



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE AISLADOS DE *Trichoderma* spp., COMO
PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL SOBRE
PLANTAS DE MAÍZ (*Zea mays*) EN EL CANTÓN LA JOYA DE
LOS SACHAS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA: NELLY MORAIMA REMACHE SÁNCHEZ

DIRECTORA: Ing. AMANDA ELIZABETH BONILLA BONILLA M.Sc.

El Coca - Ecuador

2022

©2022, Nelly Moraima Remache Sánchez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, NELLY MORAIMA REMACHE SÁNCHEZ, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El Coca, 28 de noviembre del 2022.



Nelly Moraima Remache Sánchez

220037193-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, **EVALUACIÓN DE AISLADOS DE *Trichoderma spp.*, COMO PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL SOBRE PLANTAS DE MAÍZ (*Zea mays*) EN EL CANTÓN LA JOYA DE LOS SACHAS**, realizado por la señorita: **NELLY MORAIMA REMACHE SÁNCHEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Fabian Miguel Carillo Riofrio MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2022-11-28
Ing. Amanda Elizabeth Bonilla Bonilla MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2022-11-28
Ing. Juan Gabriel Chipantiza Masabanda MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2022-11-28

DEDICATORIA

A Dios por ser guía y mi fortaleza en esta etapa universitaria por llevarme y traerme con bien a mi hogar, a mis padres José Vicente Remache Manobanda, Ana María Sánchez Cabezas que con tanto esfuerzo y cariño se han esforzado por darme un futuro mejor en la vida profesional gracias infinitas gracias mamá y papá ustedes han sido mis motores para salir adelante, a mis hermanos Mercedes, Luis, Geovany, Miguel, Laura, Beatriz, Nancy, Franklin y Carmen quienes confiaron en su pequeña hermana la cual cumpliría con su sueño universitario. No podía faltar a todos mis queridos docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo quienes impartieron sus conocimientos a lo largo del transcurso académico y permitirme adquirir conocimientos para desenvolverme en el ámbito profesional. Y por último este trabajo se lo dedico a mi pequeño sobrino, Jordy Mancheno quien fue compañero de aulas desde el inicio de nuestros estudios y muchas aventuras, el que me motivo a continuar con mis estudios y no decaer ante las adversidades.

Nelly

AGRADECIMIENTO

Primeramente quiero agradecer a mi Dios, por cuidar siempre de mí y de toda mi familia, un sincero agradecimiento a nuestra institución la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrir la sede en la provincia de Orellana a mis apreciados docentes quienes nos acompañaron desde un inicio hasta el final de nuestros estudios superiores en especial al Ing Daniel Espinoza y Maritza Sánchez quienes han conformado parte de nuestro comité de integración curricular gracias a cada uno de ustedes por estar pendientes de cada uno de nosotros para que esto pueda ser posible.

Una vez más un afectuoso y sincero agradecimiento a mi madre Ana Sánchez quien ha sido mi principal apoyo para culminar esta etapa de estudio en mi vida gracias mamá.

De igual manera agradecida con mis colaboradores de mi Trabajo de Integración Curricular Ing. Amanda Bonilla y Gabriel Chipantiza por tenerme la paciencia necesaria y por ser guía desde niveles inferiores hasta culminar con mi meta, gracias por apoyarme y ser buenos consejeros en cada momento.

Finalmente quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Estación Experimental Central de la Amazonía – INIAP por abrirnos sus puertas para poder trabajar con el trabajo investigativo de titulación, en especial al Ing. Christopher Suarez quien ha sido mi guía en cuanto a mi trabajo final gracias por enseñarme y tenerme paciencia en todas las actividades que se ha realizado en mi Trabajo de Integración Curricular y al Ing. Jimmy Pico quien nos permitió trabajar con temas investigativos dentro del programa de Protección Vegetal.

Nelly

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Antecedentes.....	2
1.2.	Planteamiento del problema.....	2
1.3.	Justificación.....	3
1.4.	Objetivos.....	5
1.4.1.	<i>Objetivo general</i>	5
1.4.2.	<i>Objetivo específico</i>	5
1.5.	Hipótesis.....	5
1.5.1.	<i>Hipótesis nula - Ho</i>	5
1.5.2.	<i>Hipótesis alterna - Hi</i>	5

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.	Antecedentes de Investigación.....	6
2.2.	Referencias Teóricas.....	6
2.2.1.	<i>Trichoderma spp.</i>	6
2.2.2.	<i>Evolución filogenética</i>	7
2.2.3.	<i>Trichoderma en el ambiente</i>	7
2.2.4.	<i>Taxonomía</i>	8
2.2.5.	<i>Principales Beneficios del uso de Trichoderma</i>	8
2.2.5.1.	<i>Trichoderma como Biocontrol</i>	8
2.2.6.	<i>Modo de acción Trichoderma</i>	9
2.2.6.1.	<i>Acción de Trichoderma por competencia</i>	10
2.2.6.2.	<i>Acción de Trichoderma por antibiosis</i>	10

2.2.6.3.	<i>Acción de Trichoderma por micoparasitismo</i>	11
2.2.6.4.	<i>Acción de Trichoderma por resistencia inducida</i>	12
2.2.6.5.	<i>Acción de Trichoderma por endófitos</i>	12
2.2.7.	<i>Producción de Trichoderma</i>	13
2.2.8.	<i>Producción de metabolitos</i>	13
2.2.9.	<i>Trichoderma como promotor de crecimiento en plantas</i>	14

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	15
3.1.	Localización del estudio	15
3.1.1.	<i>Ubicación geográfica</i>	15
3.2.	Materiales	16
3.3.	Metodología	16
3.3.1.	<i>Método Observacional</i>	16
3.3.2.	<i>Factores de estudio</i>	16
3.3.3.	<i>Características del campo experimental</i>	17
3.3.4.	<i>Variables evaluadas</i>	17
3.3.4.1.	<i>Variable dependiente</i>	17
3.3.4.2.	<i>Variable independiente</i>	17
3.3.5.	<i>Unidad experimental</i>	17
3.3.6.	<i>Diseño experimental</i>	17
3.3.7.	<i>Análisis estadístico</i>	17
3.3.8.	<i>Tratamientos</i>	18
3.4.	Manejo del ensayo	18
3.4.1.	<i>Reactivación de aislados de Trichoderma</i>	18
3.4.2.	<i>Evaluación de las mejores cepas de Trichoderma</i>	19
3.4.3.	<i>Obtención del inoculo</i>	19
3.4.4.	<i>Siembra</i>	19
3.4.5.	<i>Inoculación de plantas</i>	19
3.4.6.	<i>Manejo de plantas en el invernadero</i>	19
3.5.	Datos a evaluar	19
3.5.1.	<i>Evaluaciones</i>	19
3.5.2.	<i>Altura de planta</i>	20
3.5.3.	<i>Diámetro de la planta</i>	20
3.5.4.	<i>Longitud de raíces</i>	20
3.5.5.	<i>Peso fresco de raíces</i>	20

3.5.6.	<i>Peso fresco de tallo y hojas</i>	20
--------	---	----

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	21
4.1.	Análisis de las variables	21
4.1.1.	<i>Altura de plantas</i>	21
4.1.2.	<i>Diámetro de planta</i>	22
4.1.3.	<i>Longitud de raíces</i>	23
4.1.4.	<i>Peso fresco de raíces</i>	23
4.1.5.	<i>Peso fresco tallo y hojas</i>	24
4.2.	DISCUSIÓN	25
	CONCLUSIONES	26
	RECOMENDACIONES	27
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3:	Ubicación Geográfica	15
Tabla 2-3:	Lista de materiales utilizados.....	16
Tabla 3-3:	Esquema Adeva	18
Tabla 4-3:	Listado de los tratamientos y su codificación	18
Tabla 1-4:	Promedios de valores de variables evaluadas	21

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Modelo de acción de <i>Trichoderma</i> spp.	9
Ilustración 2-2:	Micoparasitismo	11
Ilustración 3-2:	Bioestimulantes generados por <i>Trichoderma</i>	13
Ilustración 1-3:	Ubicación de la Estación Experimental Central de la Amazonia del INIAP	15
Ilustración 1-4:	Valores para altura de planta	22
Ilustración 2-4:	Valores para diámetro de tallo	22
Ilustración 3-4:	Valores de longitud de rices	23
Ilustración 4-4:	Valores de peso fresco de raíces.....	24
Ilustración 5-4:	Valores de peso fresco hojas	24

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ELABORACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVOS
- ANEXO B:** ENVASADO DE MEDIOS DE CULTIVO EN MATRACES PARA SU ESTERILIZACIÓN
- ANEXO C:** DISPENSADO DE MEDIO DE CULTIVO EN CAJAS PETRI
- ANEXO D:** REACTIVACIÓN DE CEPAS DE *Trichoderma* CONSERVADAS EN EL LABORATORIO DE PROTECCIÓN VEGETAL
- ANEXO E:** SCREENING DE SELECCIÓN DE LAS MEJORES CEPAS DE *Trichoderma* CON PROPIEDADES ESTIMULADORAS DE RAÍZ Y ALTURA
- ANEXO F:** LLENADO DE BOLSAS CON SUELO ESTERILIZADO
- ANEXO G:** SIEMBRA DEL EXPERIMENTO
- ANEXO H:** APLICACIÓN DE MICROORGANISMO *Trichoderma* A CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS
- ANEXO I:** EVALUACIÓN DE CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS
- ANEXO J:** EVALUACIÓN DE ALTURA DE LA PLANTA
- ANEXO K:** DIFERENCIA EN NIVEL DE CRECIMIENTO RADICULAR DE CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS
- ANEXO L:** DIFERENCIA DE NIVEL DE CRECIMIENTO RADICULAR EN LOS TRATAMIENTOS

RESUMEN

La presente investigación consistió en la evaluación del efecto de aislados de *Trichoderma* spp (más de una especie), como promotores de crecimiento vegetal sobre plantas de maíz (*Zea mays*) en el cantón La Joya de los Sachas. Se aplicó un diseño completamente al azar consistente en 10 tratamientos con tres repeticiones, basados en cepas de *Trichoderma* de las provincias de Orellana y Morona Santiago, activados por descongelación en horno y aplicados en un medio semi selectivo a 27 °C. Se inoculó a semillas de maíz por una hora con una solución de esporas de 5mL de una suspensión del hongo (1000000 esporas/mL). Las semillas se sembraron en un sustrato estéril de arena, tierra negra y humus de lombriz, puestos bajo un régimen controlado de invernadero. Se inocularon 5ml de una solución del hongo cada 15 días, se obtuvieron los siguientes datos en base a una evaluación destructiva a los 60 días después de la siembra: altura y diámetro de planta, longitud de raíces, peso fresco de raíces, de tallos y hojas. Para el análisis estadístico se usó el software IBM SPSS (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales), realizando el análisis de varianza y prueba de Tukey al 5 %. Como resultado, no existió influencia de la aplicación de *Trichoderma* en las variables altura y diámetro de planta, así como en el peso fresco de hojas y tallos, pero se encontró una diferencia significativa mayor en las variables: tamaño de raíz para el tratamiento T3, con 75 cm, y peso fresco de raíz para el T1, con un promedio de 44 g. Se concluyó que la aplicación de *Trichoderma* mejora el sistema radicular del maíz y se recomienda compararlo con productos enraizantes o bioestimuladores químicos.

Palabras clave: <(Trichoderma spp.)>, <MAÍZ (*Zea mays*)>, <ENRAIZANTE>, <CEPAS MICROBIANAS>, <INOCULACIÓN>.

Leonardo Medina.
04-01-2023.



2463-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The present investigation consisted in the evaluation on isolate effects of *Trichoderma* spp (more than one species), as plant growth promoters on maize (*Zea mays*) plants in the Joya of Sachas canton. A completely randomized design was applied consisting in 10 treatments with three replicates, based on *Trichoderma* strains from Orellana and Morona Santiago provinces, activated by thawing in oven and applied to semi-selective medium at 27 °C. Corn seeds were inoculated for one hour with a spore solution of 5mL with a suspension of the fungus (1000000 spores/mL). The seeds were sown in a sterile substrate of sand, black soil and worm humus, placed under a controlled greenhouse regime. The following data were obtained based on a destructive evaluation 60 days after sowing: plant height and diameter, root length, root fresh weight, stems and leaves. For the statistical analysis, the IBM SPSS software (Statistical Package for Social Sciences) was used, performing the analysis of variance and Tukey's test at 5%. As a result, there was no influence of the application of *Trichoderma* on the variables plant height and diameter, as well as on the fresh weight of leaves and stems, but a greater significant difference was found in the variables: root size for the T3 treatment, with 75 cm, and root fresh weight for the T1, with an average of 44 g. It was concluded on application of *Trichoderma* improves the root system of maize and it is recommended to compare it with rooting products or chemical biostimulators.

