



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC
FACULTAD DE INGENIERIAS, ARQUITECTURA Y CIENCIAS DE
LA NATURALEZA

CARRERA DE AGRONOMÍA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

GESTIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS AGRÍCOLAS

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**Eficacia de *Trichoderma* sp. como estimulador radical en la fase
vegetativa del cultivo de maíz en Ecuador**

AUTOR

MARLON RODRIGUEZ

SAMBORONDÓN – ECUADOR

AÑO 2024



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC
FACULTAD DE INGENIERIAS, ARQUITECTURA Y
CIENCIAS DE LA NATURALEZA

CARRERA DE AGRONOMÍA

**Eficacia de *Trichoderma* sp. como estimulador radical en la fase
vegetativa del cultivo de maíz en Ecuador**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de

INGENIERO AGRÓNOMO/A

AUTOR

Marlon Jair Rodríguez Pérez

TUTOR

DR. CÉSAR ALCÁCER SANTOS

GUAYAQUIL – ECUADOR

2024

ANEXO No. 10

**PROCESO DE TITULACIÓN
CERTIFICADO DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Habiendo sido revisado el trabajo de titulación TITULADO: **Eficacia de Trichoderma sp. como estimulador radical en la fase vegetativa del cultivo de maíz en condiciones controladas** elaborado por **MARLON JAIR RODRIGUEZ PEREZ** fue remitido al sistema de coincidencias en todo su contenido el mismo que presentó un porcentaje del **6%**, mismo que cumple con el valor aceptado para su presentación que es inferior o igual al 10% sobre el total de hojas del documento. Adicional se adjunta captura de pantalla de dicho resultado.



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

RODRÍGUEZ PÉREZ MARLON JAIR
_TFC_19DIC2024

6%
Textos sospechosos

6% Similitudes
0% similitudes entre comillas
2% entre las fuentes mencionadas
0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: RODRÍGUEZ PÉREZ MARLON JAIR _TFC_19DIC2024.pdf ID del documento: 1c108fd7b58b746375d0d68e47d596ab1a2b596a Tamaño del documento original: 2,84 MB Autores: []	Depositante: CESAR ALCACER SANTOS Fecha de depósito: 17/12/2024 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 17/12/2024	Número de palabras: 14.348 Número de caracteres: 106.442
--	--	---

ATENTAMENTE,



Firmado electrónicamente por:
**CESAR ALCACER
SANTOS**

César Alcácer Santos, Ph.D.

18 de diciembre de 2024

ANEXO No. 12

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR PARA LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CON INCORPORACIÓN DE LAS OBSERVACIONES DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Samborondón, 18 de diciembre de 2024

Magíster

Érika Ascencio Jordán

Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza

Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: **Eficacia de Trichoderma sp. como estimulador radical en la fase vegetativa del cultivo de maíz en condiciones controladas**; fue revisado y se deja constancia que el estudiante acogió e incorporó todas las observaciones realizadas por los miembros del tribunal de sustentación por lo que se autoriza a: **RODRIGUEZ PEREZ MARLON JAIR**, para que proceda a la presentación del trabajo de titulación para la revisión de los miembros del tribunal de sustentación y posterior sustentación.

ATENTAMENTE,



Firmado electrónicamente por:
**CESAR ALCACER
SANTOS**

PhD. César Alcácer Santos

Tutor

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitir haber llegado hasta este momento de mi formación profesional.

A mis padres, Ramon Rodríguez Hidalgo y Mariana De Jesús Pérez Sarango porque ellos son la motivación de mi vida mi orgullo de ser lo que seré.

A mis hermanos que de una u otra forma me dieron la mano.

Es para mí un gran orgullo poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo y trabajo he podido lograr esta meta.

Agradecimiento

Con estima y reconocimiento, extiende mi sincera gratitud a mi tutor de tesis Doctor César Alcácer. Por su dedicación y sobre todo paciencia y su inestimable guía han sido fundamental en la dirección y enriquecimiento de esta investigación.

Expreso mi agradecimiento a los docentes Roberto Aguilera, Magaly Peñafiel, Alex Delgado.

Resumen

El presente estudio analizó el efecto de *Trichoderma* sp. como bioestimulador durante la fase vegetativa del cultivo de maíz (*Zea mays*) en Ecuador, enfocándose en mitigar problemas como la degradación del suelo y el uso intensivo de fertilizantes sintéticos. La investigación se desarrolló en condiciones de invernadero, empleando dos híbridos de maíz (DK-70 y DK-78) y aplicando 8×10^7 esporas de *Trichoderma* sp por planta/tratamiento, dividido en dos intervalos, es decir al cuarto día y octavo después de la emergencia de la planta. Las variables evaluadas incluyeron altura de planta, diámetro del tallo, y peso y longitud de las raíces. Los resultados indicaron que *Trichoderma* sp. no generó diferencias significativas en las variables estudiadas. Sin embargo, El híbrido DK-78 presentó diferencias aritméticas en la masa y longitud de raíces respecto al DK-70. De igual manera, no se observaron cambios relevantes en altura, diámetro del tallo o biomasa fresca del cultivo debido a la aplicación del hongo. Por ende, las cepas de *Trichoderma* evaluadas en esta investigación no demostraron una capacidad significativa como bioestimuladores bajo las condiciones analizadas.

Palabras claves: Cereal, biocontrolador, biofertilizante, sistema radical.

Abstract

The present study analyzed the effect of *Trichoderma* sp. as a biostimulant during the vegetative phase of maize (*Zea mays*) cultivation in Ecuador, focusing on mitigating issues such as soil degradation and the intensive use of synthetic fertilizers. The research was conducted under greenhouse conditions, utilizing two maize hybrids (DK-70 and DK-78) and applying 8×10^7 spores of *Trichoderma* sp. per plant/treatment, divided into two intervals, specifically on the fourth and eighth days after plant emergence. The evaluated variables included plant height, stem diameter, and root weight and length. The results indicated that *Trichoderma* sp. did not produce significant differences in the variables studied. However, the DK-78 hybrid showed arithmetic differences in root mass and length compared to DK-70. Similarly, no relevant changes were observed in plant height, stem diameter, or fresh biomass as a result of fungal application. Therefore, the *Trichoderma* strains evaluated in this study did not demonstrate significant biostimulant capacity under the analyzed conditions.

Keywords: Cereal, biocontrol agent, biofertilizer, root system.

Tabla de Contenidos

Resumen	v
Abstract.....	vi
Lista de tablas	xii
Índice de figuras	xiii
1.1 Contexto general del estudio	1
1.2. Importación local	1
1.3. Identificación del problema.....	2
1.5 Problema científico.....	3
1.6 Pregunta científica.....	4
1.7 Justificación	4
1.8. Limitaciones del trabajo	6
1.8.1 <i>Factores biológicos y ambientales</i>	6
1.8.2 <i>Factores metodológicos</i>	6
1.8.3 <i>Factores económicos y logísticos</i>	7
1.8.4 <i>Factores sociales y culturales</i>	7
1.9 Objetivos	7
1.9.1 <i>Objetivo general</i>	7
1.9.2. <i>Objetivos específicos</i>	8
1.10 Hipótesis.....	8
2. Marco teórico	9

2.1. Marco teórico fundamental.....	9
2.1.1 <i>Taxonomía</i>	9
2.1.2. Morfología	10
2.1.2.1 Etapa vegetativa	10
2.5.2 Etapa reproductiva	11
2.1.3 <i>Manejo agronómico</i>	12
2.1.3.1 <i>Agua</i>	12
2.1.3.2 <i>Clima</i>	13
2.1.4 Suelo	14
2.1.5 <i>Preparación del terreno</i>	14
2.1.6 Siembra	14
2.1.7 Fertilización	15
2.1.7.1 <i>Urea</i>	15
2.1.7.2 <i>Sulfato de amonio</i>	15
2.1.7.3 Malezas	16
2.1.8 Plagas	16
2.1.9 Enfermedades.	16
2.2 Marco teórico conceptual	17
2.2.1 <i>Trichoderma</i> spp.	17
2.2.2 Clasificación taxonómica de <i>Trichoderma</i> spp.....	17

2.2.3. Morfología.....	18
2.2.3.1 <i>Características macroscópicas</i>	18
2.2.3.2 <i>Características microscópicas</i>	18
2.3 Marco teórico situacional	18
2.3.1 Producción mundial y regional.....	18
2.3.2 <i>Producción Local</i>	20
2.4. Marco teórico contextual.....	20
2.4.1 <i>Bioestimulantes</i>	20
2.4.2 <i>Trichoderma como bioestimulante</i>	21
2.4.3 <i>Promotor de crecimiento vegetal Trichoderma spp.</i>	24
2.5 Estado del arte.....	24
3. Materiales y Métodos	28
3.1 Factores de estudio	28
3.2 Variables evaluadas.....	28
3.2.1 <i>Variable dependiente</i>	28
3.2.2. <i>Variable independiente</i>	28
3.3 Diseño experimental.....	29
3.4 Análisis estadístico.....	29
3.5 Tratamientos	29
3.6 Manejo del ensayo	29
3.7 Evaluación de cepas de <i>Trichoderma</i>	30

