. https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2022/06/23/empresa-agricola-creara-laboratorio-biocontroladores-asesoria-tec

Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Barbetti, M. J., Li, H., Woo, S. L., & Lorito, M. (2008). Un nuevo papel para los metabolitos secundarios *de Trichoderma* en las interacciones con las plantas. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, *72*(1), 80-86. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2008.05.005

Wanjiku, E., Waceke, J., & Mbaka, J. (2021). *IDENTIFICATION OF STEM END ROT FUNGAL PATHOGENS ON AVOCADO FRUITS AND EFFICIENCY OF FUNGICIDES AND TRICHODERMA SPP. IN MURANG'A COUNTY, KENYA* [KENYATTA UNIVERSITY]. https://ir-library.ku.ac.ke/server/api/core/bitstreams/48f33fed-8e77-4d90-9e77-700b36d24f6a/content

Zhang, C., Druzhinina, I. S., Kubicek, C. P., & Xu, T. (2005). *Trichoderma* biodiversity in China: Evidence for a North to South distribution of species in East Asia. *FEMS Microbiology Letters*, *251*(2), 251-257. https://doi.org/10.1016/j.femsle.2005.08.034

Zuccarelli, P. R. (2019, octubre 18). *Fungicidas: Impacto en la Salud y el Medio Ambiente*. TSI Group - Tecnosoluciones Integrales. https://tecnosolucionescr.net/blog/145-fungicidas-impacto-en-la-salud-y-el-medio-ambiente

X. ANEXOS

***Anexo 1**. Matriz de Consistencia de Proyecto de Investigación*

"CEPAS NATIVAS DE *Trichoderma spp*. CON POTENCIAL BIOPROTECTOR SOBRE *Lasiodiplodia theobromae* Y DE EFECTO BIOESTIMULANTE EN PLANTONES DE PALTO VAR HASS, EN CONDICION DE VIVERO, CAÑETE"						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOS	INDICE
Problema General ¿Cuál es el potencial de las cepas nativas de *Trichoderma spp*., para controlar *Lasioplodia theobromae* y de efecto bioestimulante en plantones de palto var Hass?	**Objetivo General** Evaluar el potencial de las cepas nativas de *Trichoderma spp*. para controlar *Lasioplodia theobromae* y el efecto bioestimulante en plantones de palto var Hass.	**Hipótesis General** El potencial de las cepas nativas de *Trichoderma spp.*, tendrán efectos significativos para controlar *Lasioplodia theobromae* y de efecto bioestimulante plantones de palto var Hass.	**Variable Independiente** Cepas de *Trichoderma sp.*	10 cepas nativas (PIUCH4A, BP1A3, NOR043, BP1C3A, PIUCH2A, PSNM, GM1, CHCV3, BP1C3B, SPH1) 01 cepa comercial (*Trichoderma harzianum*) 01 testigo sin aplicación	Aplicación de 100 mL a concentración de 1 x 108 ufc/mL, manualmente vía Drench.	mL
Problemas Específicos P. E1. ¿Cuál es el efecto de las cepas nativas de *Trichoderma spp*., para controlar la capacidad de *L. theobromae* de desarrollar áreas de lesión en tallos de plantones de palto var Hass? P. E2. ¿Cuál es el efecto de las cepas nativas de *Trichoderma spp*., en el contenido relativo de clorofila en hojas de plantones de palto var Hass? P. E3. ¿Cuál es el efecto de las cepas nativas de *Trichoderma spp.*, en la capacidad de retención de agua en raíces de plantones de palto var Hass? P. E4. ¿Cuál es el efecto de las cepas nativas de *Trichoderma spp*., en el contenido nutricional foliar de plantones de palto var Hass?	**Objetivos Específicos** O. E1. Determinar el efecto de las cepas nativas de *Trichoderma spp*. para controlar la capacidad de *L. theobromae* de desarrollar áreas de lesión en tallos de plantones de palto var Hass. O. E2. Determinar el efecto bioestimulante de las cepas nativas de *Trichoderma spp.* en el contenido relativo de clorofila en hojas de plantones de palto var Hass. O. E3. Determinar el efecto bioestimulante de las cepas nativas de *Trichoderma spp.* en la capacidad de retención de agua en raíces de plantones de palto var Hass. O. E4. Determinar el efecto bioestimulante de las cepas nativas de *Trichoderma spp*. en el contenido nutricional foliar de plantones de palto var Hass.	**Hipótesis Especificas** H. E1. Las cepas nativas de *Trichoderma spp.* tendrán efectos significativos para controlar la capacidad de *L. theobromae* de desarrollar áreas de lesión en tallos de plantones de palto var Hass H. E2. Las cepas nativas de *Trichoderma spp.* tendrán efectos significativos en el contenido relativo de clorofila en hojas de plantones de palto var Hass H. E3. Las cepas nativas de *Trichoderma spp.* tendrán efectos significativos en la capacidad de retención de agua en raíces de plantones de palto var Hass. H. E4. Las cepas nativas de *Trichoderma spp.* tendrán efectos significativos en el contenido nutricional foliar de plantones de palto var Hass.	**Variable dependiente** Control de lesión provocada por *Lasiodiplodia theobromae* Conductancia estomática Contenido relativo de agua Contenido nutricional foliar	Porcentaje de área de lesión en tallos Lecturas mmol/m²s en tercio medio Frecuencia: 3 veces por 3 semanas Valor de peso fresco (PF), peso turgente (PT) y peso seco (PS). Niveles de macronutrientes y micronutrientes	Cuantificación digital en software Image J Medición con Porometro SC-1 Determinación gravimétrica de raíces (PF, PT y PS), con balanza digital Análisis químico de muestras foliares en laboratorio especializado	% mmol/m²s gr % / ppm