Key words: < (*Trichoderma* spp.)>, <MAIZE (*Zea mays*)>, <ROOTING>, <MICROBIAN SPECIES>, <INOCULATION>.

Translated by:



Lcda. Nancy de las Mercedes Barreno Silva. Mgs.

DOCENTE ESPOCH-INGLES

INTRODUCCIÓN

La agricultura en la región amazónica va en aumento, y con ello también el uso indiscriminado de productos agroquímicos, el cual afectaría al frágil ecosistema que se tiene por la contaminación petrolera, por lo que se necesita nuevas tecnologías amigables que no afecten o alteren los ecosistemas. Los microorganismos como *Trichoderma* han mostrado un efecto significativo en la salud del suelo (Kumar et al., 2015, p. 716).

El uso de *Trichoderma* tiende a ser beneficioso ya que se informa que reduce la dosis de fertilizante, la ración de pesticida en el campo de cultivo y mejora el rendimiento (Akladios y Abbas, 2012, p. 8672). *Trichoderma* es un género de hongo perteneciente a la familia *Hypocreaceae* y comprende más de 100 especies (Druzhinina et al., 2006, p. 55), se ha informado que muy pocos son útiles como control biológico (Haque et al., 2010, p. 67).

Trichoderma spp. se utilizan para diferentes propósitos en la producción de cultivos agrícolas, pero principalmente con hongos patógenos (Harman, 2006, p. 190). Estas interacciones incluyen hiperparasitismo, competencia y antibiosis (Błaszczyk et al., 2014, p. 309), además se lo usa ampliamente como biofertilizante en casi todos los cultivos con o sin enmiendas.

En la región amazónica en especial la provincia de Orellana cantón Joya de los Sachas, se ve en la necesidad de la utilización de estas tecnologías amigables con el ambiente, y de utilidad para los agricultores, no solo cuidando el suelo sino su salud, por ello se ve en la necesidad de buscar nuevas alternativas para cambiar el enfoque de los agricultores que también se puede obtener buenos rendimientos con el uso de microorganismos como lo es *Trichoderma*.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El hongo *Trichoderma* es considerado un microorganismo del suelo de vida libre con numerosas funciones en los sistemas agrícolas, que sobrevive en regiones tropicales y templadas, *Trichoderma* spp., es uno de los hongos más utilizados en el control de fitopatógenos y en la promoción de crecimiento por su versatilidad de acción, como parasitismo, antibiosis y competencia, además de actuar como inductores de resistencia de las plantas frente a enfermedades y resistencia a estreses bióticos y abióticos (Bae et al, 2016, p. 128).

Según De Oliveira et al. (2018, p. 272) Estos hongos se encuentran en la rizosfera y son capaces de promover el crecimiento de las raíces debido a su capacidad de producción de metabolitos, estableciendo vínculos directos con la planta mediante la colonización de su sistema de raíces (Martínez et al., 2016, p. 310). El uso de microorganismos promotores del crecimiento vegetal ha sido en la actualidad una importante herramienta para la agricultura, las interacciones rizosféricas entre plantas y microorganismos son determinantes y fundamentales para la sanidad vegetal, la fertilidad del suelo y productividad (Souza et al., 2015, p. 402).

La interacción se produce a través de la raíz, el hongo establece comunicación química con la planta que tienen la capacidad de sintetizar metabolitos que son producidos por los microorganismos, los mismos que actúan como bioestimulantes del crecimiento radicular, aumentando la asimilación de nutrientes esenciales para la planta y contribuyendo a obtener mayor productividad, además de promover la protección del sistema radicular contra patógenos del suelo (Martínez et al, 2017, p. 1363).

1.2. Planteamiento del problema

Los principales problemas en la región amazónica en el campo agrícola es el uso excesivo de agroquímicos que provocan contaminación de los suelos, las afectaciones por cambios climáticos, plagas y enfermedades y déficit de materia orgánica lo cual se busca nuevas alternativas para mejorar el rendimiento de producción agrícola con el uso de *Trichoderma* en la agricultura es parte fundamental en la productividad, un suelo con desbalance de estos factores mencionados, puede interferir en el desarrollo radicular y esto puede acarrear un menor rendimiento en la producción. Según Hashem et al. (2021, p. 1), la población mundial alcanzará aproximadamente 9.7 mil millones para el año 2050, Este aumento de la población ha creado un gran problema en la seguridad alimentaria en todo el mundo; y por lo tanto, ahora es un desafío mundial tratar de

aumentar la producción de alimentos en un 70 % más de los niveles actuales (Murali et al., 2021, p. 11).

El manejo tradicional de los cultivos produce bajos rendimientos y mala calidad del producto, en consecuencia, de estos factores se observa un excesivo e incontrolado uso de agroquímicos y fertilizantes inorgánicos (Babu et al, 2015, p. 50). Las nuevas exigencias en los mercados provocan gran demanda hacia productos orgánicos libres de trazas de pesticidas y moléculas químicas, se necesita una producción de alimentos que contribuyan a tener una mejor calidad de vida, por esto se ve necesaria la implementación de prácticas agrícolas mediante la aplicación de productos biológicos, para incrementar la utilidad del suelo y sus componentes tales como recursos naturales, controladores biológicos y microorganismos eficientes.

Se sabe que varios hongos como *Trichoderma* producen numerosas sustancias bioactivas, estos hongos han recibido mucho interés como agentes de biocontrol económicos y seguros para diferentes patógenos y potenciadores de los mecanismos de defensa de las plantas. Además, las especies de *Trichoderma* son capaces de promover el crecimiento de las plantas a través de varios mecanismos, como la solubilización del fosfato insoluble y la producción de hormonas vegetales, como IAA y sideróforo (Napitupulu et al., 2019, p. 2).

1.3. Justificación

El objetivo actual de la agricultura moderna es desarrollar nuevos enfoques para el manejo de enfermedades causadas por diversos agentes incluyendo plagas, bacterias, hongos, nematodos, etc. El uso de algunos microorganismos beneficiosos del suelo, pueden mejorar en gran medida la salud del suelo, controlar enfermedades al mecanismos antagónicos y resistencia sistémica inducida, promover el crecimiento de las plantas y crear una mejor opción que el uso de fertilizantes y fungicidas químicos.

El uso de productos químicos inorgánicos no se recomienda en una agricultura sustentable, considerando el gran daño que causan a medio ambiente y la salud humana. Por lo tanto, una agricultura sostenible requiere la utilización de biofertilizantes (Ismail et al., 2016, p. 37). Los microorganismos asociados a la rizosfera de las raíces de las plantas son a menudo beneficioso para las plantas; proporcionan nutrientes, protección contra el estrés biótico y abiótico y estimulan crecimiento de las plantas (Filiz et al., 2021, p. 2507). Además, los microorganismos con actividad de crecimiento vegetal tienen muchas ventajas ya que son amigables con el medio ambiente, mejoran la productividad de los cultivos (Renuka et al., 2018, p. 1256).

Los hongos como *Trichoderma* que posee metabolitos promotores del crecimiento vegetal pueden producir exógenamente fitohormonas como las auxinas, giberelinas y citoquininas. AIA y las giberelinas que son responsable de inducir respuestas fisiológicas importantes en diferentes etapas de desarrollo de la planta (Islam et al., 2014, p. 1231). El AIA es una de las fitohormonas más

importantes que se distribuye ampliamente y es esencial para el desarrollo de las plantas. Las aplicaciones exógenas de IAA estimulan formación de raíces y desarrollo de pelos radiculares. De este modo mejorar la absorción de nutrientes por parte de las plantas, lo que aumenta consecutivamente la biomasa vegetal (Fu et al., 2015, p. 3).

Las hormonas de crecimiento vegetal, también llamadas fitohormonas, ayudan a regular el crecimiento de las plantas a través de varios procesos de desarrollo. En un estudio realizado por Diniz et al. (2006, p. 37), donde usó *Trichoderma* en el tratamiento de semillas de lechuga (*Trichoderma viride*, *T. polysporum* y *T. stromaticum*) a 50 ml kg⁻¹, de semillas usando *T. viride* proporcionó un 99 y 24% de aumento en la emergencia y en el índice de velocidad de emergencia de las plántulas (Machado et al, 2012, p. 275).

El presente proyecto de investigación “Evaluación de cepas de *Trichoderma* spp., como promotores de crecimiento vegetal sobre plantas de maíz (*Zea mays*) en la Joya de los Sachas, contribuirá a la selección de cepas de *Trichoderma* bioestimuladoras en germinación o crecimiento de plantas, que ayudaran a un manejo más eficiente de cultivos reduciendo el impacto de agroquímicos en el ambiente.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de aislados de *Trichoderma* spp., sobre plantas de maíz mediante una concentración de esporas para favorecer la estimulación vegetal en condiciones de invernadero.

1.4.2. Objetivo específico

- Evaluar el efecto estimulador de las aplicaciones de aislados de *Trichoderma* spp., sobre el desarrollo morfológico de plantas de maíz cultivadas en invernadero.
- Identificar el mejor aislado de *Trichoderma* spp., a través del comportamiento morfológico en plantas de maíz.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis nula - Ho

Ninguna de las cepas de *Trichoderma* spp., de la colección del Departamento de Protección Vegetal de la Estación Experimental Central de la Amazonia es promotora de crecimiento vegetal de plantas de maíz, en invernadero.

1.5.2. Hipótesis alternativa - Hi

Al menos una de las cepas de *Trichoderma* spp., de la colección del Departamento de Protección Vegetal de la Estación Experimental Central de la Amazonia es promotora de crecimiento vegetal de plantas de maíz, en invernadero.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Investigación

Trichoderma es un género perteneciente a la Clase filamentosa Deuteromicetos. Él los miembros se encuentran generalmente en todos los suelos. El hongo es una valiosa fuente para la producción comercial de enzimas y útil en el reciclaje de celulosa materiales de desecho mientras se producen subproductos útiles (Samuels, 1996, pp. 924-927). *Trichoderma* recibido la mayor atención como antagonistas de hongos no solo de patógenos transmitidos por el suelo (Amin y Razdan, 2010, p. 38), pero también de patógenos del follaje, esto se debe a la capacidad de algunas de sus especies para producir enzimas que inhiben otros hongos suprimir significativamente el crecimiento de microorganismos patógenos de las plantas y regular la tasa de crecimiento de las plantas. Trabajos recientes han demostrado que las enfermedades comunes de las plantas, como la pudrición de la raíz enfermedad, marchitez, pudrición de la fruta y otras enfermedades de las plantas pueden ser controlado por *Trichoderma* spp. (Zin y Badaluddin, 2020, p. 168).

Los metabolitos secundarios secretados por *Trichoderma* spp., han demostrado su papel en la supresión del crecimiento de microorganismos patógenos además de estimular el crecimiento de las plantas Las especies de *Trichoderma* son hongos fitoestimulantes generalizados que actúan a través del biocontrol de los patógenos de las raíces, la modulación de la arquitectura de las raíces y la mejora de la adaptación de las plantas al estrés biótico y abiótico (Zin y Badaluddin, 2020, p. 168).

2.2. Referencias Teóricas

2.2.1. *Trichoderma* spp.

El hongo *Trichoderma* tiene una larga historia y fue descrito por primera vez en 1794 (Persoon, 1794, p. 63), y más tarde se sugirió que tenía un vínculo con el estado sexual de una especie de *Hypocrea*. Sin embargo, fue difícil asignar el género *Trichoderma hypocrea* morfológicamente. Incluso se propuso tener una sola especie, es decir *Trichoderma viride* (Waghunde et al., 2016, p. 1952). El primer paso en el desarrollo de un protocolo particular para la identificación de especies se hizo en 1969 (Rifai, 1969, p. 2; Samuels, 1996, p. 923). *Trichoderma* spp. se conoce desde hace 70 años por su capacidad de producir antibióticos que inhiben el crecimiento de organismos patógenos y se utilizan como agentes de biocontrol (Harman, 2006, p. 191). Posteriormente, se descubrieron muchas especies nuevas de *Trichoderma* (Waghunde et al., 2016, p. 1952).

El género *Trichoderma* aporta un gran número de sus capacidades entre las diferentes cepas como hongos multifuncionales que se encuentran en una gran variedad de ecosistemas. Típicamente, se encuentran en bosques o suelos agrícolas, es un género de hongos de la familia *Hypocreaceae*, comúnmente habitantes de la rizosfera, Desde hace seis décadas, se sabe que *Trichoderma spp*, tiene la capacidad de atacar a otros hongos. Además, son bien conocidos como potenciales agentes de control biológico entre los investigadores (El_Komy et al., 2015, p. 50).

Según las conclusiones de algunos investigadores, *Trichoderma spp.* puede matar a los patógenos de las plantas y mejorar el crecimiento de las plantas, Además, *Trichoderma spp.*, ha demostrado su capacidad para desintoxicar compuestos tóxicos y acelerar la degradación de la materia orgánica (Contreras et al., 2015, p. 701; Garnica et al., 2016, p. 1497).