3.8 Tratamientos	30
3.9 Obtención del inóculo	31
3.9 Siembra	31
3.9.1 Inoculación de plantas	31
3.9.2 Manejo de plantas en el invernadero.....	31
3.10 Datos a evaluar	31
3.10.1 Altura de planta.....	31
3.10.2 Diámetro de la planta.....	31
3.10.3 Longitud de raíces	32
3.10.4 Peso fresco de raíces	32
3.10.5 Peso fresco de tallo	32
4. Resultados.....	33
4.1. Estudiar el efecto del hongo <i>Trichoderma</i> sp. en las características morfo- agronómicas del cultivo de maíz en la fase de desarrollo.....	33
4.2 Evaluar la estimulación masa radical de la aplicación de <i>Trichoderma</i> sp. en dos híbridos de maíz	35
4.3 Incrementar la producción de raíces en la etapa de desarrollo del del cultivo en condiciones de invernadero.....	35
En la Tabla 9. Se muestra la variabilidad de la longitud de raíces entre los genotipos evaluados según la prueba de Tukey al 95 %	36
5. Discusión	37

6. Conclusión.....	40
7. Recomendación.....	41
Bibliografía	42
Anexos.....	53
Tabla de datos	53
Figura 1. Ensayo de maíz.....	55
Figura 2. Cosecha de ensayo para toma de variables	56
Figura 3. Muestreo de ensayo.....	57
Figura 4. Limpieza de raíces.....	58
Figura 5. Toma de datos.....	59
Figura 6. Media de la longitud de raíces.....	60
Figura 7. Peso de raíces	60

Lista de tablas

Tabla 1. Descripción de los tratamientos.....	30
Tabla 2. Análisis de varianza de la altura de planta.....	33
Tabla 3. Análisis de varianza de longitud de tallo de planta.....	33
Tabla 4. Análisis de varianza de peso de hoja	34
Tabla 5. Análisis de varianza del peso del tallo por tratamiento.....	34
Tabla 6. Análisis de varianza de la masa radical	35
Tabla 7. Análisis de varianza de la masa radical	35
Tabla 8. Análisis de varianza de la longitud de raíces.....	36
Tabla 9. Prueba de rango múltiples de la longitud de raíces	36

Índice de figuras

Figura 1. Ensayo de maíz	55
Figura 2. Cosecha de ensayo para toma de variables	56
Figura 3. Muestreo de ensayo.....	57
Figura 4. Limpieza de raíces	58
Figura 5. Toma de datos	59
Figura 6. Media de la longitud de raíces	60
Figura 7. Peso de raíces	60

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

1.1 Contexto general del estudio

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es fundamental para la seguridad alimentaria y la economía agrícola de Ecuador. Con el aumento de la demanda de prácticas agrícolas sostenibles y el incremento de los costos de fertilizantes químicos, es imperativo explorar alternativas que optimicen la productividad de los cultivos de maíz. Una de estas alternativas es el uso de *Trichoderma* sp., un hongo benéfico que ha mostrado potencial como bioestimulador de raíces, mejorando el crecimiento y desarrollo de las plantas en diversas condiciones ambientales (Woo et al., 2023).

1.2. Importación local

En Ecuador, las prácticas agrícolas enfrentan retos como la degradación del suelo, el cambio climático y la necesidad de incrementar la productividad de manera sostenible. *Trichoderma* sp. ofrece una solución potencial a estos problemas, debido a su capacidad de promover el crecimiento de las raíces, suprimir patógenos del suelo y mejorar la disponibilidad de nutrientes (Hernández-Melchor et al., 2019).

Estudios han demostrado que *Trichoderma* sp. puede aumentar significativamente la biomasa radicular y la absorción de nutrientes en cultivos como el maíz, lo que se traduce en plantas más fuertes y productivas (Singh et al., 2021).

En la región Sierra sur, la expansión de la agricultura está en aumento, lo que conlleva al uso creciente de productos agroquímicos, este incremento podría tener efectos negativos sobre el delicado ecosistema, especialmente considerando la contaminación existente. Por lo tanto, es crucial desarrollar y adoptar nuevas tecnologías que sean amigables con el medio ambiente y que no perturben los ecosistemas. Los microorganismos como el hongo *Trichoderma* ha demostrado tener un impacto positivo en la salud del suelo (Kumar et al., 2012). El uso de este

hongo se lo ha reportado que reduce la cantidad de fertilizantes, disminuye la necesidad de pesticidas en los cultivos y mejora el rendimiento (Abdullah et al., 2021).

Trichoderma, que pertenece a la familia Hypocreaceae y comprende más de 100 especies (Chenthamara et al., 2021), ha demostrado que solo unas pocas de estas especies son efectivas como agentes de control biológico (Saldaña-Mendoza et al., 2023).

Estas especies se utilizan en la producción agrícola principalmente para controlar hongos patógenos (Katiar, 2021). Las interacciones de *Trichoderma* spp. incluyen micoparasitismo, competencia y antibiosis (Mukherjee et al., 2021).

Por otro lado, se usa extensamente como biofertilizante en casi todos los cultivos, con o sin enmiendas. En la provincia de Loja, hay una creciente necesidad de adoptar tecnologías ecológicas que beneficien tanto a los agricultores como al entorno. Se busca promover el uso de microorganismos como *Trichoderma*, demostrando que es posible obtener buenos rendimientos agrícolas mientras se protege la salud del suelo y del medio ambiente.

1.3. Identificación del problema

El hongo *Trichoderma* es un microorganismo del suelo que juega un papel crucial en los sistemas agrícolas, adaptándose a una amplia variedad de regiones, desde las tropicales hasta las templadas, también se destaca por su capacidad para controlar fitopatógenos y fomentar el crecimiento de las plantas, gracias a su versatilidad en mecanismos de acción como el parasitismo, la producción de compuestos antibióticos y la competencia con otros organismos.

Trichoderma induce la resistencia en las plantas frente a enfermedades y estreses bióticos y abióticos, lo que lo convierte en una herramienta valiosa en la agricultura moderna (Sood et al., 2020).

En la rizosfera, *Trichoderma* spp. se encuentra en estrecha asociación con las raíces de las plantas, donde ejerce efectos beneficiosos a través de la producción de metabolitos que facilitan el crecimiento radicular. Esta relación simbiótica mejora la colonización y el desarrollo del sistema radicular de las plantas, promoviendo así un crecimiento más robusto y una mejor absorción de nutrientes (Singh et al., 2013; Asghar et al., 2024).

Los microorganismos como el género *Trichoderma* se ha consolidado como herramientas fundamentales para la agricultura, dado que las interacciones en la rizosfera entre las plantas y estos microorganismos son esenciales para mantener la salud vegetal, la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos (Dutta et al., 2023).

Estas interacciones se producen cuando *Trichoderma* establece una comunicación química con las plantas, lo que resulta en la producción de metabolitos bioactivos. Estos metabolitos actúan como bioestimulantes que fomentan el crecimiento de las raíces, mejoran la absorción de nutrientes y contribuyen a una mayor productividad. Además, proporcionan protección adicional al sistema radicular contra patógenos del suelo, fortaleciendo así la resistencia general de las plantas (Shahnaz et al., 2022).

1.5 Problema científico

El cultivo de maíz en Ecuador enfrenta desafíos significativos que afectan su productividad y sostenibilidad. Entre estos desafíos se encuentran la degradación del suelo, la baja fertilidad y el uso intensivo de fertilizantes químicos, que pueden tener efectos negativos a largo plazo en la salud del suelo y el medio ambiente (Al-Ghamdi et al, 2021). La necesidad existente es encontrar métodos que mejoren la eficiencia de la producción de maíz, optimizando el uso de recursos y promoviendo prácticas agrícolas sostenibles.

Para alcanzar una situación óptima en la producción de maíz, es esencial mejorar la salud del suelo, incrementar la eficiencia en la absorción de nutrientes y reducir la dependencia de

insumos químicos. Actualmente, falta una adopción generalizada de prácticas agrícolas que integren el uso de bioestimuladores y microorganismos beneficiosos, como *Trichoderma* sp. (Prasad et al., 2023).

En la actualidad, se sabe que *Trichoderma* sp. es un hongo benéfico con capacidades probadas para mejorar el crecimiento de las plantas, promover la absorción de nutrientes y proteger contra patógenos del suelo (Guzmán-Guzmán et al., 2023). Estudios han demostrado que la aplicación de *Trichoderma* sp. puede aumentar la biomasa radicular y la eficiencia en la utilización de nutrientes en diversos cultivos, incluido el maíz (Wu et al., 2023).

1.6 Pregunta científica

¿Cuál es la eficacia de *Trichoderma* sp. como estimulador radical en la fase vegetativa del cultivo de maíz en Ecuador y cómo impacta en el crecimiento y productividad del cultivo?

¿Cómo afecta la aplicación de *Trichoderma* sp. en la fase vegetativa del maíz al desarrollo del sistema radicular en comparación con plantas no tratadas?

¿Cuál es la incidencia de enfermedades del suelo en parcelas de maíz tratadas con *Trichoderma* sp. versus parcelas de control?

1.7 Justificación

El estudio de la eficacia de *Trichoderma* sp. como estimulador radical en la fase vegetativa del cultivo de maíz contribuye al cuerpo de conocimiento existente sobre el uso de microorganismos benéficos en la agricultura.