Anexo 2. *Mapa de Ubicación de Invernadero de Desarrollo de Investigación.*



Nota: Extraído de Google Maps (2025).

Anexo 3. *Aleatorización de Tratamientos*

DBCA - CÓDIGOS

BLOQUE 1	PIUCH2A	BP1A3	BP1C3A	BP1C3B	CHCV3	GM1	SPH1	NOR043	PIUCH4A	PSNM	TRICHO D	TESTIGO
BLOQUE 2	CHCV3	PIUCH4A	PIUCH2A	PSNM	BP1C3A	NOR043	TESTIGO	GM1	SPH1	BP1A3	BP1C3B	TRICHO D
BLOQUE 3	PSNM	BP1C3B	SPH1	TESTIGO	BP1A3	PIUCH2A	CHCV3	BP1C3A	TRICHO D	NOR043	GM1	PIUCH4A
BLOQUE 4	CHCV3	TESTIGO	BP1A3	GM1	TRICHO D	SPH1	PIUCH2A	PIUCH4A	PSNM	BP1C3A	NOR043	BP1C3B
BLOQUE 5	GM1	CHCV3	PIUCH4A	BP1C3A	BP1C3B	PSNM	TRICHO D	TESTIGO	BP1A3	PIUCH2A	SPH1	NOR043
BLOQUE 6	BP1C3B	PIUCH2A	BP1A3	GM1	CHCV3	SPH1	PIUCH4A	TRICHO D	NOR043	PSNM	TESTIGO	BP1C3A
BLOQUE 7	TESTIGO	NOR043	PSNM	PIUCH2A	BP1C3B	PIUCH4A	BP1A3	BP1C3A	TRICHO D	GM1	CHCV3	SPH1
BLOQUE 8	GM1	TRICHO D	SPH1	BP1C3A	PSNM	PIUCH4A	TESTIGO	CHCV3	BP1A3	BP1C3B	PIUCH2A	NOR043

DBCA - REPETICIONES

BLOQUE 1	**R5**	**R3**	**R8**	**R4**	**R7**	**R2**	**R4**	**R1**	**R5**	**R7**	**R6**	**R2**
BLOQUE 2	**R8**	**R8**	**R3**	**R4**	**R3**	**R7**	R7	**R3**	**R1**	**R1**	**R6**	**R5**
BLOQUE 3	**R8**	**R2**	**R2**	R2	**R5**	**R6**	**R5**	**R2**	**R2**	**R4**	**R7**	**R6**
BLOQUE 4	**R4**	R8	**R8**	**R6**	**R4**	**R3**	**R2**	**R7**	**R5**	**R1**	**R8**	**R5**
BLOQUE 5	**R8**	**R1**	**R3**	**R7**	**R8**	**R3**	**R1**	R6	R6	**R8**	**R6**	**R5**
BLOQUE 6	**R1**	**R4**	R4	**R5**	**R2**	**R7**	R2	**R3**	**R6**	**R2**	R4	**R5**
BLOQUE 7	R1	**R2**	**R6**	**R7**	**R3**	**R4**	**R2**	**R6**	**R8**	**R4**	**R3**	**R8**
BLOQUE 8	**R1**	**R7**	**R5**	**R4**	**R1**	**R1**	R3	**R6**	**R7**	**R7**	**R1**	**R3**