El éxito de *Trichoderma spp.*, en el ecosistema del suelo y su papel como descomponedor natural se debe a su capacidad para acelerar el crecimiento, su capacidad en la captación de nutrientes y la capacidad de modificar la rizosfera (Zin y Badaluddin, 2020, p. 168).

2.2.2. Evolución filogenética

El nombre del género *Trichoderma* se propuso por primera vez debido a las similitudes macroscópicas (Persoon, 1794, p. 63). Las cuatro especies clasificadas en este género son *T. viride*, *T. nigrscens*, *T. aureum* y *T. roseum*, recogidas en Alemania. Estas especies fueron descritas como de aspecto harinoso, rodeadas de una cubierta peluda y se distinguían por la coloración, pero ahora se considera que estas cuatro especies no están relacionadas.

El nombre *Trichoderma* se aplica ahora a la forma verde más común típica de la especie original *T. viride* descrita por Persoon, la primera descripción verdadera del género *Trichoderma*, basada en las tasas de crecimiento de las colonias y en las características microscópicas por Rifai (1969, p. 1). El género se ha dividido en nueve especies, que se distinguen principalmente por los patrones de ramificación del conidióforo y la morfología del conidio (Waghunde et al., 2016, p. 1953).

2.2.3. *Trichoderma* en el ambiente

Trichoderma spp, es omnipresente en el medio ambiente, es un género de hongos de reproducción asexual que se encuentra con mayor frecuencia en el suelo; casi todos los suelos templados y tropicales contienen de 101 a 103 propágulos por gramo que pueden cultivarse en condiciones estándar de laboratorio.

Estas especies pueden colonizar tanto plantas leñosas como plantas herbáceas, en las que el teleomorfo sexual (género *Hypocrea*), existen muchas cepas de *Trichoderma*, que no tienen estadios sexuales. En la naturaleza, las formas vegetativas de los hongos persisten como clonales, a menudo heterocariotas, individualmente y en poblaciones que muy probablemente evolucionan

por separado en la fase asexual. Los *Trichoderma* son fuertes invasores oportunistas, de rápido crecimiento, prolíficos productores de esporas y también potentes productores de antibióticos incluso en un entorno altamente competitivo por el espacio, los nutrientes y la luz (Schuster y Schmoll, 2010, p. 788; Montero et al., 2011, p. 3010).

2.2.4. Taxonomía

División: Myxomicotina
Subdivisión: Deuteromycotina
Clase: Hyphomicetes
Orden: Hyphales
Familia: Monilaceae
Género: *Trichoderma*
Especie: *Trichoderma* spp. (Agrios, 2004, p. 127).

2.2.5. Principales Beneficios del uso de *Trichoderma*

Trichoderma spp., participa activamente en la descomposición de materia orgánica del suelo, es considerado como un antagonista natural de varios microorganismos patógenos de plantas, además puede cumplir funciones varias como la participación en la biotransformación de celulosa y hemicelulosa en las plantas, en la mineralización de Nitrógeno y algunas proteínas, siendo estos procesos biológicos los que favorecen el crecimiento de la planta, dando un mayor vigor germinativo y desarrollo de la raíz (Castro, 2017, p. 8).

Trichoderma spp., suprime significativamente el crecimiento de los microorganismos patógenos de las plantas y regulan la tasa de crecimiento de las mismas, trabajos recientes han demostrado que las enfermedades comunes de las plantas, como la podredumbre de la raíz, el *damping off*, la marchitez, la podredumbre de la fruta y otras enfermedades de las plantas pueden ser controladas por *Trichoderma* spp. (Zin y Badaluddin, 2020, p. 169).

2.2.5.1. *Trichoderma* como Biocontrol

Los biofungicidas a base de *Trichoderma* están en auge en un mercado agrícola con más de 50 formulaciones registradas en todo el mundo. En la actualidad, existen más de 50 productos agrícolas a base de *Trichoderma* que se producen en diferentes países y se los utiliza en agricultura para obtener mejores rendimientos en diferentes cultivos (Woo et al., 2006. p. 181).

Existen numerosos informes sobre la capacidad de *Trichoderma* spp., para antagonizar una amplia gama de patógenos del suelo y su capacidad para reducir la incidencia de enfermedades causadas

por estos, en una amplia gama de cultivos (Monte, 2001, p. 2). Los mecanismos que utiliza *Trichoderma* para antagonizar hongos fitopatógenos incluyen la competencia, la colonización antibiosis y micoparasitismo directo (Howell, 2003, p. 1).

Este potencial antagonístico sirve de base para aplicaciones de control biológico de diferentes cepas de *Trichoderma* como método alternativo a los productos químicos para el control de un amplio espectro de patógenos vegetales (Waghunde et al., 2016, p. 1952).

2.2.6. Modo de acción *Trichoderma*

Los *Trichoderma* pueden actuar como agentes de biocontrol de varias formas. Puede crecer más rápido o utilizar su fuente de alimento más que el patógeno, desplazando así al patógeno y tomando patógeno y tomar el control, lo que se conoce como competencia de nutrientes. Un agente de control biológico puede excretar un compuesto que ralentiza o inhibe por completo el crecimiento de los patógenos en el alrededor de dicho compuesto, lo que se denomina antibiosis. Puede alimentarse de o en una especie patógena directamente lo que se conoce como parasitismo. Puede promover que una planta produzca una sustancia química que la proteja del patógeno, lo que se conoce como resistencia inducida. Pueden crecer de forma endofítica en otras especies y apoyar el crecimiento de la planta (Waghunde et al., 2016, p. 1952).

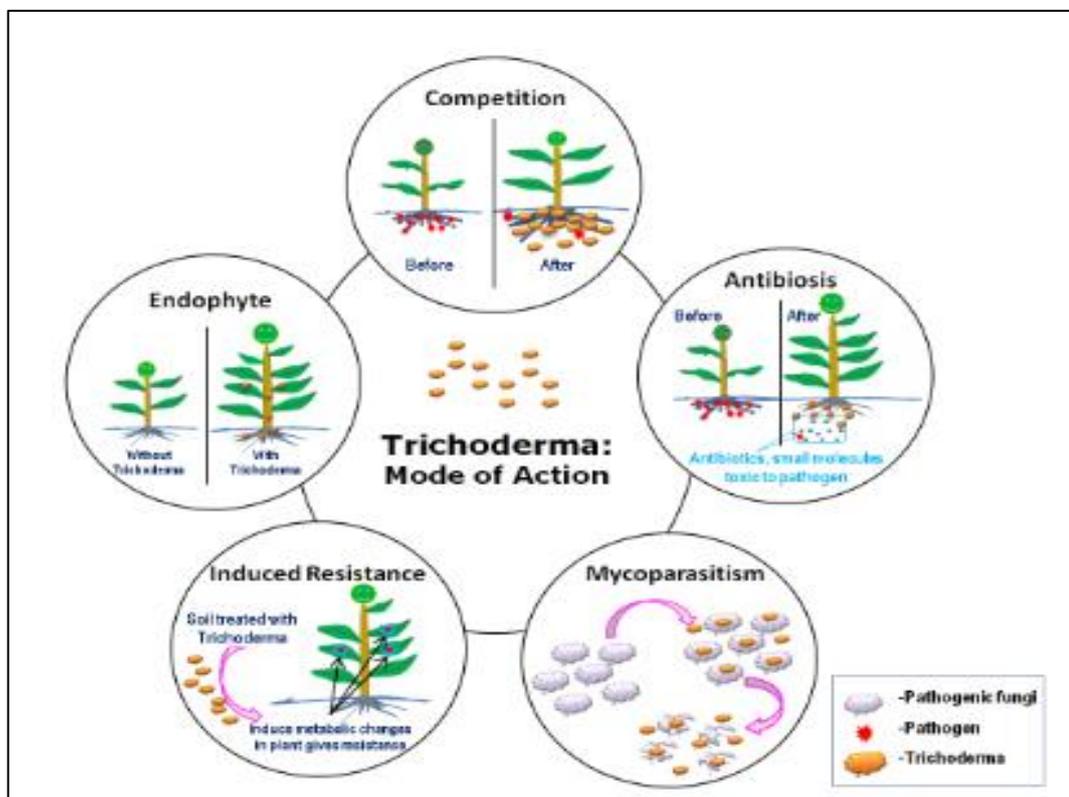


Ilustración 1-2: Modelo de acción de *Trichoderma* spp.

Fuente: Waghunde et al., 2016.

2.2.6.1. Acción de *Trichoderma* por competencia

La razón más común para la muerte de muchos microorganismos que crecen cerca de las cepas de *Trichoderma* es la inanición y la escasez de nutrientes limitantes.

Esto puede utilizarse eficazmente en el control biológico de hongos fitopatógenos. El carbono y el hierro son dos elementos esenciales en la mayoría de los hongos filamentosos. La competencia por el carbono es un modo eficaz no sólo en *Trichoderma*, sino también en otros hongos como las cepas de *F. oxysporum* (Sarrocco et al., 2009, p. 331). En condiciones de falta de hierro, la mayoría de los hongos producen quelantes específicos de hierro férrico de pequeño tamaño para movilizar el hierro del entorno. *T. harzianum* también controla a *Fusarium oxysporum* compitiendo tanto por la colonización de la rizosfera como por los nutrientes. Los sideróforos producidos por algunos aislados de *Trichoderma* son quelantes muy eficaces del hierro (Waghunde et al., 2016, p. 1952).

La utilización competente de los nutrientes accesibles es de la capacidad de *Trichoderma* de realizar ATP (Adenosín Trifosfato) a partir de diversos tipos de azúcares, como los derivados de polímeros ampliamente disponibles en entornos fúngicos: celulosa, glucano y quitina y otros, todos de ellos se convierten en glucosa. Recientemente las propiedades antifúngicas de los filtrados de cepas de *Trichoderma* se utilizaron para controlar *Ceratocystis paradoxa* responsable de la enfermedad de la piña de la caña de azúcar. La producción de proteínas que desempeñan un papel fundamental en la colonización de la raíz por *Trichoderma* también se encuentran crucial en la competencia con otros colonizadores de raíces y algunos de ellos ayudan a establecer relaciones simbióticas relación simbiótica con las plantas huésped (Samolski et al., 2012, p. 129; Waghunde et al., 2016, p. 1952).

2.2.6.2. Acción de *Trichoderma* por antibiosis

El mecanismo de la antibiosis es comúnmente reportado entre muchas especies, incluyendo microorganismos y plantas. En el caso de *Trichoderma*, los compuestos difusibles de pequeño tamaño o antibióticos producidos por estas especies inhiben el crecimiento de otros microorganismos. La producción de compuestos volátiles se detectó en el caso de cuatro aislados de *T. harzianum* que in vitro contra *Rhizoctonia solani*. Las cepas de *T. virens* capaces de producir gliovirina implicada en la antibiosis, lo que la convierte en un eficiente agente de biocontrol de control biológico. Un mutante de la cepa *T. harzianum* 2413 con niveles elevados de enzimas extracelulares y de α -pirona aumentó la resistencia que el tipo salvaje contra *R. solani* y en los ensayos de protección de la uva contra *B. cinerea* bajo diferentes condiciones ambientales controladas (Waghunde et al., 2016, p. 1952).

Olor a coco es típico de los aislados de *T. viride*, lo que sugiere la presencia de de compuestos volátiles que inhiben el crecimiento del patógeno. Estos metabolitos incluyen el ácido *harzianico* *alamethicins*, *tricholin*, *peptaibols*, antibióticos, *6-penthyla-pyrone*, *massoilactona*, *viridina*, *gliovirina*, *glisopreninas*, ácido *heptelídico* (Daguerre et al., 2014, p. 98).

2.2.6.3. Acción de *Trichoderma* por micoparasitismo

El micoparasitismo es uno de los principales mecanismos implicados en los antagonismos de *Trichoderma* como agente de biocontrol. El proceso aparentemente incluye, el crecimiento quimotrópico de *Trichoderma*, el reconocimiento del huésped por parte de los micoparásitos, la secreción de enzimas extracelulares penetración de las hifas y lisis del huésped. *Trichoderma* reconoce las señales del hongo huésped, desencadenando el enrollamiento y las penetraciones en el huésped. El proceso de micoparasitismo implica el ataque directo de una especie de hongo sobre otra. Este complejo proceso incluye eventos secuenciales, que implican el ciclo de reconocimiento de la cepa fúngica por *Trichoderma* spp., el ataque a la maquinaria celular, y la posterior penetración en el interior del hospedador y finalmente la muerte del huésped. *Trichoderma* spp., puede incluso crecer hacia el huésped fúngico al reconocerlo. Tal actividad de teledetección se debe en parte a la producción secuencial de proteínas relacionadas con la patogénesis, principalmente glucanasas, proteasas y quitinasas (Waghunde et al., 2016, p. 1952).