La investigación amplía nuestra comprensión de cómo el hongo interactúa con las plantas de maíz, promoviendo el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes, así como su impacto en la reducción de enfermedades del suelo. Los resultados encontrados pueden ser utilizados para desarrollar nuevas teorías y modelos sobre la simbiosis entre hongos y plantas, así como

para identificar otros posibles beneficios en diferentes cultivos y condiciones agrícolas (Palacios et al., 2023; Dutta et al., 2021).

Desde un enfoque metodológico, este estudio contribuirá al desarrollo y perfeccionamiento de técnicas de aplicación de *Trichoderma* sp. en cultivos agrícolas. La investigación incluirá protocolos detallados para la inoculación del hongo, el monitoreo del desarrollo radicular y la evaluación de la absorción de nutrientes y la salud del suelo. Estas metodologías pueden ser adaptadas y utilizadas en futuras investigaciones y en la práctica agrícola para evaluar la eficacia de otros bioestimuladores y microorganismos benéficos (Saldaña-Mendoza et al., 2023). Además, los resultados obtenidos servirán como referencia para la implementación de ensayos experimentales en diferentes condiciones agroecológicas y en otros cultivos.

En términos prácticos, este estudio tiene el potencial de proporcionar soluciones sostenibles y económicamente viables para los agricultores ecuatorianos. La adopción de *Trichoderma* sp. como bioestimulador puede mejorar significativamente el rendimiento del cultivo de maíz, reduciendo la necesidad de insumos químicos y promoviendo prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente (Mejías, 2017; Sedamanos et al., 2022).

Esto no solo contribuirá a la sostenibilidad económica de los agricultores, sino que también ayudará a preservar la salud del suelo y la biodiversidad en las regiones agrícolas. Los resultados de este estudio pueden ser utilizados para desarrollar programas de extensión y capacitación para agricultores, promoviendo la adopción de tecnologías sostenibles y mejorando la resiliencia de la agricultura ecuatoriana frente a los desafíos del cambio climático (Salazar et al., 2012; Cortés-Hernández et al., 2023).

1.8. Limitaciones del trabajo

1.8.1 Factores biológicos y ambientales

La eficacia de *Trichoderma* sp. como estimulador radical puede estar influenciada por factores biológicos y ambientales específicos de la región donde se aplica. Por ejemplo, la variabilidad en el comportamiento de las cepas de *Trichoderma* depende en gran medida de las características del suelo, las condiciones climáticas y la variedad de maíz utilizada. Investigaciones previas han mostrado que algunas cepas pueden ser altamente específicas en su interacción con el hospedero y el entorno (Pelagio-Flores et al., 2022).

Asimismo, condiciones climáticas extremas, como sequías o lluvias excesivas, pueden afectar negativamente tanto la proliferación del microorganismo como el desarrollo del cultivo (Suman et al., 2022).

Otro factor crítico es la competencia microbiana en el suelo, ya que *Trichoderma* sp. debe competir con microorganismos nativos que podrían limitar su capacidad de colonizar raíces o liberar compuestos beneficiosos (Asad., 2022).

1.8.2 Factores metodológicos

La aplicación homogénea de *Trichoderma* sp. en un campo de maíz es uno de los principales retos metodológicos. La dispersión uniforme del inóculo es crítica para garantizar resultados consistentes, pero puede verse afectada por limitaciones tecnológicas o condiciones operativas durante la siembra (Aliloo et al, 2024).

Además, los efectos indirectos, como la influencia del microbiota del suelo o las interacciones planta-hongo, son difíciles de medir, lo que complica el análisis causal directo entre el uso del bioestimulante y los resultados observados en el cultivo (Sakthieaswari et al., 2022).

El tiempo limitado de la fase vegetativa del maíz puede dificultar la observación de los efectos del hongo sobre el desarrollo del cultivo. Estudios previos han demostrado que los efectos positivos del *Trichoderma* sp. a nivel radicular podrían manifestarse más claramente en fases posteriores del ciclo de cultivo (Schalamun et al., 2022).

1.8.3 Factores económicos y logísticos

Desde una perspectiva económica, aunque el uso de *Trichoderma* sp. puede reducir los costos asociados con fertilizantes químicos, la producción y aplicación a gran escala del producto biológico requiere inversiones iniciales significativas. En particular, se necesita infraestructura especializada para la producción, almacenamiento y transporte del bioestimulante en condiciones óptimas, especialmente en climas tropicales como los de Ecuador (Aliloo et al, 2024).

Adicionalmente, en Ecuador, puede haber acceso limitado a cepas nativas de alta calidad o formulaciones comerciales certificadas de *Trichoderma*, lo que podría restringir su disponibilidad para los agricultores (Suman et al., 2022).

1.8.4 Factores sociales y culturales

La adopción de *Trichoderma* sp. como tecnología biológica puede enfrentar resistencia de parte de los agricultores, quienes muchas veces prefieren opciones químicas por desconocimiento o desconfianza en la efectividad de los productos biológicos. Esto resalta la necesidad de programas de capacitación enfocados en el manejo adecuado de *Trichoderma* y sus beneficios para el cultivo de maíz (Mukhopadhyay, & Kumar, 2020).

1.9 Objetivos

1.9.1 Objetivo general

- Determinar el efecto bioestimulante de *Trichoderma* sp. en el sistema radical del cultivo de maíz en condiciones bajo invernadero.

1.9.2. Objetivos específicos

- Estudiar el efecto del hongo *Trichoderma* sp. en las características morfo-agronómicas del cultivo de maíz en la fase de desarrollo.
- Evaluar la estimulación masa radical de la aplicación de *Trichoderma* sp. en dos híbridos de maíz.
- Incrementar la producción de raíces en la etapa de desarrollo del del cultivo en condiciones de invernadero.

1.10 Hipótesis

La aplicación de *Trichoderma* sp. en la fase vegetativa del cultivo de maíz en Ecuador mejora el desarrollo del sistema radicular, promoviendo un mayor crecimiento de las raíces y, por lo tanto, un incremento en la capacidad de absorción de agua y nutrientes. Este efecto, a su vez, favorece el crecimiento vegetativo de las plantas y potencialmente incrementa el rendimiento del cultivo

2. Marco teórico

2.1. Marco teórico fundamental

El maíz (*Zea mays L.*) se posiciona como uno de los cultivos más relevantes a nivel global, gracias a su elevado valor en términos nutricionales, industriales y económicos. Este cereal, originario de América, constituye un pilar esencial en la dieta de numerosas regiones y demuestra una notable capacidad de adaptación a diversos entornos agroclimáticos, que abarcan desde climas tropicales hasta templados (Gali et al., 2024).

En el contexto ecuatoriano, el maíz desempeña un rol crucial tanto en la seguridad alimentaria como en la economía rural, siendo cultivado mediante sistemas tradicionales y comerciales. No obstante, desafíos como el deterioro del suelo, los bajos niveles de productividad y las prácticas agrícolas insuficientemente eficientes limitan su potencial. Estas problemáticas han impulsado la implementación de estrategias sostenibles, como el empleo de bioestimulantes microbianos, para incrementar la calidad y el rendimiento del cultivo (He et al., 2024).

2.1.1 Taxonomía

De acuerdo con la nomenclatura ofrecida por Linneo en 1737 (CIMMYT, 2019) en su libro “Genera Plantarum”, se clasifica al *Zea mays L.*, de la siguiente manera:

Reino: Vegetal (Plantae)

División: Angiospermae (Magnoliophyta)

Clase: Liliopsida

Subclase: Monocotiledóneas

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Maydeae (Andropogoneae)

Género: *Zea*

Especie: *mays*

Nombre Científico: *Zea mays* L.

2.1.2. Morfología

2.1.2.1 Etapa vegetativa

Según Toledo (2024), la etapa vegetativa en las plantas se caracteriza por diversas fases que incluyen la emergencia (VE) y el desarrollo progresivo de hojas hasta la etapa de madurez fisiológica.

VE (Emergencia) Se inicia con la aparición de la radícula y luego de las raíces adicionales, que en conjunto forman las raíces seminales. La aparición de la plántula sobre la superficie del suelo, ocurre luego de la rápida elongación del mesocótilo que empuja al coleoptilo en crecimiento.

V1 (Collar de 1era hoja) Las hojas embrionarias crecen a través del coleoptilo, y la 1era hoja verdadera (con punta redondeada) emerge y está completamente desplegada, con collar y lígula visible.

V4 (Collar de 4 ta hoja) Cuatro hojas completamente desarrolladas. El punto de crecimiento se mantiene por debajo de la superficie del suelo.

V6 (Collar de 6 ta hoja) Seis hojas completamente desarrolladas. El ápice de crecimiento está por encima de la superficie del suelo.

V12 (Collar de 12 da hoja) Doce hojas completamente desarrolladas. Se establece el número de hileras de cada mazorca.

V15 (Collar de 15 ta hoja) Quince hojas completamente desarrolladas. Finaliza o está finalizando el número potencial de granos de cada mazorca. Se está iniciando el período más determinante para el rendimiento final.

Vn (Collar de "n" hojas) "n" ésima hoja completamente desplegada, con collar y lígula visible.

VT (Antesis) Aparición de la panoja con liberación de polen. La planta llega a su altura final. Los estigmas no han emergido aún.

2.5.2 Etapa reproductiva

R1 (Silking) Se produce la emergencia de los estigmas que capturan el polen, produciéndose tanto la polinización como la fertilización. Se define el número de granos por hilera de cada mazorca, los mismos son blanco por fuera y su interior es transparente y con poco líquido presente.