Anexo 4. *Ficha de Evaluación de Lesiones en Tallos*

RESULTADOS DE MEDIDA DE LESION EN TALLOS (cm)								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
TESTIGO	4.169	3.746	5.402	4.476	5.219	4.659	6.149	2.765
COMERCIAL	3.929	2.014	3.286	3.435	2.165	2.468	1.949	3.622
PIUCH4A	2.1	4.702	2.897	1.666	3.031	4.054	3.219	2.413
BP1A3	2.089	3.703	3.006	1.927	2.649	4.029	1.472	4.845
NOR043	1.188	2.105	1.683	1.916	3.988	1.181	2.055	2.479
BP1C3A	2.292	2.196	2.859	2.35	3.376	5.13	2.545	1.559
PIUCH2A	1.725	2.1	1.087	2.578	1.925	2.575	2.997	2.981
PSNM	3.308	2.286	3.292	3.643	2.705	2.963	2.718	2.845
GM1	3.811	1.649	1.931	2.964	2.377	1.273	1.436	1.748
CHCV3	2.838	3.017	3.417	4.542	4.134	4.236	3.683	3.145
BP1C3B	0.787	2.249	2.238	2.589	2.396	3.401	2.329	2.592
SPH1	4.523	3.75	4.047	3.497	3.683	2.853	3.587	4.792

Anexo 5. *Ficha de Evaluación de Conductancia Estomática – Fecha 01*

EVALUACION DE CONDUCTANCIA ESTOMATICA - 11/02/2025								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
T0	101.23	104.63	102.33	101.15	98.66	103.21	98.95	108.24
T1	212.52	182.36	206.99	211.62	201.56	190.56	189.49	212.09
T2	293.67	311.9	311.54	307.08	261.14	299.77	281.33	289.57
T3	170.12	158.08	183.14	166.01	171.58	166.58	174.18	177.51
T4	308.5	310.1	309.6	309.9	310.2	308.9	309.3	310
T5	206.8	208.1	207.3	207.9	208.2	207.1	207.7	207.4
T6	258,4	275,1	264,7	273,9	261,3	269,8	259,2	273,8
T7	147,6	138,5	142,1	145,8	139,9	144,4	140,6	146,1
T8	272,1	288,5	277,3	286,9	274,4	281,6	278,9	286,6
T9	159,4	164,1	160,2	163,0	158,8	162,7	160,9	162,1
T10	147,6	116,2	123,5	138,9	109,3	135,0	144,1	122,3
T11	198,6	162,9	149,4	184,3	193,7	167,8	158,5	185,4

Anexo 6. *Ficha de Evaluación de Conductancia Estomática – Fecha 02*

EVALUACION DE CONDUCTANCIA ESTOMATICA - 17/02/2025								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
T0	102.45	108.5	94.14	100.17	101.03	97.07	95.98	97.85
T1	126.54	122.33	133.96	140.81	134.59	132.83	134.54	122.16
T2	268.05	281.59	305.9	266.53	276.9	268.17	282.33	302.69
T3	180.28	172.79	195.87	172.69	175.36	193.2	178.09	195.56
T4	244	245.5	245.1	245.8	244.9	246	245.2	245
T5	177.5	179.2	178	178.7	178.9	177.8	178.6	178.4
T6	243,2	232,5	239,9	228,7	230,3	240,1	233,4	241,5
T7	134,7	129,6	131,3	136,0	133,2	128,4	137,1	131,8
T8	202,3	214,6	211,1	206,7	215,4	204,2	208,0	211,1
T9	118.4	125.1	120.7	123.6	121.3	119.8	124.2	123.9
T10	158,3	134,1	121,7	149,9	127,5	143,2	138,6	151,8
T11	351,7	289,4	318,1	369,3	276,8	333,2	310,6	346,9