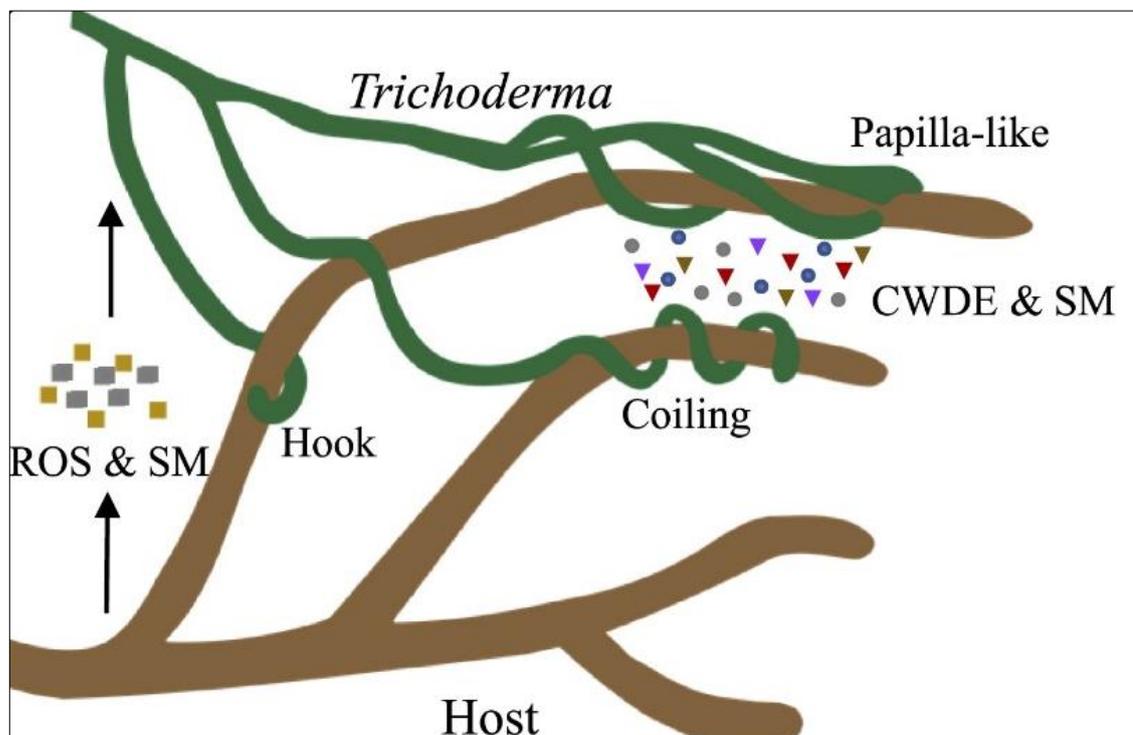


Ilustración 2-2: Micoparasitismo

Fuente: Guzmán et al., 2019.

La respuesta de las diferentes cepas de *Trichoderma* no es no es similar en el proceso de micoparasitismo. Constitutiva de exochitinasas a bajo nivel que degradan las paredes celulares del hongo liberando oligómeros juega un papel central en la inhibición del crecimiento de las cepas fúngicas patógenas (Gajera et al., 2013, p. 134). En algunos casos, los cambios morfológicos como como el enrollamiento y la formación de apresorios que contienen una mayor que contienen una mayor cantidad de solutos osmóticos, como el glicerol, inducen penetración en las células del huésped (Waghunde et al., 2016, p. 1952).

2.2.6.4. Acción de *Trichoderma* por resistencia inducida

El principal objetivo de la investigación sobre *Trichoderma* es comprender su impacto directo sobre otras especies fúngicas, especialmente el micoparasitismo y la antibiosis. La primera demostración de resistencia inducida con la cepa *T. harzianum* cepa T-39 demostró que el suelo tratado en hojas de las judías de frijol fueran resistentes a las enfermedades causadas por hongos patógenos como *B. cinerea* y *C. lindemuthianum*, aunque T-39 se aplicó sólo a las raíces y al follaje. La resistencia inducida resultó ser beneficiosa en más de 10 diferentes dicotiledóneas y monocotiledóneas, a las infecciones fúngicas (*B. cinerea*, *R. solani*, *Colletotrichum* spp., *Phytophthora* spp., *Alternaria* spp., *Magnaporthe grisea*) (Waghunde et al., 2016, p. 1952).

Se han realizado estudios similares con diferentes especies y cepas de *Trichoderma* en diferentes especies de plantas, tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas. *T. harzianum* T-22 es el único microbio que induce resistencia sistémica a patógenos en plantas modelo (Yoshioka et al., 2012, p. 61; Contreras et al., 2015, p. 701).

2.2.6.5. Acción de *Trichoderma* por endófitos

La actividad endofítica de muchos microorganismos (crecimiento dentro del tejido de la planta sin ningún daño) puede ser útil para el huésped estimulando el crecimiento de la planta, un aplazamiento al inicio del estrés por sequía y la obstrucción a patógenos. Las especies endosimbióticas de son capaces de establecer colonias en las raíces de las plantas y desencadenar la expresión de muchos genes de la planta que afectan a respuestas al estrés. Recientemente, hay informes que muestran que *Trichoderma* que actúan como simbiosis endofíticas en algunas plantas leñosas (Chaverri et al., 2011, p. 139).

Curiosamente, las cepas que se asocian a las raíces alteran el patrón de expresión génica en los brotes. Estos cambios son los puntos clave de la fisiología de la planta y esto puede ser aprovechado para mejorar muchos rasgos importantes, como la absorción de fertilizantes nitrogenados, la resistencia al estrés abiótico/biótico, y la eficiencia fotosintética que conduce a mayor rendimiento (Contreras et al., 2015, p. 702).

2.2.7. Producción de *Trichoderma*

El creciente interés por el control biológico y la concienciación sobre los peligros que suponen los plaguicidas ha llevado a la producción y el uso comercial de agentes de control biológico, con varios informes sobre el uso exitoso de preparados de *Trichoderma* en invernaderos y campos para controlar una variedad de enfermedades, incluidas las transmitidas por el suelo. Para introducir *Trichoderma* en gran número en el campo, debe hacerse en un medio adecuado y barato capaz de proporcionar nutrientes para el inicio del crecimiento *T. harzianum* y *T. viride*. son las dos cepas más utilizadas que han demostrado su eficacia en la India cuando se aplican a unos 87 cultivos diferentes (Sharma et al., 2014, p. 1).

Uno de los principales obstáculos para el uso de *Trichoderma* spp. para el control biológico es la falta de métodos de cultivo a gran escala y el uso de agentes de biocontrol. El reto de desarrollar insecticidas como sistemas biológicos reside en el proceso de formulación (Sharma et al., 2014, p. 1).

2.2.8. Producción de metabolitos

Los metabolitos secundarios (MS) de los microorganismos pueden tener un papel antifúngico contra hongos fitopatógenos de importancia agrícola, entre los diferentes microorganismos, las especies del del género *Trichoderma* son los agentes de control biológico más potentes que se utilizan hoy en día porque producen una gama diversa de gama de (MS) antimicrobianos (Khan et al., 2020, p. 1).

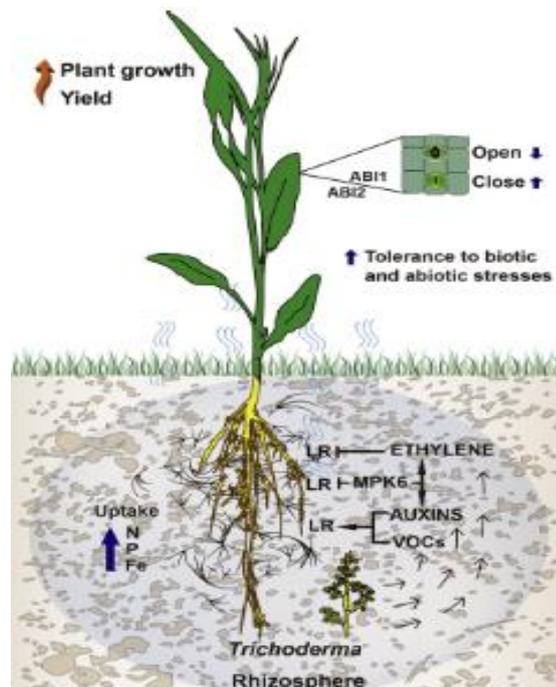


Ilustración 3-2: Bioestimulantes generados por *Trichoderma*

Fuente: López et al., 2015.

Las especies de *Trichoderma spp.* liberan grandes cantidades de metabolitos en el medio ambiente que no requieren una nutrición especial. Estos metabolitos se utilizan en la agricultura, la industria y la medicina, y también son importantes para el ser humano; algunos *Trichoderma spp.* han mostrado actividad antifúngica contra hongos fitopatógenos ((Khan et al., 2020, p. 1).

Las *Trichoderma spp.* liberan grandes cantidades de metabolitos en el medio ambiente que no requieren una nutrición especial. Estos metabolitos se utilizan en la agricultura, la industria y la medicina, y también son importantes para el ser humano; algunos *Trichoderma* han mostrado actividad antifúngica contra hongos fitopatógenos.

2.2.9. Trichoderma como promotor de crecimiento en plantas

Los hongos beneficiosos, entre ellos *Trichoderma spp.*, pueden mejorar el crecimiento de las plantas el desarrollo y el rendimiento de las plantas (Harman et al., 2004, p. 43). Varias cepas fueron estimular el desarrollo de las plantas activando un mecanismo dependiente de la auxina dependiente de la auxina y/o produciendo ácido indol-3-acético (IAA) o análogos de la auxina (Mazzei et al., 2016, p. 3538).

Se han demostrado efectos positivos en el desarrollo de las plantas para varios MS de *Trichoderma*, como las *koningininas*, la *6-pentila-pirona*, los *tricocaranes* A-D, la *harzianopiridona*, el *ciclonerodiol*, la *harzianolida* y el ácido *harziano*. Estos compuestos pueden afectar el crecimiento de las plantas en función de su concentración. La promoción del crecimiento de la planta y el metaboloma de *Solanum lycopersicum* resultaron ser afectados por las dosis de *6-pentil- α -pirona* utilizadas para los tratamientos (Mazzei et al., 2016, p. 3538).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del estudio

La investigación se realizó en la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP, ubicada en la parroquia San Carlos, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana (Ilustración 1-3) (Tabla 1-3).

3.1.1. Ubicación geográfica

Tabla 1-3: Ubicación Geográfica

Lugar	Parroquia San Carlos Joya de los Sachas
Coordenadas	UTM
Datum	WGS84
Zona	18 M
X	291398.00 m E
Y	9962333.00 m S
Altura	280 m s.n.m.

Realizado por: Remache, Nelly, 2022.



Ilustración 1-3: Ubicación de la Estación Experimental Central de la Amazonia del INIAP

Realizado por: Remache, Nelly, 2022.

3.2. Materiales

Tabla 2-3: Lista de materiales utilizados

Materiales	Materiales de Invernadero	Físicos	Mascarilla, Fundas de plástico, Esferos y marcadores, guantes de nitrilo, cintas diamétricas, calibrador
	Materiales de laboratorio	Físicos	Cubre y porta objetos, Tubos de ensayo Matraces Cajas Petri, Mandil, Sacabocados de 5 mm, Pinzas, espátula, Mechero de alcohol, Algodón hidrófilo Papel aluminio, Guantes de nitrilo
		Químicos	Alcohol 70 y 90 % Papa dextrosa agar Ácido láctico y Cloranfenicol Agar Rosa de Bengala Glucosa y Levadura
Equipo	Equipo de laboratorio		Estereomicroscopio y Microscopio, Cámara de flujo laminar, Autoclave y estufa, Destilador y Balanza analítica, Cámara de microscopio, Centrifuga
	Equipo de Escritorio		Computadora, Impresora, Cámara de celular Memoria USB

Realizado por: Remache, Nelly, 2022.

3.3. Metodología

3.3.1. Método Observacional

La exploración y la recopilación de información se la realizaron tanto en laboratorio como en el invernadero. Se utilizaron medidas aclaratorias para la recopilación de la información, utilizando diagramas y cuadros estadísticos con la ayuda del paquete de programación Microsoft Office de Excel.

3.3.2. Factores de estudio

Los factores de estudio de esta investigación se tomaron en cuenta a los aislados de *Trichoderma spp.*, en lo que se aplicó 5 mL de una suspensión del hongo (10^6 esporas/mL) con inoculaciones cada 15 días y la evaluación destructiva de las plantas se la realizo a los 60 días por ser la entrada a la floración y es donde la planta más nutriente necesita y fisiológicamente la planta a emitido más raíces para poder sustentar a la producción.

3.3.3. Características del campo experimental

La investigación se realizó en el laboratorio e invernadero de Protección Vegetal de la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP, ubicada en la parroquia San Carlos, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.

3.3.4. Variables evaluadas

3.3.4.1. Variable dependiente

Se consideró variables dependientes a los aislados de *Trichoderma*.