R2 (Ampolla o Blister) Los granos son de color blanco y transparentes en su interior, asemejándose a una ampolla. La mazorca llegó o está alcanzando su tamaño final. Los estigmas comienzan a oscurecerse. Los granos tienen un 85% de humedad

R3 (Grano lechoso) El exterior de los granos es de color amarillo, con un interior blanco lechoso, esto debido a la acumulación de almidón. Los estigmas son marrones y se están secando. Los granos tienen alrededor de un 80% de humedad; en esta etapa puede ocurrir aborto de los mismos.

R4 (Grano pastoso) Se espesa el fluido del endosperma, con una consistencia pastosa. La mazorca es de color blanco y comienza a virar al rojo. Los granos tienen alrededor de un 70% de humedad. El estrés durante y después de esta etapa no provoca abortos de granos, pero puede reducir su peso.

R5 (Grano dentado) La mazorca es de color rojo oscuro. Los granos comienzan a secarse desde la parte superior hacia la mazorca, donde se forma una pequeña capa dura de almidón, que aparece como una línea a lo largo de la parte posterior del grano (lado sin embrión) llamada "línea de leche". Con la madurez, la capa dura de almidón avanzará hacia la mazorca. Los granos tienen alrededor de un 55 % de humedad.

R6 (Madurez Fisiológica) Todos los granos han alcanzado el máximo peso seco, con una humedad de alrededor de 30-35%. Una capa de color negro o marrón se ha formado en la parte del grano que se une a la mazorca, indicando madurez fisiológica. Factores ambientales como el estrés hídrico y/o térmico, entre otros, pueden provocar la formación prematura de la capa negra (Toledo, 2024).

2.1.3 Manejo agronómico

2.1.3.1 Agua

La falta de agua es el factor más limitante en la producción de maíz en las zonas tropicales. Cuando hay estrés hídrico o sequía durante las primeras etapas (15 a 30 días) de establecido del cultivo puede ocasionar pérdidas de plantas jóvenes, reduciendo así la densidad poblacional o estancando su crecimiento.

Sin embargo, el cultivo puede recuperarse sin afectar seriamente el rendimiento.

Cerca de la floración (desde unas dos semanas antes de la emisión de estigmas, hasta dos semanas después de ésta) el maíz es muy sensible al estrés hídrico, y el rendimiento de grano puede ser seriamente afectado si se produce sequía durante este período.

En general, el maíz necesita por lo menos de 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo. El maíz es muy sensible también al aniego o encharcamiento; es decir, a los suelos saturados y sobresaturados. Desde la siembra, hasta aproximadamente los 15-20 días, el aniego por más de 24 horas puede dañar el cultivo (especialmente si las temperaturas son altas) porque el meristemo está debajo de la superficie del suelo en esos momentos.

Más tarde, en el ciclo de cultivo, el aniego puede ser tolerado durante períodos de hasta una semana, pero se reduce considerablemente el rendimiento (Flores, 2020).

2.1.3.2 Clima

El maíz suave se cultiva entre los 2200 a 3100 msnm; En un clima templado-frío y subcálido. Requiere de una temperatura de 10 a 20 °C y de bastante luz solar para su crecimiento y desarrollo. Algo que es importante es que la temperatura óptima para la germinación de la semilla está entre los 15 a 20 °C (Guacho, 2014).

La FAO (2012), indica que el maíz requiere una temperatura que está entre 15 y 30 °C; menciona, además, que el maíz puede soportar temperaturas mínimas de 8 °C y a partir de los 30 °C pueden aparecer problemas de mala absorción de nutrientes minerales y agua. Se menciona además que la temperatura ideal para el desarrollo de la mazorca está entre los 20 a 32 °C.

El Manual de Agricultura del 2001 menciona que el maíz requiere de un porcentaje de humedad relativa que está entre 80 –90%, una pluviosidad que va desde los 700 a 1300 mm.

2.1.4 Suelo

El maíz se adapta muy bien a todos los tipos de suelo, pero en suelos de textura franca, franco-arcilloso y franco-limoso, con pH de 6,5 a 7,5 es donde se aprecia el mejor desarrollo. Requieren además suelos profundos, ricos en materia orgánica con buen drenaje (Cabrerizo, 2012), para impedir el encharque y consecuente asfixia de las raíces (Infoagro, 2012).

Según INIAP (2011), cuando se siembra en estos suelos, las semillas van a germinar con más facilidad; Las plantas serán fuertes y vigorosas y se obtienen mazorcas grandes y granos de calidad.

2.1.5 Preparación del terreno

La preparación del suelo es fundamental para el éxito del cultivo, se empezó con una labor de pases de cincel, esto con el fin de romper la compactación del suelo y enterrar los rastrojos de la cosecha anterior de acuerdo con el estado físico en que se encontraba el terreno. Además, con esta actividad se eliminaron ciertas malas hierbas perjudiciales para el cultivo o también por medio de la fumigación. En este caso se realizaron labores de arada, rastrada y surcada por medio de la maquinaria necesaria, con el fin de que la materia orgánica presente en el suelo sufriera un óptimo proceso de descomposición (Tamayo, et al., 2024).

2.1.6 Siembra

Para realizar la siembra fue necesario contar con semillas con un alto porcentaje de germinación, vigor y libre de enfermedades. Se utilizó una sembradora Semeato de precisión neumática, la cual se programó para emplear una distancia entre surcos de 80 cm y un número de 6-7 semillas por metro, de esta manera se aprovechó mejor la humedad, los nutrientes y la luz en una etapa más temprana por tener más espacio entre cada planta en el surco (Ríos, 2023).

2.1.7 Fertilización

Se debe programar una nutrición con elementos mayores y menores dependiendo de la demanda del cultivo, a su vez se establece un cronograma de actividades para realizar la fertilización correspondiente para aplicar en el cultivo en distintas fechas y de esta manera lograr la fertilización adecuada (Ríos, 2023).

El nitrógeno es considerado como uno de los minerales más esenciales en la agricultura, ayuda al desarrollo y crecimiento de la planta y a que esta obtenga un color verde más intenso. La fertilización nitrogenada en la agricultura tiene como fin satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo. El nitrógeno en la agricultura ayuda a elevar la producción del cultivo mejorando las capacidades de las plantas (IDAE, 2007).

2.1.7.1 Urea

La urea es el fertilizante más utilizado en aplicaciones de nitrógeno sólido y tiene la mayor concentración de nitrógeno de 46 por ciento de N en forma de amida, con alta solubilidad (aproximadamente 1000 g L⁻¹ a 20 °C) (Andrade-Hoyos et al., 2024). El fertilizante más utilizado en agricultura, tiene apariencia granular, es altamente soluble en agua y tiene excelente movilidad en el suelo. La urea se vende en sacos de 50 kg. La aplicación de una bolsa de urea aporta 23 kg de nitrógeno a las plantas (INIFAP, 2022).

2.1.7.2 Sulfato de amonio

Es una fuente de nitrógeno que rara vez se utiliza en la agricultura. Al igual que la urea, tiene alta solubilidad en agua y es muy móvil. Además de nitrógeno, este fertilizante también contiene azufre, que es muy importante para el crecimiento de las plantas. La concentración de sulfato de amonio es de 21% de nitrógeno y 24% de azufre, por lo que una bolsa de sulfato de amonio contiene 10 kg de nitrógeno y 12 kg de azufre (INIFAP, 2022).

2.1.7.3 Malezas

Las malezas constituyen uno de los factores bióticos adversos de mayor importancia en los cultivos. En las regiones productoras de maíz indican la competencia entre la maleza y el cultivo: durante los primeros 30 días de su desarrollo ocasionan plantas cloróticas, de poco vigor y altura, lo que a su vez genera reducciones en los rendimientos. Las principales malezas están: *Sorghum halepense*, *Echinochloa crusgalli*, *Cynodon dactylon*, *Leptochloa filiformis*, *Cynodon dactylon*, *Leptochloa filiformis*, *Helianthus annuus*, *Amaranthus* spp., *Parthenium hysterophorus*, *Convolvulus arvensis*, *Euphorbia heterophylla*, *Cucumis melo*, *Xanthium strumarium*, *Rumex crispus*, *Melilotus albus*, *Melilotus indicus* (Agrosintesis, 2012).

2.1.8 Plagas

El cultivo de maíz está sujeto a una variedad de factores limitantes de la producción, incluidas plagas y enfermedades que pueden afectar el cultivo en cada etapa de su desarrollo, causando importantes pérdidas económicas a través de la reducción de los rendimientos y la productividad, y causando daños a los productores, calidad del producto entre las principales plagas están Gusano 8 cogollero (*Spodoptera frugiperda*), Gusano soldado (*Spodoptera exigua*), Mosca pinta (*Euxesta stigmatis*), Barrenador del tallo (*Diatraea* spp.), pulgón (Hemiptera: Aphididae) (Negrete, 2003).