Anexo 7. *Ficha de Evaluación de Conductancia Estomática – Fecha 03*

EVALUACION DE CONDUCTANCI ESTOMATICA – 25/02/2025								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
T0	97.52	89.62	99.72	97.51	97.22	95.49	93.06	101.06
T1	92.4	103.89	94.54	99.84	89.66	107.4	107.04	90.03
T2	260.51	275.41	272.07	295.99	258.48	267.62	263.9	286.82
T3	188.97	211.25	202.79	197.64	180.52	180.52	176.74	207.98
T4	131	132.3	132.1	131.8	131.5	132	131.7	132.4
T5	126.2	127.4	126.8	127.1	126.5	127	126.7	127.3
T6	167,2	178,5	170,1	173,6	175,3	169,9	176,2	165,3
T7	125,3	130,1	123,8	128,5	129,2	127,6	126,3	127,6
T8	145.2	149.7	150.3	147.1	146.8	148.6	149	147.3
T9	105,4	88,2	96,8	77,1	112,3	85,7	91,5	93,2
T10	182,7	151,3	169,0	138,6	176,2	159,4	190,1	161,4
T11	421,6	364,7	389,8	437,2	329,4	404,3	370,8	381,6

Anexo 8. *Ficha de Peso Fresco de Raíces*

PESO FRESCO DE RAICES (gr)								
	R1	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**	**R6**	**R7**	**R8**
T0	185	310	240	320	380	270	360	120
T1	440	240	245	170	300	380	265	250
T2	190	320	380	365	335	435	215	235
T3	355	200	210	255	355	200	270	250
T4	180	190	230	320	220	215	240	365
T5	140	265	250	265	255	335	240	250
T6	190	370	380	295	270	345	305	110
T7	270	250	325	310	210	160	400	270
T8	320	260	260	210	380	395	340	380
T9	470	315	260	250	260	340	250	450
T10	355	255	315	365	240	350	395	165
T11	400	395	250	235	350	95	230	300

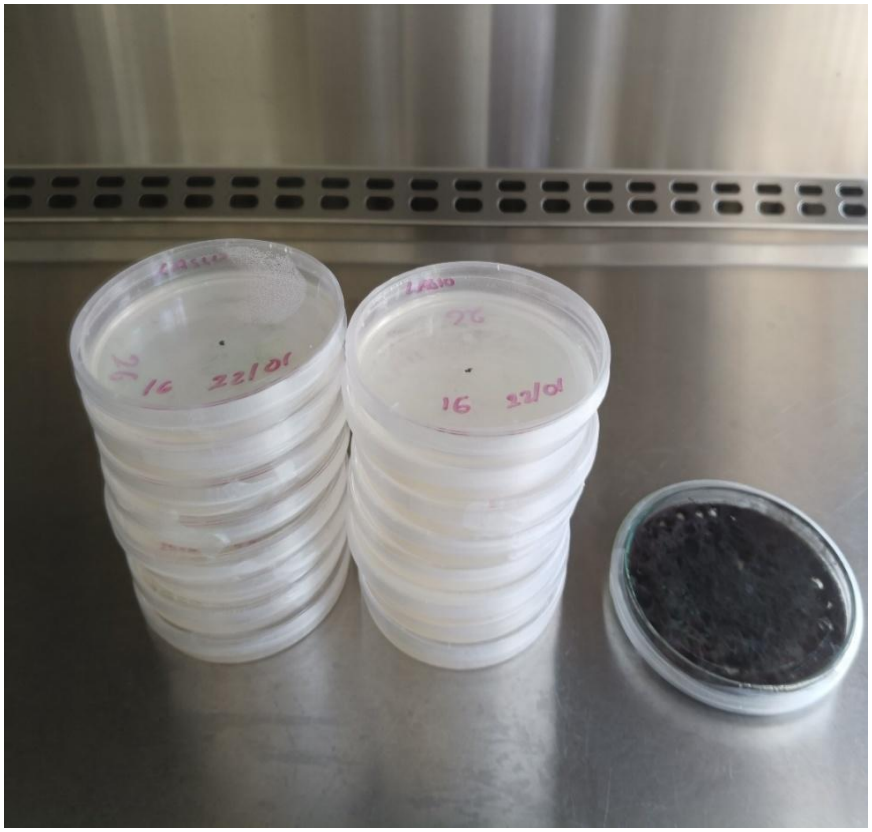
Anexo 9. *Ficha de Peso Turgente de Raíces*