3.3.4.2. Variable independiente

Plantas de maíz.

3.3.5. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por bolsas plásticas donde se colocará una semilla de maíz.

3.3.6. Diseño experimental

El trabajo se realizó a través de un Diseño Completamente al Azar. Con 10 tratamientos se repetirá cuatro veces.

3.3.7. Análisis estadístico

Se elaborará un análisis de varianza y la prueba Tukey $p < 0,05$ para las fuentes de variación que tengan significancia estadística en las variables a evaluar. Para el análisis de los datos se utilizará el programa SPSS.

A continuación, se presenta el esquema de ADEVA:

Tabla 3-3: Esquema Adeva

Fuente de Variación	Grados de libertad
Tratamientos	9
Repeticiones	3
Error	27
Total	39

Realizado por: Remache, Nelly, 2022.

3.3.8. *Tratamientos*

Descripción de los tratamientos:

Tabla 4-3. Listado de los tratamientos y su codificación

TRATAMIENTO	CÓDIGO
T1	TMS-P-05
T2	TMS-P-057
T3	TMS-P-096
T4	TMS-P-098
T5	TNT 03
T6	TMS-P-075
T7	TMS-P-016
T8	TMS-P-07
T9	TMS-P-08
T10	Testigo

Realizado por: Remache, Nelly, 2022.

3.4. Manejo del ensayo

3.4.1. *Reactivación de aislados de Trichoderma*

Para la activación de las cepas de *Trichoderma* obtenidas de muestras de suelo de cultivo de cacao y pitahaya de las provincias de Orellana y Morona Santiago, conservadas en agua estéril bajo congelación, se utilizó la técnica aplicada por Góral (1973, pp. 542-543), donde se descongeló y en la cámara de aislamiento se agitaron micro tubos que contengan al hongo, se tomó 0,3 ml con el uso de una micropipeta con las puntas previamente esterilizadas y se vertió en el centro de una caja Petri con medio semi selectivo de Martin (1950, p. 215), estos se incubaron a 27 °C durante el tiempo en el que se evidencie el crecimiento del hongo.

3.4.2. Evaluación de las mejores cepas de *Trichoderma*

Para la selección de los mejores aislados, se realizó un screening, donde se probó 100 cepas de *Trichoderma* spp. La semilla de maíz fue inoculada por una hora con una solución de esporas de 1×10^6 . En este screening se seleccionaron los nueve mejores aislados, esta selección se dio evaluando altura de planta y largo de raíz.

3.4.3. Obtención del inóculo

Una vez que se seleccionó las mejores cepas estas se las procedió a multiplicar en medio líquido, para lo que se necesitó transferir una solución de esporas de 10^7 a matraces que contengan medio líquido de glucosa y levadura y se mantuvo en suspensión durante siete días, y oscuridad, bajo agitación (150 rpm) (Halifu et al., 2019, p. 1).

3.4.4. Siembra

La siembra se realizó en bolsas plásticas, los que se llenaron con un sustrato estéril a base de arena, tierra negra y humus de lombriz, (2:1:1, v/v/v) Las bolsas se las mantuvo en condiciones de invernadero (régimen térmico día/noche de $22/30 \pm 3$ °C, y fotoperiodo 14 h luz/10 h oscuridad).

3.4.5. Inoculación de plantas

Se realizó inoculaciones cada 15 días de *Trichoderma*, donde se aplicó 5 mL de una suspensión del hongo (10^6 esporas/mL) en la base de la planta (Reyes et al., 2008, p. 39).

3.4.6. Manejo de plantas en el invernadero

A las plantas en invernadero solo se le realizo riego con agua destilada estéril, la frecuencia del riego dependió del clima.

3.5. Datos a evaluar

3.5.1. Evaluaciones

Se realizaron evaluaciones destructivas a los 60 días después de la siembra (dds).

3.5.2. Altura de planta

Se determinó realizando una medición desde el cuello de raíz hasta el meristemo más distal de la parte aérea de la planta.

3.5.3. Diámetro de la planta

Se determinó realizando una medición al diámetro o grosor de la caña del maíz.

3.5.4. Longitud de raíces

Se determinó tomando la planta y midiendo desde el cuello de raíz hasta el extremo más distal de la raíz de la planta.

3.5.5. Peso fresco de raíces

Esta variable se determinó pesando la raíz desde el cuello hasta el extremo más distal en peso fresco.

3.5.6. Peso fresco de tallo y hojas

Para determinar esta variable se pesó la planta entera recién cosechada y se expresó en gramos.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Cuando las plantas cumplieron 60 días se procedió a realizar la evaluación destructiva, para verificar a nivel radicular, altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco de raíces, tallo y hojas.

4.1. Análisis de las variables

No se encontró diferencia ($P>0.05$) en la altura de planta ni en el promedio de diámetro de planta y peso fresco de tallo y hojas en tratamientos inoculados con *Trichoderma*, se puede observar (Tabla 1-4) que en las variables longitud y peso de raíces frescas se encontraron diferencias significativas con relación al testigo que no se realizó aplicaciones.

Tabla 1-4: Promedios de valores de variables evaluadas

Trt.	Altura de planta	Diámetro de planta	Longitud de Raíz	Peso Raíz	Peso Tallo y hojas
T1	171 a	18 a	64 a	44 a	190 a
T2	166 a	18 a	68 a	22 ab	146 a
T3	171 a	17 a	75 a	28 ab	181 a
T4	180 a	19 a	66 a	37 ab	217 a
T5	174 a	19 a	65 a	20 b	162 a
T6	170 a	18 a	65 a	20 b	158 a
T7	163 a	19 a	53 ab	17 b	137 a
T8	175 a	17 a	57 ab	21 b	179 a
T9	174 a	18 a	60 ab	23 ab	173 a
T10	166 a	17 a	41 b	19 b	187 a

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes ($P<0.05$), según la prueba de Tukey

Realizado por: Remache, Nelly, 2022.

4.1.1. Altura de plantas

La evaluación de la variable altura se la realizó con ayuda de una cinta métrica forestal, tomándose desde la base de la raíz, hasta la parte apical. En la Ilustración 1-4 se puede observar el comportamiento de la variable altura a los 60 días de sembrado, en el cual no demuestra diferencia significativa entre los tratamientos, el mayor promedio lo alcanzó el tratamiento (T4) con una altura 180 cm en comparación con el testigo (T10), que alcanzó una altura de 166 cm.

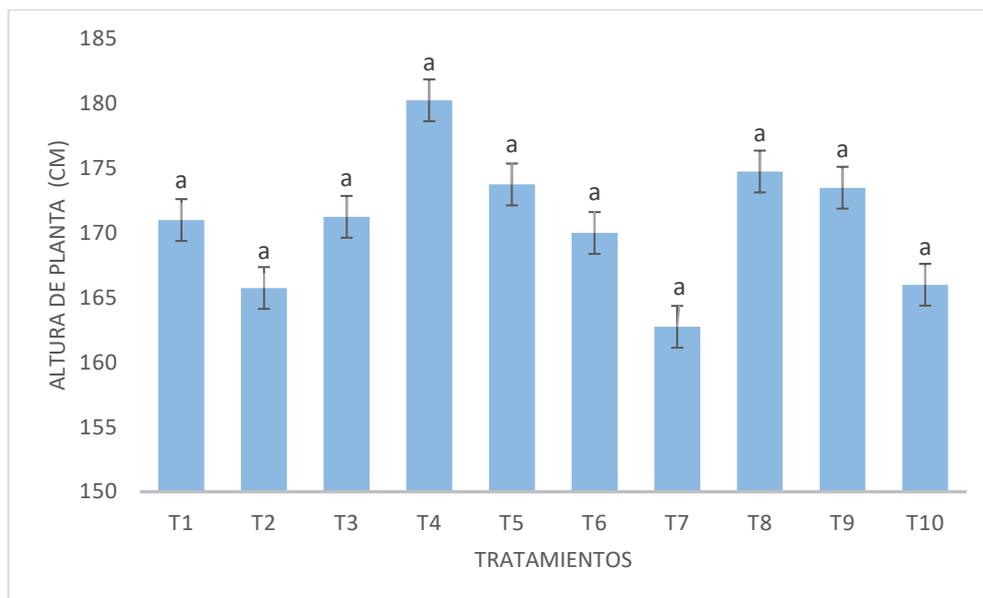


Ilustración 1-4: Valores para altura de planta

Realizado por: Remache, Nelly, 2022.

4.1.2. Diámetro de planta

Para la evaluación de diámetro de planta se utilizó un calibrador digital. Como resultado de la evaluación realizada para diámetro de tallo, estadísticamente todos los tratamientos resultaron iguales, a lo que se refiere numéricamente el tratamiento (T4) alcanzó el mayor diámetro, 19 cm, y el testigo (T10) resultó con diámetro inferior que los demás tratamientos, 17 cm (Ilustración 2-4).

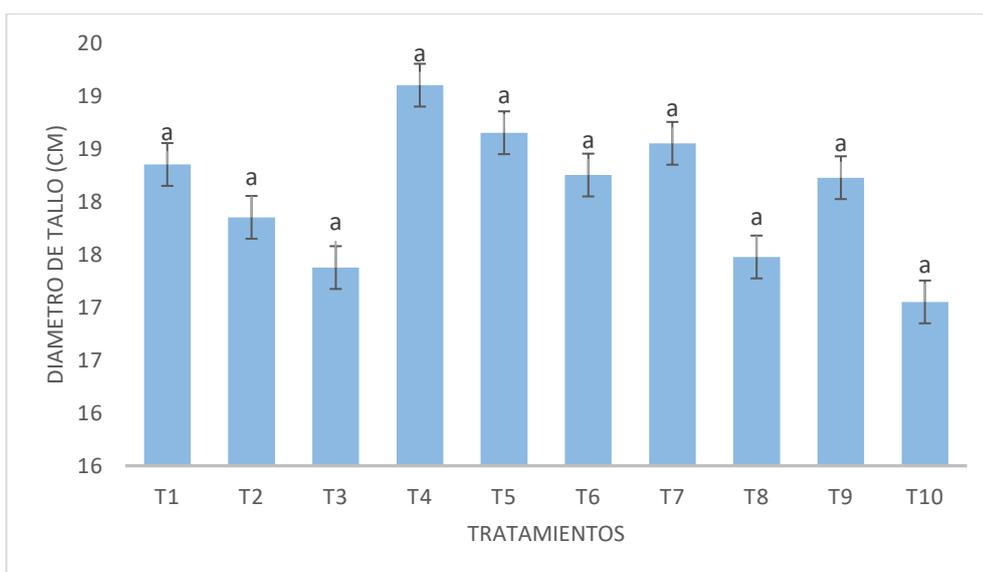


Ilustración 2-4: Valores para diámetro de tallo

Realizado por: Remache, Nelly, 2022.

4.1.3. Longitud de raíces

La evaluación de la variable longitud de raíces se la realizó con ayuda de una cinta métrica forestal, tomándose desde la base de la raíz, hasta la parte apical o cofia. En la Ilustración 3-4 se puede observar el comportamiento de la variable longitud de raíces, donde los tratamientos (T3, T2, T4, T5, T6, T1) resultaron ser estadísticamente diferentes a los demás. En esta variable el mayor promedio de longitud de raíces lo consiguió el tratamiento (T3) 75 cm en comparación con el testigo (T10) que obtuvo la menor longitud de raíces 41 cm.

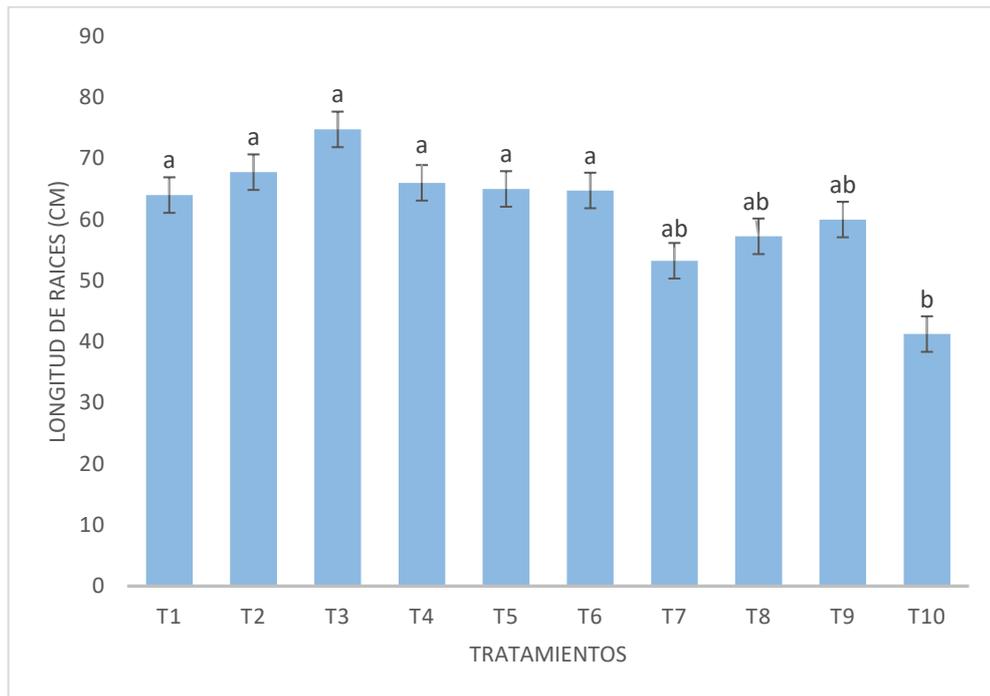


Ilustración 3-4: Valores de longitud de raíces

Realizado por: Remache, Nelly, 2022.