2.1.9 Enfermedades.

Tamayo et al., (2024), publicó que entre las enfermedades del maíz mayormente difundidas a nivel mundial y sus agentes causales destacan los tizones (*Pythium*); pudrición de raíces por *Fusarium*, *Diplodia* y *Pythium*; pudrición de tallos en plantas jóvenes causada por *Erwinia* y *Pseudomonas* y después de la floración (*Diplodia*, *Fusarium*), así como la marchitez

tardía (*Cephalosporium*), pudrición carbonosa (*Macrophomina*) y la pudrición de la mazorca (*Diplodia*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Nigrospora* y *Cladosporium*) entre otras.

2.2 Marco teórico conceptual

2.2.1 *Trichoderma* spp.

Trichoderma spp. Puede encontrarse comúnmente en cortezas en descomposición y en la superficie de las raíces de las plantas. Su éxito como descomponedor natural en los ecosistemas se debe a su elevada capacidad enzimática para degradar diversos sustratos, su rápido crecimiento, eficiente absorción de nutrientes, su capacidad para sobrevivir en suelos con condiciones ambientales adversas y distintas cantidades de materia orgánica. Son anaerobias facultativas, lo que les permite destruir microorganismos fitopatógenos, lo cual les confiere una alta plasticidad ecológica. (Matas et al., 2023).

2.2.2 Clasificación taxonómica de *Trichoderma* spp.

Clasificación taxonómica según el National Center for Biotechnology Information (NCBI, 2015).

Reino Fungí

Subreino Dikarya

Phylum Ascomycota

Subphylum Pezizomycotina

Clase Sordariomycetes

Orden Hypocreales

Familia Hypocreaceae

Género *Trichoderma*

2.2.3. Morfología

2.2.3.1 Características macroscópicas

Las colonias de *Trichoderma* presentan un crecimiento rápido, poseen una inicial coloración blanca, que luego puede variar entre verde oscuro, verde claro, verde oliva o verde amarillento, en ocasiones puede pasar por tonalidades grisáceas, amarillas o marrones, cuenta con esporulación abundante dependiendo de la especie, es decir principalmente su micelio es blanco. Presentan anillos concéntricos, los cuales constan del micelio, por lo general de color blanco y sus conidias, de color verde (López-Bucio et al., 2023).

2.2.3.2 Características microscópicas

Trichoderma se compone de hifas largas, delgadas, septadas, ramificadas dando origen a conidióforos ramificados piramidales, los conidios son de un tamaño de 3,8-4 x 3,1-3,7 μm , esféricos, o elipsoidales, de color verde, marrón o amarillento, con paredes lisas o ásperas que se muestran como racimos globosos. Este hongo forma estructuras de resistencia, las clamidosporas, que son unicelulares y se fusionan entre dos o más, tienen forma subglobosa o elipsoidal, de color verde o amarillento (López-Bucio et al., 2023).

2.3 Marco teórico situacional

2.3.1 Producción mundial y regional

En la campaña 2010/2011, la producción mundial de MAD (Materias Agrícolas Diversas) alcanzó un total de 831.679 millones de toneladas, según datos proporcionados por la FAO (2021). Sin embargo, para la campaña 2021/2022, se proyectó un incremento significativo en la producción global, alcanzando los 1.186.117 millones de toneladas (MIDAGRI, 2021). Esto representa un aumento del 42.6% en la producción mundial a lo largo de más de una década de crecimiento sostenido.

Estados Unidos se mantiene como el principal productor global de MAD, con una producción estimada para la campaña 2021/2022 de 374.677 millones de toneladas, lo que significó un crecimiento del 4% respecto a la campaña anterior (MIDAGRI, 2021). Este incremento equivale a 14.4 millones de toneladas adicionales en comparación con la producción del año previo. Estados Unidos, China y Brasil concentran conjuntamente el 64% de la producción global de MAD, destacándose como los líderes del sector (FAO, 2021).

El impacto de las condiciones climáticas es un factor determinante en la producción de MAD en estos países. Por ejemplo, en 2012, Estados Unidos experimentó una sequía severa, con altas temperaturas y falta de lluvias en casi todos sus estados, excepto Hawái y Alaska, lo que provocó una reducción del 12.66% en la producción durante la campaña 2012/2013 (Liu et al., 2024). Esta caída representó una disminución de 39.6 millones de toneladas en comparación con la campaña anterior.

Por otro lado, China, el segundo mayor productor, registró un aumento en su producción anual, pasando de 177.5 millones de toneladas en la campaña 2010/2011 a 268 millones de toneladas estimadas para la campaña 2020/2021. Esto representa un crecimiento del 51% en más de una década, lo que refleja un incremento significativo en la eficiencia y capacidad de producción del país (FAO, 2021).

En América del Sur, Brasil y Argentina ocupan el tercer y quinto lugar, respectivamente, en la producción mundial de MAD. Por su parte, nuestro país se sitúa en el puesto 42 a nivel global, con una producción promedio de 1.46 millones de toneladas anuales (MIDAGRI, 2021). Durante la campaña 2020/2021, en medio de la pandemia de COVID-19, se observó una disminución de 3.15 millones de toneladas en la producción de MAD en comparación con la campaña 2019/2020 (Chenthamara et al., 2023).

2.3.2 Producción Local

Para el 2022 la Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador estima que se producirá 1.678.255 toneladas métricas de maíz duro amarillo, además para este año se ha fijado el precio mínimo de sustentación de \$ 15,57 el quintal de 45,36 kg de maíz amarillo duro seco al 13% y limpio al 1% (Moreno-Brieva & Peñaherrera-Patiño, 2020; SIPA, 2022).

El maíz amarillo duro es producido principalmente en las zonas bajas o costeras del Ecuador (menos de 1200 m s.n.m.) y está destinado mayoritariamente para la elaboración de alimento balanceado. A pesar de que la producción de este cereal en el Ecuador se ha incrementado en los últimos años, se requieren de nuevos genotipos que permitan la autosuficiencia y eviten importaciones de maíz. El maíz amarillo tipo cristalino es de excelente calidad tanto para la elaboración de alimentos balanceados como para las industrias de consumo humano que incluso atiende las necesidades del mercado colombiano (Limongi et al., 2018; Bonilla & Singaña, 2019; Zambrano & Andrade, 2021).

La media de hectáreas sembradas desde el 2016 hasta el 2021 es de 263.200,95. La superficie del cultivo de maíz amarillo en el 2021 fue de 291.710 hectáreas según proyección y se pronostica que para el 2022 alcance las 291.867,10 hectáreas es decir aumentarán 0,05% más con respecto al 2021. Para el 2023 se espera sembrar según la estimación 300.057,40 hectáreas es decir 2,80% más que en el 2022 (Bonilla & Singaña, 2019; Zambrano & Andrade, 2021).

2.4. Marco teórico contextual

2.4.1 Bioestimulantes

Los bioestimulantes son sustancias orgánicas naturales, productos del reciclaje biológico o productos elaborados por el hombre que, aplicados al suelo, pueden sustituir parcial o

totalmente a los fertilizantes químicos y mejorar la fertilidad o la capacidad de producción. Por tanto, la interpretación del término biofertilizante es muy amplia. Esto incluye todo, desde microorganismos hasta abonos verdes, fertilizantes y extractos de plantas (Vela, et al., 2018).

Son insumos formulados con uno o más microorganismos benéficos (hongos o bacterias) que aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Estos ofrecen beneficios significativos, como costos de producción reducidos, protección ambiental y aumento de la fertilidad del suelo y la biodiversidad. Los biofertilizantes son factibles y generalmente recomendados para su uso generalizado en cultivos intensivos (INTAGRI, 2021).

La importancia de los microorganismos del suelo “radica en su influencia en la disponibilidad de nutrientes a través de su capacidad para fijar, solubilizar, movilizar y reciclar compuestos necesarios para el crecimiento, la salud y la productividad de las plantas” (Ronnie-Gakegne et al., 2023).

2.4.2 *Trichoderma* como bioestimulante

Trichoderma spp. es un hongo cosmopolita cuya importancia radica en su capacidad de adaptarse y producir metabolitos como enzimas, compuestos promotores del crecimiento vegetal y compuestos volátiles, que son de particular interés biotecnológico y ecológico. Este género se utiliza como agente de biocontrol contra hongos fitopatógenos debido a sus diversos modos de acción destacando antibióticos, parasitismo fúngico, competencia por espacio y nutrientes y producción de metabolitos secundarios (Zamudio et al. (2018).

Varias especies de *Trichoderma* spp. se han utilizado en sistemas de fermentación acoplados sobre sustratos sólidos o cultivos sumergidos para degradar desechos lignocelulósicos y producir energía alternativa como el etanol. Como sistema de fermentación, los biorreactores optimizan las condiciones de cultivo y promueven la producción de biomasa y metabolitos. (Cortés-Hernández et al., 2019).

Zamudio et al. (2018), señala que en los últimos años el uso de bioestimulantes se ha convertido en una estrategia dentro de los programas de fertilización como coadyuvante a la fertilización del suelo.

Trichoderma es uno de los agentes de control biológico de mayor éxito en el sector agrícola y está incluido en más del 60% de los fungicidas biológicos registrados en todo el mundo. Este microorganismo existe en el mercado como biopesticida, biofertilizante, promotor de crecimiento vegetal y solubilizador de nutrientes o descomponedor de materia orgánica en terrenos agrícolas (Cortés-Hernández et al., 2019).

Se ha demostrado que *Trichoderma* produce sustancias que estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas sustancias actúan como catalizadores o promotores del meristemo primario de partes jóvenes (que pueden formar nuevas raíces), promoviendo la regeneración celular y un desarrollo más rápido que las 10 plantas no tratadas con este microorganismo (Chuez, 2018).