PESO TURGENTE DE RAICES (gr)								
	R1	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**	**R6**	**R7**	**R8**
T0	215	345	290	350	465	275	375	125
T1	455	230	245	165	320	390	265	265
T2	230	235	610	380	320	500	230	255
T3	410	220	245	310	400	225	310	275
T4	205	225	265	370	240	215	265	440
T5	150	300	270	320	260	315	270	285
T6	305	465	440	380	360	440	515	120
T7	330	260	375	360	245	180	480	335
T8	365	360	285	220	450	500	390	420
T9	560	380	280	295	330	400	285	530
T10	470	280	345	375	250	385	435	165
T11	475	420	290	235	405	100	230	330

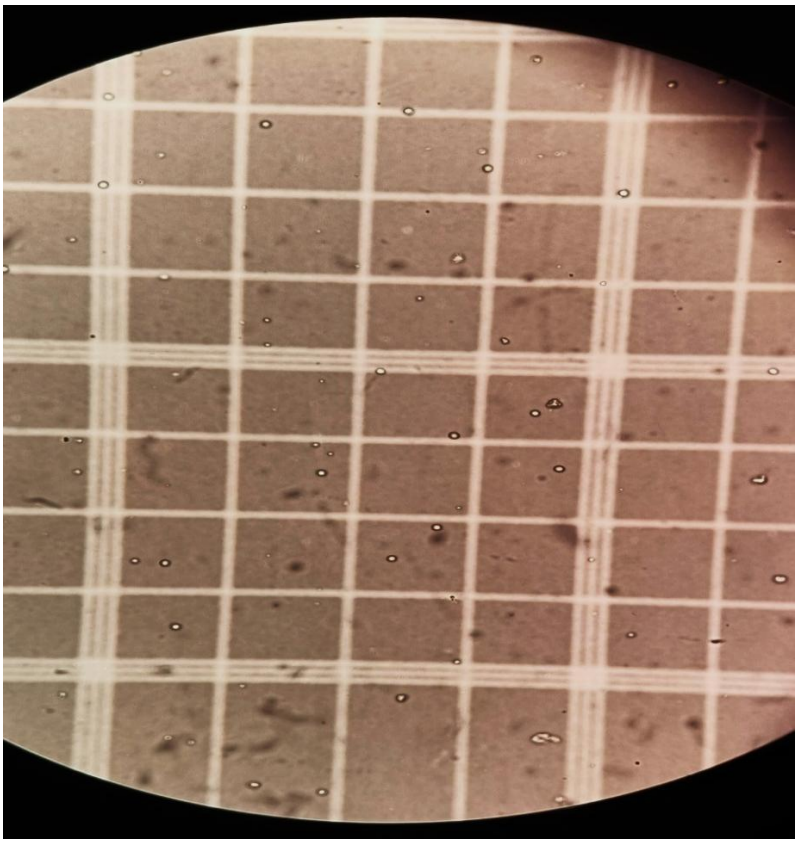
Anexo 10. *Ficha de Peso Seco de Raíces.*

PESO SECO DE RAICES (gr)								
	R1	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**	**R6**	**R7**	**R8**
T0	75	90	85	90	125	85	125	45
T1	125	85	80	50	105	105	80	85
T2	60	85	145	95	105	110	75	85
T3	115	70	70	90	120	75	95	95
T4	75	60	80	65	70	60	80	110
T5	60	95	85	90	85	110	90	85
T6	80	100	145	115	75	120	140	40
T7	90	75	110	130	75	65	105	80
T8	95	75	120	65	125	130	110	130
T9	155	115	80	80	95	100	97	135
T10	135	95	110	135	80	125	135	40
T11	135	135	90	85	125	35	75	85