4.1.4. Peso fresco de raíces

Para la realización de esta variable se utilizó una balanza gramera digital. El resultado de peso fresco se encontró diferencias estadísticas donde el tratamiento (T1) se diferenció de los demás tratamientos. El tratamiento (T1) alcanzó un promedio de 44 g de peso fresco de raíces en comparación con el tratamiento (T7) 17 g, y el testigo 19 gramos de peso fresco de raíces.

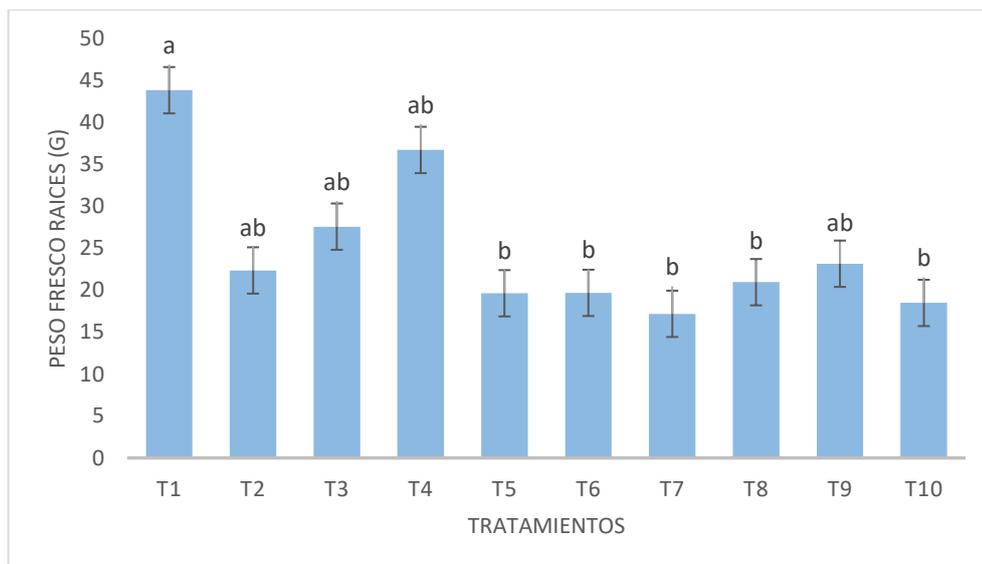


Ilustración 4-4: Valores de peso fresco de raíces

Realizado por: Remache, Nelly, 2022.

4.1.5. Peso fresco tallo y hojas

Para la realización de esta variable se utilizó una balanza gramera digital y se separó la parte radicular de la planta. Los resultados de esta variable denotaron que todos los tratamientos son estadísticamente iguales, pero numéricamente diferentes, siendo el tratamiento (T4) el de mayor peso con un promedio de 217 g., en comparación con el tratamiento (T7) que exhibió un promedio 137 gramos de peso.

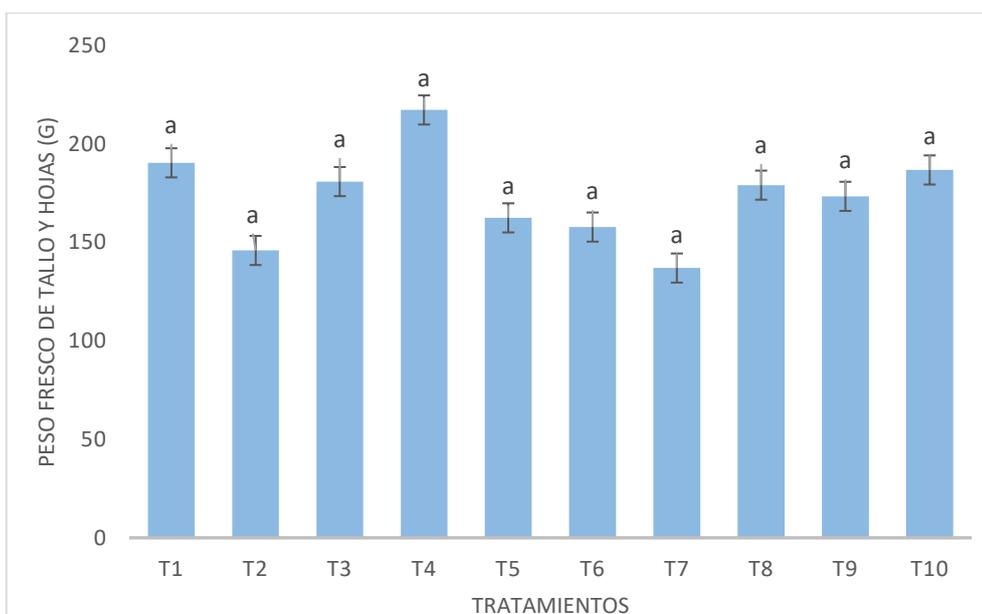


Ilustración 5-4: Valores de peso fresco hojas

Realizado por: Remache, Nelly, 2022.

4.2. DISCUSIÓN

La aplicación de *Trichoderma* spp., no se vio reflejada en el parámetro de altura, ya que todos los tratamientos fueron iguales estadísticamente ($P < 0.05$). Las aplicaciones de *Trichoderma* hasta la fecha de evaluación 60 dds no mejoró la altura de la planta, estos resultados difieren de los encontrados por Castellanos (2006, p. 12) y Cave (2011, p. 27), los que manifiestan que la aplicación de *Trichoderma* a las plantas mejora la altura y grosor de estas. La variable altura es de importancia en el desarrollo de la planta de maíz y esto va a depender si es una variedad o híbrido, la altura y grosor de la planta según Pezo (2022, p. 45) podría influir en el llenado y rendimiento del cultivo.

La variable de largo de raíz si se vio influenciada por las aplicaciones de *Trichoderma*, en comparación con el testigo, estos resultados discrepan con los obtenidos por Morán (2007, p. 7.), donde evaluó el fraccionamiento de la aplicación de *Trichoderma* en semilleros de varios cultivos y en plántulas de maíz y determino que la aplicación de aumentó el volumen, largo, área superficial y diámetro a las raíces en todos los cultivos.

La variable peso de raíces se encontró diferencia entre tratamientos, resaltando el tratamiento (T1), los resultados de esta variable se asemejan a los obtenidos por Yépez (2018, p. 47) en el que la aplicación de *Trichoderma* más fertilizante hizo que aumentará el peso radicular.

CONCLUSIONES

Con los resultados generados en esta investigación se concluye que:

La aplicación de *Trichoderma* no influyó en las variables altura, diámetro de planta y peso fresco de hojas y tallos. Obteniendo el tratamiento (T1) con un buen tamaño de raíces y el (T3) con un buen peso fresco tanto de raíces primarias como secundarias y mayor contenido de pelos absorbentes, lo que nos indica que fueron los mejores tratamientos dentro de esta investigación donde se aplicó 5 mL de una suspensión del hongo (10^6 esporas/mL). Además, la aplicación de *Trichoderma* al suelo si mejora la parte radicular de las plantas de maíz, también se lo puede utilizar como control biológico.

La metodología usada en este estudio pudo haber influenciado en la investigación, para que los valores obtenidos en los tratamientos sean similares en su mayoría.

De todos los tratamientos excepto el testigo (T10) se recuperó mediante siembra de suelo y tejido radicular la cepa de hongo inoculado.

RECOMENDACIONES

Con los resultados generados en esta investigación se recomienda lo siguiente:

- Repetir el experimento aplicando otro tipo de metodología, diferentes dosis y fraccionamiento en las aplicaciones.
- Realizar trabajos de investigación comparando la aplicación de *Trichoderma* con productos enraizantes o bioestimuladores químicos, hasta llegar a producción, y determinar la aplicación de *Trichoderma* en el rendimiento del cultivo y ejecutar más trabajos de búsqueda y selección de cepas nativas de los diferentes ecosistemas que existen en la amazonia para probar su eficacia como bioestimulante.
- Potenciar la utilización de *Trichoderma* como controlador biológico sino también como bioestimulador radicular, presentando así nuevas alternativas para migrar de uso indiscriminado de pesticidas a productos biológicos.

GLOSARIO

Acido-indolacético: el ácido indol-3-acético (AIA, 3-AIA), comúnmente llamada simplemente ácido indolacético o ácido 3-indolacético, es la fitohormona natural más común de la clase de las auxinas que actúa a nivel de los ápices, en los que hay tejido meristemático, el cual es indiferenciado. Es la más conocida de las auxinas y ha sido objeto de extensos estudios por fisiólogos de plantas (Perea, 2009, p. 16).

Conidióforo: en ciertos hongos, la conidiófora o conidióforo es una estructura microscópica especializada en la producción asexual de miles de esporas llamadas conidios. Se localizan en el extremo de hifas las cuales levantan la conidiófora en el aire con el fin de esparcir las esporas con más eficiencia (Peña y Páez, 2014, p. 5).

Endofítica: el término endófito quiere decir «dentro de la planta» y se ha usado para referirse a distintos organismos que viven dentro de una planta sin que importara la relación que guardan con ella (Alfaro y Avila, 2019, p. 21).

Fitoestimulantes: los Fitoestimulantes favorecen la utilización de los nutrientes, promueven el crecimiento y desarrollan el mecanismo de defensa de las plantas, aumentando la tolerancia a un estrés abiótico como sequía, granizo, períodos de exceso hídrico, y mejorando la respuesta de la planta a ataques de plagas (AgroAdvance, 2019, párr. 1).

Inanición: es una condición o un estado biológico que se produce ante la carencia de los nutrientes (Latham, 2002, párr. 1).

Rizosfera: es la zona del suelo cercana a las raíces de las plantas en donde se desarrolla la vida microbiana. Está compuesta por suelo, raíces, microorganismos con diversas funciones, nutrientes, sustancias orgánicas y agua (Symborg, 2019, párr. 1).

Sideróforo: molécula soluble que capta hierro para facilitar el transporte de este por los microorganismos. Suele ser específico del microorganismo que lo produce y, por ello, puede tener una acción antibiótica (Clínica Universitaria de Navarra, 2017, párr. 1).

Teleomorfo: el estado del hongo en el cual se origina la reproducción asexual se designa como anamorfo o imperfecto; el estado sexual se conoce por teleomorfo o perfecto (González, 2016, párr. 6).

BIBLIOGRAFÍA

AGRIOS, G. *Fitopatología*. 2ª ed. México D.F.-México: Limusa, 2004. ISBN: 978-968-18-5184-2, p. 127.

AGROADVANCE. *Fitoestimulantes y Fertilizantes Foliare*s [en línea]. Esperanza-Argentina: AgroAdvance, 2019. [Consulta: 29 julio 2022]. Disponible en: <https://agroadvance.com.ar/productos/fitoestimulantes/>.

AKLADIOUS, S.; & ABBAS, S. “Application of *Trichoderma harziunum* T22 as a biofertilizer supporting maize growth”. African Journal of Biotechnology [en línea], 2012, (Egipto) 11(35), pp. 8672-8683. [Consulta: 15 junio 2022]. ISSN: 1684-5315. Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/127439/116966>.

ALFARO, G.; & AVILA, D. Identificación fitoquímica y aislamiento de microorganismos endófitos de frutos nativos de *Capsicum baccatum* y *Capsicum chinense* (Trabajo de investigación) (Farmacia) [en línea]. Universidad María Auxiliadora, Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica. Lima-Perú. 2019, p. 21. [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/236/BACHILLER%20236-ALFARO-AVILA.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

AMIN, F.; & RAZDAN, V. “Potential of *Trichoderma* species as biocontrol agents of soil borne fungal propagules”. Journal of Phytology [en línea], 2010, (India) 2(10), pp. 38-41. [Consulta: 15 mayo 2022]. ISSN: 2075-6240. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Khurshid-Bhat-3/publication/273132899_Potential_of_Trichoderma_species_as_biocontrol_agents_of_soil_borne_fungal_propagules/links/54f8ae370cf210398e96c7cd/Potential-of-Trichoderma-species-as-biocontrol-agents-of-soil-borne-fungal-propagules.pdf.