Trichoderma tiene varias propiedades que promueven el crecimiento de las plantas, incluida la síntesis de fitohormonas, la producción de vitaminas, la solubilización de nutrientes, una mayor absorción y transferencia de nutrientes, el desarrollo de raíces más fuertes y una mayor tasa metabólica.

Las cepas de *Trichoderma* promueven el crecimiento vegetativo en plantas de tomate, lo que resulta en una mayor acumulación de biomasa, mayor altura y mayor longitud de raíces tanto a nivel de invernadero como de campo y aumenta el número de hojas. Los mejores resultados se obtuvieron con la especie *T. asperellum* (especie local), pero resultados similares se obtuvieron con la especie importada *T. asperelloides* (Rodríguez y Vargas, 2022).

Por otro lado, la efectividad contra hongos patógenos, *Trichoderma* es también un promotor del crecimiento de las plantas. La exposición a especies como *T. virens* o *T. atroviride*

ha demostrado incrementar la biomasa de plántulas en plantas como *Arabidopsis* y estimular el desarrollo de raíces laterales.

Esta técnica innovadora ha captado interés en años recientes, ya que estos microorganismos no solo favorecen el crecimiento, sino que también inducen resistencia al estrés abiótico en las plantas. Investigaciones han mostrado que el uso de *Trichoderma afroharzianum* en semillas de tomate mejora la germinación bajo condiciones de estrés y reduce el daño oxidativo en plántulas, un enfoque prometedor para mejorar la tolerancia de las plantas a las sales y avanzar hacia sistemas agrícolas más sostenibles (Andrade-Hoyos, et al., 2023)

Trichoderma es parte del grupo de microorganismos que impulsan el crecimiento vegetal, aunque no todos los aislamientos dentro de la misma especie son igualmente efectivos, lo que hace necesario investigar las interacciones entre *Trichoderma*, las plantas y el ambiente. Se ha observado que *T. atroviride* regula la arquitectura de las raíces y fomenta el crecimiento, mientras que *T. hamatum* contribuyó a un aumento en la altura de plántulas de *Pinus radiata* (Andrade-Hoyos, et al., 2023)

Los mecanismos mediante los cuales *Trichoderma* promueve el crecimiento vegetal son diversos, entre ellos el aumento de la síntesis de fitohormonas y la estimulación de vitaminas, junto con una mejora en la absorción y translocación de nutrientes. Además, estos hongos pueden producir fitohormonas y metabolitos secundarios que impactan positivamente en el crecimiento de la planta, y se ha observado que algunos aislamientos producen sustancias como ácido indol acético y auxinas (Andrade-Hoyos, et al., 2023).

Otro aspecto clave de *Trichoderma* es su habilidad para incrementar la disponibilidad de nutrientes, ya que solubilizan fosfatos inorgánicos y facilitan la conversión del hierro en formas más accesibles para la planta. Esta capacidad de solubilización de fosfatos es una estrategia sostenible para mejorar la absorción de fósforo en suelos agrícolas (Andrade-Hoyos, et al., 2023).

2.4.3 Promotor de crecimiento vegetal *Trichoderma* spp.

Según Rodríguez-García y Vargas-Rojas (2022) *Trichoderma* spp. posee varios mecanismos para ayudar con la promoción del crecimiento de las plantas: síntesis de fitohormonas, producción de vitaminas, solubilización de nutrientes, aumento de la captación y translocación de nutrientes, mayor desarrollo de la raíz y aumentos en la tasa metabólica.

Muchas de las especies de hongos pertenecientes al género de *Trichoderma* spp. están asociadas de manera externa mediante las raíces de la planta o endófitamente que indica en el interior, por ello tiene la capacidad de promover el desarrollo y crecimiento de una especie vegetal mediante la producción de metabolitos como auxinas y giberelinas, también pueden disminuir el pH del suelo por medio de la producción de ácidos orgánicos como el ácido cítrico, glucónico y fumárico en donde se solubiliza elementos o compuesto químicos importantes para la planta como el hierro, manganeso o fosfatos (Hernández et al., 2019).

Trichoderma spp. contribuye al crecimiento de las raíces de maíz y algunos pastos, haciendo que estos cultivos sean más resistentes a la sequía, también estimula la germinación y la altura de plantas de frijol con una ganancia en peso de 60% aproximadamente (Palacios, 2023). Además de su eficiente actividad en contra de hongos patógenos, *Trichoderma* spp. también promueve el crecimiento de las plantas. Por ejemplo, la exposición a *T. virens* o *T. atroviride* incrementó la producción de biomasa de plántulas de *Arabidopsis* y estimuló el desarrollo de raíces laterales. Esta es una técnica novedosa que ha atraído la atención en los últimos años, ya que estos organismos promueven el crecimiento y al mismo tiempo inducen resistencia al estrés abiótico en la planta (Cubillos-Hinojosa et al., 2009).

2.5 Estado del arte

Trichoderma sp. ha demostrado ser eficaz en estimular el crecimiento de raíces en diversas condiciones. En estudios realizados en Estados Unidos, se observó que las cepas de

Trichoderma mejoraron significativamente la longitud y el volumen de raíces en maíz, especialmente cuando se usaron en combinación con fertilizantes orgánicos (Harman et al., 2004).

En investigaciones en la república popular de China, se encontró que las cepas nativas de *T. harzianum* no solo estimulaban el crecimiento radicular, sino que también promovieron la absorción de nutrientes clave como el fósforo y el nitrógeno (Zhang et al., 2013). Por otro lado, en India, el uso de *T. viride* en suelos con bajo contenido de nutrientes favoreció el desarrollo radicular en más del 40% en comparación con cultivos no tratados (Singh et al., 2015).

Estudios realizados en Brasil, han documentado que *Trichoderma* sp. actúa como un agente de control-biológico contra patógenos del suelo, como *Fusarium* y *Rhizoctonia*, reduciendo la incidencia de enfermedades en hasta un 30 % en maíz (Obregón et al., 2023).

En Egipto, los ensayos con *Trichoderma* han demostrado que inducen la resistencia sistémica en plantas de maíz, mejorando la respuesta a estrés biótico y abiótico (Kredics et al., 2024). Además, en Italia, *Trichoderma asperellum* fue capaz de aumentar la producción de defensas naturales en maíz, lo que resultó en una mejor protección contra *Pythium* y *Sclerotinia* (Pajón, 2023).

En la región andina de Colombia, el uso de *Trichoderma* sp. ha mostrado resultados prometedores en el cultivo de maíz. Un estudio realizado por Rodríguez et al. (2017) encontraron que el volumen de raíces aumentó un 28 % con la aplicación de cepas autóctonas de *Trichoderma harzianum*.

En Perú, la investigación de Mendoza et al. (2016) observaron que el peso seco de las plantas de maíz tratadas con *Trichoderma* aumentó en un 22 %, lo que sugiere una mejora en la eficiencia fotosintética. Mientras tanto, en México, Moreno et al. (2018) reportaron un incremento

del 30 % en la biomasa aérea, en comparación con el grupo control, cuando se utilizó *T. asperellum* en cultivos de maíz.

En un estudio realizado en Venezuela, reportó el uso de *Trichoderma* y se mejoró la absorción de fósforo en suelo ácido, un problema común en los cultivos de maíz en esta región (Matas et al., 2023). De manera similar, en Cuba, la aplicación de *Trichoderma* promovió una mayor tolerancia al estrés hídrico en plantas de maíz, observándose un aumento en el desarrollo de raíces secundarias (Andrade-Hoyos et al., 2023).

En Costa Rica, Rodríguez-García et al. (2022) concluyeron que las plantas de maíz tratadas con *Trichoderma* presentaban una mayor resistencia a plagas del suelo, lo que redujo la mortalidad de plantas jóvenes en un 25%.

En Ecuador, estudios realizados en la provincia de Manabí revelaron que el uso de *Trichoderma* sp. incrementó el volumen de las raíces en un 30% durante la fase vegetativa del maíz (Velásquez et al., 2019). Asimismo, investigaciones en la región de la Costa ecuatoriana señalan que la inoculación de este hongo aumentó la absorción de nitrógeno y fósforo en suelos de baja fertilidad, lo cual mejoró el crecimiento inicial de las plantas (Rodríguez-García et al., 2022). En la Sierra, González y Zambrano (2018) reportaron que las plantas tratadas con *Trichoderma harzianum* exhibieron una mayor longitud de raíces, lo que facilitó la absorción de nutrientes en suelos volcánicos típicos de la región.

En los Andes ecuatorianos, un estudio realizado por Quintana et al. (2020) mostraron que, las plantas de maíz tratadas con *Trichoderma* mantuvieron un crecimiento estable bajo condiciones de déficit hídrico moderado.

En la provincia de Los Ríos, Moreno et al. (2020) demostraron que el uso de *Trichoderma* sp. reducción de la incidencia de enfermedades radiculares causadas por *Fusarium* y

Rhizoctonia, lo que resultó en un aumento del rendimiento del maíz en un 18 %. De igual manera, en el cantón Pedro Carbo, Salazar et al. (2021) documentaron un aumento del 15 % en la producción de mazorcas cuando se usó *Trichoderma* como bioestimulante en comparación con tratamientos convencionales.