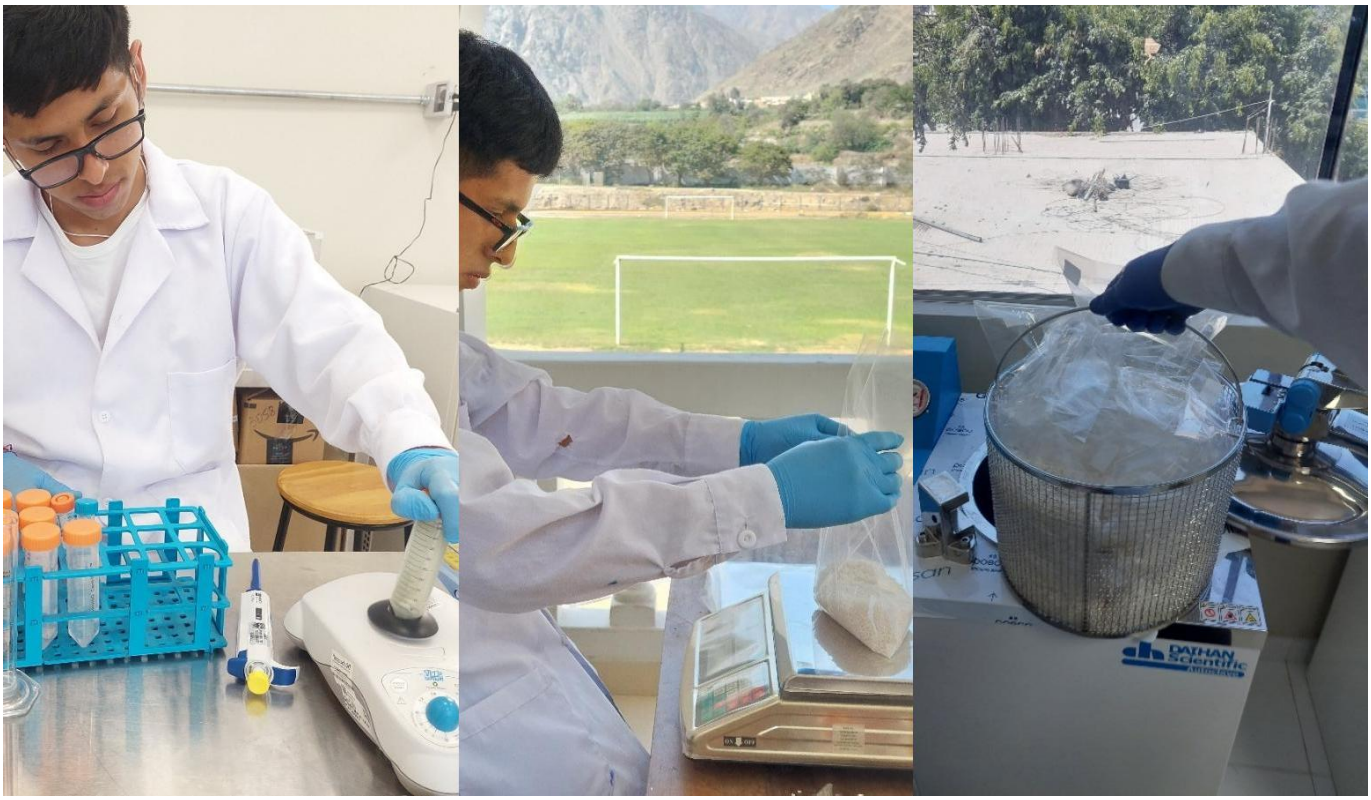
Anexo 11. *Reactivación de Patógeno Lasiodiplodia theobromae*



Anexo 12. *Conteo de Conidios de Aislados de Trichoderma spp.*



Anexo 13. *Preparación de Sustrato de Arroz Para Multiplicar Trichoderma spp.*



Anexo 14. *Sustratos de Arroz Inoculados con Trichoderma spp. al Tercer Día.*



Anexo 15. *Distribución de Carteles con Tratamiento y Repetición Perteneciente.*



Anexo 16. *Riego de Plantones y Desarrollo de Labores Culturales*



Anexo 17. *Evaluación de Temperatura y Humedad Relativa*



Anexo 18. *Pesado de Sustratos de Trichoderma spp y su Dilución en Agua Para su Aplicación.*



Anexo 19. *Afección en Tallos de los Plantones Generado por Lasiodiplodia theobromae*



Anexo 20. *Lesión en Tallo y su Delimitación en Bolsas Para su Análisis Digital*



Anexo 21. *Equipo porometro SC-1 para medir la conductancia estomática*



Anexo 22. *Toma de Datos de Conductancia Estomática*



Anexo 23. *Extracción de Raíces de Plantones*



Anexo 24*. Remojo de Raíces Para Alcanzar su Máxima Capacidad Turgente*