BABU, A.; et al. “*Penicillium menonorum*: a novel fungus to promote growth and nutrient management in cucumber plants”. Mycobiology [en línea], 2015, (Corea) 43(1), pp. 49-56. [Consulta: 25 junio 2022]. ISSN: 2092-9323. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4397380/pdf/mb-43-49.pdf>.

BAE, S.; et al. “*Trichoderma* metabolites as biological control agents against *Phytophthora* pathogens”. Biological control [en línea], 2016, (Corea) 92(1), pp. 128-138. [Consulta: 16 mayo

2022]. ISSN: 1049-9644. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964415300359>.

BLASZCZYK, L.; et al. “*Trichoderma* spp.–application and prospects for use in organic farming and industry”. *Journal of plant protection research* [en línea], 2014, (Polonia) 54(4), pp. 309-317. [Consulta: 17 julio 2022]. ISSN: 1899-007X. Disponible en:
https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-5947c63c-7c28-44f6-b087-751fdea87a33/c/JPPR_54_4__01_Blaszczyk.pdf.

CASTELLANOS, P. Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* en el rendimiento de los cultivos de maíz y sorgo para ensilaje en Zamorano (Proyecto especial) (Ingeniería) [en línea]. Zamorano, Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Tegucigalpa-Honduras. 2006, p. 10. [Consulta: 13 mayo 2022]. Disponible en:
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/80ce73fe-ec08-4d86-a691-49fe7cd7c052/content>.

CASTRO, Y. Evaluación de *Trichoderma* spp. sobre enfermedades en el cultivo de melón *Cucumis melo* L. (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil-Ecuador. 2017, p. 8. [Consulta: 18 junio 2022]. Disponible en:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20515/1/Castro%20Coloma%20Yajaira%20Yessenia.pdf>.

CAVE, R.; et al. “Zamorano y sus contribuciones a la agricultura sostenible a través del control biológico de plagas”. *Ceiba* [en línea], 2011, (Honduras) 52(1), pp. 26-38. [Consulta: 7 agosto 2022]. ISSN: 2225-6687. Disponible en:
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/1be5e126-2f47-4cb2-803c-5b9c0293585a/content>.

CHAVERRI, P.; et al. “*Trichoderma amazonicum*, a new endophytic species on *Hevea brasiliensis* and *H. guianensis* from the Amazon basin”. *Mycologia* [en línea], 2011, (Estados Unidos) 103(1), pp. 139-151. [Consulta: 13 mayo 2022]. ISSN: 0027-5514. Disponible en:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3852/10-078?journalCode=umyc20>.

CLÍNICA UNIVERSITARIA DE NAVARRA. *Sideróforo* [en línea]. Navarra-España: Clínica Universitaria de Navarra, 2017. [Consulta: 02 agosto 2022]. Disponible en:
<https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/sideroforo>.

CONTRERAS, H.; et al. “Mitogen-activated protein kinase 6 and ethylene and auxin signaling pathways are involved in Arabidopsis root-system architecture alterations by *Trichoderma atroviride*”. *Molecular Plant-Microbe Interactions* [en línea], 2015, (México) 28(6), pp. 701-710. [Consulta: 17 julio 2022]. ISSN: 0894-0282. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/epdf/10.1094/MPMI-01-15-0005-R>.

DAGUERRE, Y.; et al. “Fungal proteins and genes associated with biocontrol mechanisms of soil-borne pathogens: a review”. *Fungal biology reviews* [en línea], 2014, (Francia) 28(4), pp. 97-125. [Consulta: 07 mayo 2022]. ISSN: 17494613. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S174946131400030X>.

DE OLIVEIRA, J.; et al. “Promotion of seedling growth and production of wheat by using *Trichoderma* spp.”. *Journal of Agricultural Science* [en línea], 2018, (Brasil) 10(8), pp. 267-276. [Consulta: 15 junio 2022]. ISSN: 1916-9752. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/dbd1/72552676153900d8cf11f77310abe087384e.pdf>.

DINIZ, K.; et al. “Incorporação de microrganismos, aminoácidos, micronutrientes e reguladores de crescimento em sementes de alface pela técnica de peliculização”. *Revista Brasileira de Sementes* [en línea], 2006, (Brasil) 28(3), pp. 37-43. [Consulta: 29 julio 2022]. ISSN: 1806-9975. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/G7bHgNcGctsYFsLnB5zvT5N/?format=pdf&lang=pt>.

DRUZHININA, I.; et al. “The first 100 *Trichoderma* species characterized by molecular data”. *Mycoscience* [en línea], 2006, (Austria) 47(2), pp. 55-64. [Consulta: 14 mayo 2022]. ISSN: 1618-2545. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Irina-Druzhinina/publication/225545327_The_first_100_Trichoderma_species_characterized_by_molecular_data/links/02bfe50cf398c2f10d000000/The-first-100-Trichoderma-species-characterized-by-molecular-data.pdf.

EL_KOMY, M.; et al. “Characterization of novel *Trichoderma asperellum* isolates to select effective biocontrol agents against tomato Fusarium wilt”. *The Plant Pathology Journal* [en línea], 2015, (Arabia Saudita) 31(1), pp. 50-60. [Consulta: 16 agosto 2022]. ISSN: 2093-9280. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4356605/pdf/ppj-31-50.pdf>.

FILIZ, O.; et al. “The role of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and phosphorus fertilization in improving phenology and physiology of bean (*Phaseolus vulgaris* L.)”. *Applied Ecology and Environmental Research* [en línea], 2021, (Turquía) 19(3), pp. 2507-2517.

[Consulta: 27 mayo 2022]. ISSN: 1589-1623. Disponible en: https://www.aloki.hu/pdf/1903_25072517.pdf.

FU, S.; et al. “Indole-3-acetic acid: A widespread physiological code in interactions of fungi with other organisms”. *Plant signaling & behavior* [en línea], 2015, (Taiwán) 10(8), pp. 1-9. [Consulta: 28 julio 2022]. ISSN: 1559-2324. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4623019/pdf/kpsb-10-08-1048052.pdf>.

GAJERA, H.; et al. “Molecular mechanism of *Trichoderma* as bio-control agents against phytopathogen system—a review”. *Curr. Res. Microbiol. Biotechnol* [en línea], 2013, (India) 1(4), pp. 133-142. [Consulta: 22 junio 2022]. ISSN: 2320-2246. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Harsukh-Gajera/publication/267571641_Molecular_mechanism_of_Trichoderma_as_bio-control_agents_against_phytopathogen_system_-_a_review/links/545331400cf2bccc49095b31/Molecular-mechanism-of-Trichoderma-as-bio-control-agents-against-phytopathogen-system-a-review.pdf.

GARNICA, A. “The volatile 6-pentyl-2H-pyran-2-one from *Trichoderma atroviride* regulates *Arabidopsis thaliana* root morphogenesis via auxin signaling and ETHYLENE INSENSITIVE 2 functioning”. *New Phytologist* [en línea], 2016, (México) 209(4), pp. 1496-1512. [Consulta: 17 junio 2022]. ISSN: 1469-8137. Disponible en: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/nph.13725>.

GONZÁLEZ, D. *Los polifacéticos hongos anamorfos* [en línea]. Veracruz-México: Instituto de Ecología, A.C., 2016. [Consulta: 07 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1144-los-polifaceticos-hongos-anamorfos>.

GÓRAL, I. “Distribution of radioactive products of photosynthesis in Scots pine (*Pinus sihestris* L.) seedlings during the first vegetation season”. *Laboratory of Physico-Chemical Analyses* [en línea], 1973, (Polonia) 42(4), pp. 542-553. [Consulta: 25 abril 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/241988128_Distribution_of_radioactive_products_of_photosynthesis_in_Scots_pine_Pinus_sihestris_L_seedlings_during_the_first_vegetation_season/fulltext/57c5ec4908ae6db2cc76a7b2/Distribution-of-radioactive-products-o.

GUZMÁN, P.; et al. “*Trichoderma* species: versatile plant symbionts”. *Phytopathology* [en línea], 2019, (México) 109(1), pp. 6-16. [Consulta: 06 mayo marzo 2022]. ISSN: 0031-949X. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/epdf/10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW>.

HALIFU, S. “Effects of two *Trichoderma* strains on plant growth, rhizosphere soil nutrients, and fungal community of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* annual seedlings”. *Forests* [en línea], 2019, (China) 10(9), pp. 1-17. [Consulta: 26 abril 2022]. ISSN: 1999-4907. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1999-4907/10/9/758/pdf?version=1567425578>.

HAQUE, M.; et al. “*Trichoderma*-enriched biofertilizer: a prospective substitute of inorganic fertilizer for mustard (*Brassica campestris*) production”. *The Agriculturists* [en línea], 2010, (Bangladesh) 8(2), pp. 66-73. [Consulta: 10 agosto 2022]. ISSN: 1729-5211. Disponible en: <https://www.banglajol.info/index.php/AGRIC/article/view/7579/5718>.

HARMAN, G. “Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp.”. *Phytopathology* [en línea], 2006, (Ginebra) 96(2), pp. 190-194. [Consulta: 15 julio 2022]. ISSN: 0031-949X. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/epdf/10.1094/PHYTO-96-0190>.

HARMAN, G.; et al. “*Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts”. *Nature reviews microbiology* [en línea], 2004, (Estados Unidos) 2(1), pp. 43-56. [Consulta: 28 abril 2022]. ISSN: 1740-1534. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nrmicro797>.

HASHEM, N.; et al. “Agro-livestock farming system sustainability during the COVID-19 era: A cross-sectional study on the role of information and communication technologies”. *Sustainability* [en línea], 2021, (Egipto) 13(12), pp. 1-24. [Consulta: 21 junio 2022]. ISSN: 2071-1050. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/12/6521/pdf?version=1623153913>.

HOWELL, C. “Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts”. *Plant disease* [en línea], 2003, (Estados Unidos) 87(1), pp. 4-10. [Consulta: 27 mayo 2022]. ISSN: 0191-2917. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2003.87.1.4>.

ISLAM, S.; et al. “Chilli rhizosphere fungus *Aspergillus* spp. PPA1 promotes vegetative growth of cucumber (*Cucumis sativus*) plants upon root colonisation”. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* [en línea], 2014, (Bangladesh) 47(10), pp. 1231-1238. [Consulta: 28 mayo 2022]. ISSN: 03235408. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03235408.2013.837633>.

ISMAIL, I.; et al. “Gibberellin and indole acetic acid production capacity of endophytic fungi isolated from *Zea mays* L.”. *International Journal of Biosciences* [en línea], 2016, (Pakistán) 8(3), pp. 35-43. [Consulta: 27 abril 2022]. ISSN: 2222-5234. Disponible en: <https://www.yumpu.com/en/document/read/61531079/gibberellin-and-indole-acetic-acid-production-capacity-of-endophytic-fungi-isolated-from-zea-mays-l>.

KHAN, R.; et al. “Bioactive secondary metabolites from *Trichoderma* spp. against phytopathogenic fungi”. *Microorganisms* [en línea], 2020, (China) 8(6), pp. 1-22. [Consulta: 27 mayo 2022]. ISSN: 20762607. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/6/817/pdf?version=1592223299>.

KUMAR, A.; et al. “Does a plant growth-promoting rhizobacteria enhance agricultural sustainability”. *Journal of Pure and Applied Microbiology* [en línea], 2015, (India) 9(1), pp. 715-724. [Consulta: 13 junio 2022]. ISSN: 09737510. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Vijay-Meena-2/publication/274378913_Dose_a_plant_growth_promoting_rhizobacteria_enhance_agricultura_l_sustainability/links/55220cb40cf2f9c130529b32/Dose-a-plant-growth-promoting-rhizobacteria-enhance-agricultural-sustainability.pdf.

LATHAM, M. *Nutrición humana en el mundo en desarrollo* [en línea]. Roma-Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2002. [Consulta: 2 agosto 2022]. ISBN: 92-5-303818-7. Disponible en: <https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0s.htm>.

LÓPEZ, J.; et al. “*Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus”. *Scientia horticultrae* [en línea], 2015, (México) 196(1), pp. 109-123. [Consulta: 27 abril 2022]. ISSN: 0304-4238. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442381530162X>.

MACHADO, D.; et al. “*Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente”. *Revista de Ciências Agrárias* [en línea], 2012, (Brasil) 35(1), pp. 274-288. [Consulta: 28 mayo 2022]. ISSN: 0871-018 X. Disponible en: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/download/16182/13127/53089>.

MARTIN, J. “Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi”. *Soil science* [en línea], 1950, (Estados Unidos) 69(3), pp. 215-232. [Consulta: 25 abril 2022]. ISSN: 0038-075X. Disponible en:

https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1950/03000/USE_OF_ACID,_ROSE_BENGAL,_AND_STREPTOMYCIN_IN_THE.6.aspx.