3. Materiales y Métodos

La exploración y la recopilación de información se la realizó en el invernadero. Se utilizaron medidas aclaratorias para la recopilación de la información, utilizando diagramas y Tablas estadísticas con la ayuda del paquete de programación Microsoft Office de Excel e Infostat versión estudiante.

3.1 Factores de estudio

Los factores de estudio de esta investigación se tomaron en cuenta a los aislados de *Trichoderma* spp., en lo que se aplicará 5 mL de una suspensión del hongo (8×10^7 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.

Características del campo experimental, la investigación se realizó en el laboratorio e invernadero de Protección Vegetal de la Estación Experimental Litoral Sur del INIAP, ubicada en la parroquia Virgen de Fátima, Cantón Yaguachi, Provincia del Guayas.

3.2 Variables evaluadas

3.2.1 Variable dependiente

Plantas de maíz.

Unidad experimental estuvo constituida por bolsas plásticas donde se colocó una semilla de maíz.

3.2.2. Variable independiente

Se consideró variables dependientes a los aislados de *Trichoderma* con una dosis de 80 millones de esporas por planta.

3.3 Diseño experimental

El trabajo se realizó a través de un Diseño Completamente al Azar (DCA), con 9 tratamientos con cuatro repeticiones.

El Diseño Completamente al Azar es particularmente adecuado cuando las unidades experimentales (en este caso, parcelas de maíz) son homogéneas en términos de las condiciones ambientales y de manejo. Este diseño permite asignar los tratamientos de forma aleatoria a las unidades experimentales, eliminando el sesgo sistemático y asegurando que las diferencias observadas en los resultados puedan atribuirse directamente a los efectos del tratamiento, en este caso, el uso de *Trichoderma*.

La aleatorización también es crucial en investigaciones agronómicas porque ayuda a contrarrestar el impacto de variables externas no controladas, como pequeñas variaciones en la fertilidad del suelo, la exposición al sol o la presencia de plagas. Dado que en un ensayo de campo estas variables pueden ser inevitables, el Diseño Completamente al Azar asegura que cualquier variación no sistemática se distribuya de manera equitativa entre los tratamientos.

3.4 Análisis estadístico

Se realizó 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 utilizó el programa Infostat versión estudiante.

3.5 Tratamientos

Descripción de los tratamientos: se usarán ocho aislados de *Trichoderma* y dos aplicaciones.

3.6 Manejo del ensayo

Siguiendo el método de Halifu et al. (2019) y Palacios et al. (2024), a los cinco y diez días después de la germinación se inocularon las plantas de maíz con el hongo *Trichoderma*.

Esta inoculación se realizó por dos semanas, aplicando en total cinco mL de una solución que contenía 80 millones de esporas directamente al suelo. La primera ampliación se la efectuó cuando las plantas emergieron, y se repitió por una segunda ocasión hasta el final del experimento (30 días) (Remache, 2022). Durante todo el ensayo, se mantuvo un riego adecuado según las necesidades de las plantas.

3.7 Evaluación de cepas de *Trichoderma*

Para la selección de los mejores aislados, se realizó un screening, donde se probó 18 cepas de *Trichoderma* spp. La semilla de maíz fue inoculada por una hora con una solución de esporas de 8×10^6 .

En este screening se seleccionaron los nueve mejores aislados, esta selección se dio evaluando altura de planta y largo de raíz.

3.8 Tratamientos

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Descripción (para <i>Trichoderma</i>) 8×10^7
1	<i>Trichoderma asperellum</i> 1
2	<i>Trichoderma asperellum</i> 2
3	<i>Trichoderma</i> sp. (Cacao)
4	<i>Trichoderma</i> sp. (Pitahaya)
5	<i>Trichoderma asperellum</i> 3
6	<i>Trichoderma viride</i>
7	<i>Trichoderma</i> sp.
8	<i>Trichoderma</i> spp.
9	Agua

3.9 Obtención del inóculo

Una vez que se seleccionó las mejores cepas estas se las procedió a multiplicar en medio sólido en papa dextrosa agar, para lo que se necesitó transferir una solución de esporas de 10^7 (Palacios et al., 2024; Halifu et al., 2019).

3.9 Siembra

La siembra de los híbridos DK-70 y DK-78 se realizó en bolsas plásticas de capacidad de dos litros, se llenaron con un sustrato estéril a base de arena. 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).

3.9.1 Inoculación de plantas

Se realizó inoculaciones cada 5 y 10 días de *Trichoderma*, donde se aplicó una suspensión del hongo (8×10^7 esporas/mL) en la base de la planta (Reyes et al., 2008).

3.9.2 Manejo de plantas en el invernadero

En el invernadero se realizó el riego con agua potable, la frecuencia del riego dependió del consumo diario del recurso hídrico.

3.10 Datos a evaluar

Se realizó la evaluación destructiva a los a los 30 días después de la siembra (dds).

3.10.1 Altura de planta

Se tomó la medida desde el cuello de raíz hasta el meristemo más distal de la parte aérea de la planta y se expresará en centímetros.

3.10.2 Diámetro de la planta

Se la realizó utilizando un pie de amigo para medir el diámetro o grosor de la caña del maíz.

3.10.3 Longitud de raíces

La longitud de la raíz de la planta y se la realizó midiendo desde el cuello de raíz hasta el extremo más distal de la raíz de la planta y se expresará en centímetros.

3.10.4 Peso fresco de raíces

Esta variable se la determinó mediante el pesado de la raíz desde el cuello hasta el extremo más distal en peso fresco y su unidad será en centímetros.

3.10.5 Peso fresco de tallo

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

4. Resultados

4.1. Estudiar el efecto del hongo *Trichoderma* sp. en las características morfo-agronómicas del cultivo de maíz en la fase de desarrollo

Los resultados del análisis de varianza para la longitud o altura de las plantas se exponen en la tabla 2. Esta tabla nos faculta para discernir si las diferencias halladas entre los distintos grupos son estadísticamente relevantes.

Tabla 2. Análisis de varianza de la altura de planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	414,56	21	19,74	2,77	0,0008
Tratamiento	86,11	8	10,76	1,51	0,1692
Variedad	108,9	1	108,9	15,3	0,0002
Repeticiones	59,71	4	14,93	2,1	0,0906
tratamiento*variedad	159,85	8	19,98	2,81	0,0095
Error	483,89	68	7,12		
Total	898,46	89			

En la tabla 2, los resultados revelaron una interacción significativa entre variedad y tratamiento, indicando que el efecto de la variedad y no de los tratamientos en la altura la altura de la planta está condicionado por la genética.

En la Tabla 3, muestra el análisis de varianza al 5 % realizado para el diámetro del tallo, observándose en este análisis las diferencias entre los grupos son debidas al azar o si existen diferencias reales.

Tabla 3. Análisis de varianza de longitud de tallo de planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,26	21	0,01	1,17	0,308
Tratamiento	0,11	8	0,01	1,36	0,2301
variedad	0,03	1	0,03	3,06	0,0848
Repeticiones	0,05	4	0,01	1,29	0,2843
Tratamiento*variedad	0,06	8	0,01	0,68	0,7098
Error	0,71	68	0,01		
Total	0,97	89			

En la tabla 3, se evidencia que el experimento no muestra que los tratamientos o las variedades hayan tenido un efecto importante en el diámetro de los tallos.

En la Tabla 4 se presentan los resultados del análisis de varianza al 5 % para el peso de hoja por tiramiento.

Tabla 4. Análisis de varianza de peso de hoja

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	366,02	21	17,43	3,12	0,0002
tratamiento	40,35	8	5,04	0,9	0,5184
variedad	220,74	1	220,74	39,56	<0,0001
Repeticiones	54,03	4	13,51	2,42	0,0567
tratamiento*variedad	50,9	8	6,36	1,14	0,3483
Error	379,42	68	5,58		
Total	745,44	89			

En la Tabla 4, se observa diferencia entre las variedades de la planta tiene un efecto muy significativo en el peso de la hoja ($p < 0.0001$).

En la Tabla 5. Se muestra las medias para la variable peso fresco del tallo de maíz.

Tabla 5. Análisis de varianza del peso del tallo por tratamiento

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	242,74	21	11,56	1,66	0,0618
tratamiento	35,72	8	4,46	0,64	0,742
variedad	77,19	1	77,19	11,05	0,0014
Repeticiones	97,2	4	24,3	3,48	0,0121
tratamiento*variedad	32,63	8	4,08	0,58	0,7875
Error	474,84	68	6,98		
Total	717,57	89			

En la Tabla 5, revela una interacción significativa entre las variedades caso contrario para los tratamientos, mostrando que la respuesta del peso de tallo a los diferentes tratamientos está influenciada por el genotipo específico de cada híbrido de maíz.

4.2 Evaluar la estimulación masa radical de la aplicación de *Trichoderma* sp. en dos híbridos de maíz

En la Tabla 6. Se muestra el análisis de varianza de la masa radical del cultivo de maíz en condiciones de invernadero.