MARTINEZ, A.; et al. “Belowground defence strategies in plants: the plant–*Trichoderma* dialogue”. Signaling and communication in plants [en línea], 2016, (Alemania) 1(1), pp. 301-327. [Consulta: 28 abril 2022]. ISSN: 1867-9048. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-42319-7_13.

MARTÍNEZ, A.; et al. “Shifting from priming of salicylic acid-to jasmonic acid-regulated defences by *Trichoderma* protects tomato against the root knot nematode *Meloidogyne incognita*”. New phytologist [en línea], 2017, (Países Bajos) 213(3), pp. 1363-1377. [Consulta: 22 junio 2022]. ISSN: 1469-8137. Disponible en: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/nph.14251>.

MAZZEI, P.; et al. “Metabolomics by proton high-resolution magic-angle-spinning nuclear magnetic resonance of tomato plants treated with two secondary metabolites isolated from *Trichoderma*”. Journal of agricultural and food chemistry [en línea], 2016, (Italia) 64(18), pp. 3538-3545. [Consulta: 28 julio 2022]. ISSN: 1520-5118. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.6b00801>.

MONTE, E. “Understanding *Trichoderma*: between biotechnology and microbial ecology”. International Microbiology [en línea], 2001, (España) 4(1), pp. 1-4. [Consulta: 18 mayo 2022]. ISSN: 1139-6709. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Enrique-Monte-2/publication/11586659_Understanding_Trichoderma_Between_biotechnology_and_microbial_ecology/links/5f931d03299bf1b53e3df5e2/Understanding-Trichoderma-Between-biotechnology-and-microbial-ecology.pdf.

MONTERO, M.; et al. “Functional analysis of the *Trichoderma harzianum* nox1 gene, encoding an NADPH oxidase, relates production of reactive oxygen species to specific biocontrol activity against *Pythium ultimum*”. Applied and environmental microbiology [en línea], 2011, (España) 77(9), pp. 3009-3016. [Consulta: 27 mayo 2022]. ISSN: 0099-2240. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3126390/pdf/zam3009.pdf>.

MORÁN, F. Efectividad del fraccionamiento de la dosis comercial 3× 10¹¹ UFC/ha de Trichozam® (*Trichoderma harzianum*) en el crecimiento de las plántulas de siete cultivos hortícolas (Proyecto especial) (Ingeniería) [en línea]. Zamorano, Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Tegucigalpa-Honduras. 2007, p. 7. [Consulta: 21 julio 2022]. Disponible en:

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0b31e681-11d3-452d-a6e4-772e3670546b/content>.

MURALI, M.; et al. “Bioprospecting of rhizosphere-resident fungi: their role and importance in sustainable agriculture”. *Journal of Fungi* [en línea], 2021, (India) 7(4), pp. 1-26. [Consulta: 25 mayo 2022]. ISSN: 2309-608X. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2309-608X/7/4/314/pdf?version=1618744408>.

NAPITUPULU, T.; et al. “Evaluation of the Environmental Factors Modulating Indole-3-acetic Acid (IAA) Production by *Trichoderma harzianum* InaCC F88”. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [en línea], 2019, (Indonesia) 1(1), pp. 1-12. [Consulta: 26 abril 2022]. ISSN: 1755-1315. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/308/1/012060/pdf>.

PEÑA, R.; & PÁEZ, J. *Guía para la identificación de algunas estructuras comunes en hongos fitopatógenos* [en línea]. Tunja-Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2014, p. 5. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <https://virtual.uptc.edu.co/ova/fito/archivo/guia6.pdf>.

PEREA, M. *Cultivo de Tejidos Vegetales In Vitro* [en línea]. Bogotá D.C.-Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2009, p. 16. [Consulta: 28 julio 2022]. ISBN: 958-701-372-7. Disponible en: http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas_Libros/Biologia/Cultivo_de_Tejidos_Vegetales_In_Vitro/Cultivo_de_Tejidos_Vegetales_In_Vitro.pdf?fbclid=IwAR2xLhdtU-7yKztpAvuWQjdZYh-ItzpcYT6PnzpAErkw__ZozfqclxwYy-Y.

PERSOON, C. “Neuer Versuch einer systematischen Eintheilung der Schwämme”. *Neues Magazin für die Botanik* [en línea], 1794, (Alemania) 1(1), pp. 63-128. [Consulta: 10 junio 2022]. Disponible en: <https://www.e-rara.ch/zut/content/pageview/11476405>.

PEZO, C. Adaptación de cultivares híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la Estación Experimental El Porvenir, distrito de Juan Guerra, departamento de San Martín (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía. Tarapoto-Perú. 2022, p. 45. [Consulta: 4 agosto 2022]. Disponible en:

<https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/4308/Tesis%20Agronom%c3%ada.%20Carlos%20Alberto%20Pezo%20S%c3%a1nchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RENUKA, N.; et al. “Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges”. *Biotechnology advances* [en línea], 2018, (Sudáfrica) 36(4), pp. 1255-1273. [Consulta: 28 mayo 2022]. ISSN: 0734-9750. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975018300764>.

REYES, I.; et al. “Selección y evaluación de rizobacterias promotoras del crecimiento en pimentón y maíz”. *Bioagro* [en línea], 2008, (Venezuela) 20(1), pp. 37-48. [Consulta: 26 abril 2022]. ISSN: 1316-3361. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612008000100005.

RIFAI, M. *A revision of the genus Trichoderma*. Gapura Tengah-Indonesia: Mycological papers, 1969. ISBN: 0851990002, p. 2.

SAMOLSKI, I.; et al. “The qid74 gene from *Trichoderma harzianum* has a role in root architecture and plant biofertilization”. *Microbiology* [en línea], 2012, (España) 158(1), pp. 129-138. [Consulta: 03 abril 2022]. Disponible en: https://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/micro/158/1/129_mic053140.pdf?expires=1663115721&id=id&accname=guest&checksum=022B07CC60509B203C9D81E1BD0C9D5D.

SAMUELS, G. “*Trichoderma*: a review of biology and systematics of the genus”. *Mycological research* [en línea], 1996, (Estados Unidos) 100(8), pp. 923-935. [Consulta: 18 julio 2022]. ISSN: 1469-8102. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0953756296800438>.

SARROCCO, S.; et al. “Competition for cellulose exploitation between *Rhizoctonia solani* and two *Trichoderma* isolates in the decomposition of wheat Straw”. *Journal of Plant Pathology* [en línea], 2009, (Italia) 91(2), pp. 331-338. [Consulta: 03 junio 2022]. Disponible en: <http://www.sipav.org/main/jpp/index.php/jpp/article/download/962/748>.

SCHUSTER, A.; & SCHMOLL, M. “Biology and biotechnology of *Trichoderma*”. *Applied microbiology and biotechnology* [en línea], 2010, (Austria) 87(3), pp. 787-799. [Consulta: 27 mayo 2022]. ISSN: 1432-0614. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00253-010-2632-1.pdf>.

SHARMA, P.; et al. “Status of *Trichoderma* research in India: A review”. *Indian Phytopathology* [en línea], 2014, (India) 67(1), pp. 1-19. [Consulta: 25 marzo 2022]. ISSN: 0367973X. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Raja-Manokaran/publication/309635102_Status_of_Trichoderma_research_in_India_A_review/links/581afaed08ae30a2c01dceb8/Status-of-Trichoderma-research-in-India-A-review.pdf.

SOUZA, R.; et al. “Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils”. *Genetics and molecular biology* [en línea], 2015, (Brasil) 38(4), pp. 401-419. [Consulta: 17 abril 2022]. ISSN: 1678-4685. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/gmb/a/qdJ8jSMKJjbszhVDncqpxpp/?format=pdf&lang=en>.

SYMBORG. *¿Qué es la rizosfera?* [en línea]. Murcia-España: Symborg, 2019. [Consulta: 02 agosto 2022]. Disponible en: <https://symborg.com/es/proteccion-suelos/rizosfera/>.

WAGHUNDE, R.; et al. “*Trichoderma*: A significant fungus for agriculture and environment”. *African journal of agricultural research* [en línea], 2016, (India) 11(22), pp. 1952-1965. [Consulta: 16 junio 2022]. ISSN: 1991-637X. Disponible en: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/01E890258810>.

WOO, S.; et al. “The molecular biology of the interactions between *Trichoderma* spp., phytopathogenic fungi, and plants”. *Phytopathology* [en línea], 2006, (Italia) 96(2), pp. 181-185. [Consulta: 18 julio 2022]. ISSN: 1439-0434. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/epdf/10.1094/PHYTO-96-0181>.

YÉPEZ, C. Evaluación del *Trichoderma* spp., como acondicionador de suelos cultivado con maíz (*Zea mays* L.), en la zona de Pueblo Viejo (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agronómica. Babahoyo-Ecuador. 2018, p. 47. [Consulta: 05 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5036/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000119.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

YOSHIOKA, Y.; et al. “Systemic resistance induced in *Arabidopsis thaliana* by *Trichoderma asperellum* SKT-1, a microbial pesticide of seedborne diseases of rice”. *Pest management science* [en línea], 2012, (Japón) 68(1), pp. 60-66. [Consulta: 27 abril 2022]. ISSN: 1526-4998. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ps.2220>.

ZIN, N.; & BADALUDDIN, N. “Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications”. *Annals of Agricultural Sciences* [en línea], 2020, (Malasia) 65(2), pp. 168-178.
[Consulta: 25 abril 2022]. ISSN: 0570-1783.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178320300415>.

ANEXOS

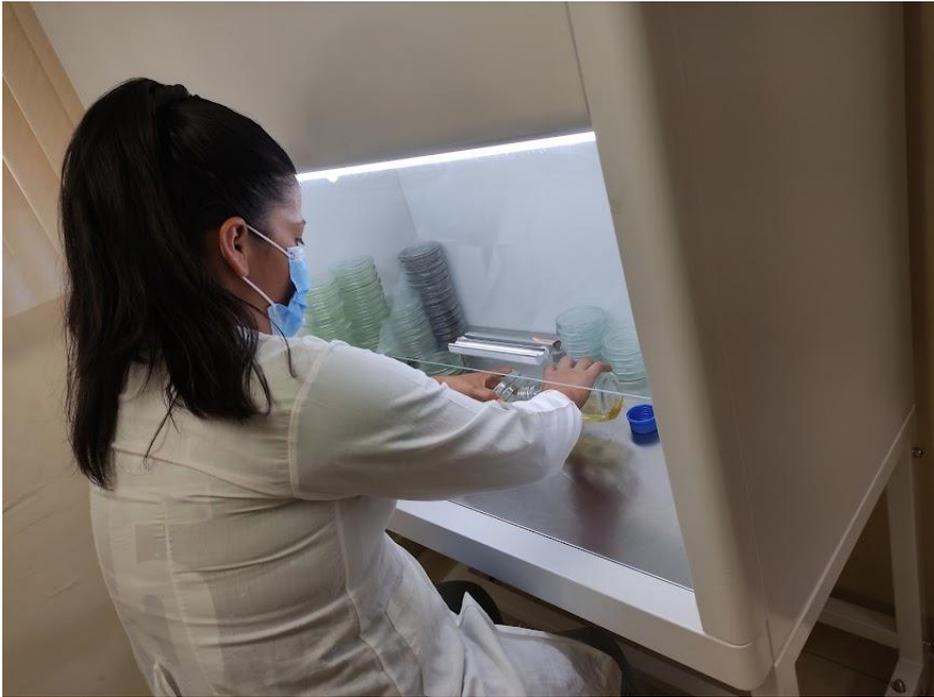
ANEXO A: ELABORACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVOS



ANEXO B: ENVASADO DE MEDIOS DE CULTIVO EN MATRACES PARA SU ESTERILIZACIÓN



ANEXO C: DISPENSADO DE MEDIO DE CULTIVO EN CAJAS PETRI



ANEXO D: REACTIVACIÓN DE CEPAS DE *Trichoderma* CONSERVADAS EN EL LABORATORIO DE PROTECCIÓN VEGETAL



ANEXO E: SCREENING DE SELECCIÓN DE LAS MEJORES CEPAS DE *Trichoderma* CON PROPIEDADES ESTIMULADORAS DE RAÍZ Y ALTURA



ANEXO F: LLENADO DE BOLSAS CON SUELO ESTERILIZADO



ANEXO G: SIEMBRA DEL EXPERIMENTO



ANEXO H: APLICACIÓN DE MICROORGANISMO *Trichoderma* A CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS



ANEXO I: EVALUACIÓN DE CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS



ANEXO J: EVALUACIÓN DE ALTURA DE LA PLANTA



ANEXO K: DIFERENCIA EN NIVEL DE CRECIMIENTO RADICULAR DE CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS



ANEXO L: DIFERENCIA DE NIVEL DE CRECIMIENTO RADICULAR EN LOS TRATAMIENTOS





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 01 / 02 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Nelly Moraima Remache Sánchez
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniera Agrónoma
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.

Leonardo Medina
07-02-2023



2463-DBRA-UTP-2022