Tabla 6. Análisis de varianza de la masa radical

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	466,86	21	22,23	6,95	<0,0001
tratamiento	39,33	8	4,92	1,54	0,1612
variedad	370,2	1	370,2	115,68	<0,0001
Repeticiones	15,59	4	3,9	1,22	0,3114
tratamiento*variedad	41,74	8	5,22	1,63	0,1324
Error	217,61	68	3,2		
Total	684,47	89			

En la Tabla 6, se muestra que la variedad o híbrido fueron estadísticamente diferentes entre sí y no hubo interacción entre tratamientos.

En la Tabla 7. Se muestra la variabilidad entre los genotipos estudiados según la prueba de Tukey al 95 %

Tabla 7. Análisis de varianza de la masa radical

Variedades	medias
Dk70	5,67 a
DK78	9,72 b

En la Tabla 7, se muestra que el híbrido DK-78 produce mayor cantidad de masa radical a diferencia del DK 70.

4.3 Incrementar la producción de raíces en la etapa de desarrollo del del cultivo en condiciones de invernadero

En este objetivo se tuvo como resultado que para medir la producción de raíces se tomó como referencia la longitud de la raíz.

En la Tabla 8. Se detalla cómo fue influenciada la longitud de la raíz mediante la aplicación de *Trichoderma* spp.

Tabla 8. Análisis de varianza de la longitud de raíces

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	159,42	21	7,59	2,25	0,0065
tratamiento	61,56	8	7,69	2,28	0,0319
variedad	51,38	1	51,38	15,21	0,0002
Repeticiones	6,27	4	1,57	0,46	0,7621
tratamiento*variedad	40,22	8	5,03	1,49	0,1778
Error	229,73	68	3,38		
Total	389,16	89			

En este parámetro a evaluar se pudo evidenciar que los tratamientos e híbridos en estudios fueron diferentes entre sí.

En la Tabla 9. Se muestra la variabilidad de la longitud de raíces entre los genotipos evaluados según la prueba de Tukey al 95 %

Tabla 9. Prueba de rango múltiples de la longitud de raíces

Variedad	Medias
Dk70	25,87 a
DK78	27,38 b

En la Tabla 9. Se muestra la diferencia entre los dos híbridos estudiados, mostrando que el DK-78 posee mejor desarrollo radical.

5. Discusión

En la altura de planta de maíz, se pudo evidencia diferencias aritméticas entre los tratamientos estudiados a diferencia de los híbridos fueron diferentes entre sí; Las diferencias observadas en la altura de planta entre los híbridos pueden atribuirse al fenómeno de la heterosis, que se refiere al vigor híbrido y al superior desempeño de los híbridos en comparación con sus progenitores. Sin embargo, el grado de heterosis puede variar entre los diferentes híbridos, lo que refleja el potencial genético de cada uno (Xu, 2022; Cuenca et al., 2022).

Trichoderma no promovió un aumento significativo en la altura de planta en este estudio, es importante destacar que este hongo beneficioso puede ejercer otros efectos positivos en las plantas, como la producción de fitohormonas, la inducción de resistencia sistémica y la biocontrol de patógenos. Estos efectos pueden ser más evidentes en condiciones de estrés o en presencia de patógenos (Asad, 2022; Asghar et al., 2021).

En el diámetro de los tallos de los dos híbridos de maíz no se observaron diferencias estadísticamente significativas, con un rango de 0,6 cm. Este resultado conlleva a que, bajo las condiciones experimentales evaluadas, ambos híbridos presentan un desarrollo vegetativo similar en términos de grosor del tallo. Estudios previos han demostrado que el diámetro del tallo en maíz puede verse influenciado por factores como la disponibilidad de nutrientes, la densidad de siembra y la presencia de estrés abiótico (Liu et al., 2024).

Sin embargo, la ausencia de diferencias estadísticamente significativas en el diámetro del tallo no implica necesariamente que ambos híbridos sean idénticos en todos sus aspectos. Es posible que existan diferencias significativas en otros parámetros agronómicos, como el rendimiento de grano.

El peso fresco del tallo de maíz no hubo diferencias significadas, lo que demuestra que el uso de *Trichoderma* en este ensayo no causa estimulación en la producción de masa vegetal, la

eficacia del hongo puede variar significativamente entre diferentes cepas (González & Zambrano, 2018). Es posible que la cepa utilizada en este estudio no posea los mecanismos fisiológicos necesarios para promover el crecimiento de la planta en las condiciones experimentales (Cortés-Hernández et al., 2023).

En relación al peso de *Trichoderma* la aplicarse 80 millones de esporas se reporta una pequeña diferencia en los genotipos evaluados. Para corroborar estos descubrimientos y profundizar en la comprensión de los mecanismos subyacentes, es fundamental comparar los resultados obtenidos con otros estudios. Por ejemplo, Dutta et al. (2023) realizaron una revisión sobre los mecanismos de acción de *Trichoderma* y destacó la importancia de la interacción genotipo-hospedante en la eficacia de este hongo como biocontrol. también enfatizó la diversidad de mecanismos empleados por *Trichoderma* para controlar enfermedades de plantas, incluyendo la competencia por nutrientes, la producción de antibióticos y la inducción de resistencia sistémica (Asgha et al., 2024).

Al comparar nuestros resultados con estos estudios, podemos inferir que la variabilidad observada en la colonización por *Trichoderma* es un fenómeno común y que múltiples factores pueden influir en esta interacción. Sin embargo, es necesario realizar estudios más detallados para determinar los mecanismos específicos que subyacen a las diferencias observadas entre los genotipos evaluados (Asgha et al., 2024).

Los resultados indican que el maíz DK78 presenta una longitud significativamente más superior con un promedio de 27,38 cm, en comparación con el DK70 que tiene un promedio de 25,87 cm. Estos resultados numéricos demuestran que una base genética que influye en el crecimiento de la raíz, los resultados obtenidos en este estudio revelan una diferencia estadísticamente significativa en la longitud del tallo entre las variedades de maíz DK78 y DK70. La variedad DK78. Esta disparidad en la longitud de la raíz establece que hay una base genética

subyacente que influye de manera determinante en el desarrollo vegetativo de ambos híbridos (Jafari et al, 2024).

6. Conclusión

En base a los resultados se concluye que:

Se determinó que el hongo *Trichoderma* sp. no tuvo un efecto significativo en las características morfoagronómicas del maíz (altura, diámetro del tallo y peso de hoja) debido a la predominancia de factores genéticos.

La aplicación de *Trichoderma* sp. no incrementó la producción de raíces ni la biomasa en condiciones de invernadero, aunque se observó variabilidad genética entre híbridos.

Las cepas de *Trichoderma* sp. evaluadas en este estudio no demostraron capacidad para estimular el desarrollo radicular de las plantas de maíz bajo las condiciones experimentales establecidas.

La eficacia de *Trichoderma* como bioestimulante en el contexto específico del experimento realizado muestra que el desempeño puede estar condicionado por factores como las interacciones genotipo-ambiente, las características específicas del suelo y las condiciones climáticas controladas en el invernadero.

7. Recomendación

Evaluar diferentes concentraciones de esporas y frecuencias de aplicación del hongo para determinar si existe una dosis óptima que maximice su efecto como bioestimulante.

Realizar estudios adicionales que incorporen diferentes cepas, métodos de aplicación y condiciones de campo para determinar el verdadero potencial de *Trichoderma sp.* como promotor de crecimiento radicular en el cultivo de maíz.

Realizar investigaciones donde se considere las interacciones entre genotipo y entorno en estudios sobre bioestimulantes, así como de explorar el uso de cepas específicas de *Trichoderma* que puedan tener una mayor afinidad con los genotipos evaluados.

Realizar estudios con variedades locales o criollas que puedan beneficiarse más del efecto bioestimulante.

Bibliografía

- Abdullah, N., Doni, F., Mispan, M., Saiman, M., Yusuf, Y., Oke, M., & Suhaimi, N. (2021). Harnessing *Trichoderma* in agriculture for productivity and sustainability. *Agronomy*, 11(12), 2559.
- Abdenaceur, R., Farida, B., Mourad, D., Rima, H., Zahia, O., Fatma, S. (2022). Effective biofertilizer *Trichoderma* spp. Isolates with enzymatic activity and metabolites enhancing plant growth. *International Microbiology* 25(4): 817- 829. <https://doi.org/10.1007/s10123-022-00263-8>
- Agrosintesis. (2012). Manejo y control de malezas. <https://www.agrosintesis.com/manejo-y-control-de-malezas-en-maiz/> maíz.
- Alderete, N. (2022). Situación actual de las importaciones y producción nacional del maíz amarillo duro (*Zea mays* L.).
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/7ee919a6-a64f-42be-8679-f17a4e6720e2>
- Aliloo, A., Rezaloo, Z., Shahbazi, S., Sarajuoghi, M., & Karimi, E. (2024). Stimulating the growth and development of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with *Trichoderma* fungi and their effect on the alliviating of salinity stress. *Water and Soil Science*, 34(3), 51-69.
- Al-Ghamdi, A. A., Tadesse, Y., Adgaba, N., & Alghamdi, A. G. (2021). Soil degradation and restoration in southwestern saudi arabia through investigation of soil physiochemical characteristics and nutrient status as indicators. *Sustainability*, 13(16), 9169.
- Andrade-Hoyos, P., Rivera-Jiménez, M., Landero-Valenzuela, N., Silva-Rojas, H., Martínez-Salgado, S., & Romero-Arenas, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: una perspectiva en el campo mexicano. *Revista Argentina de Microbiología*, 55(4), 366-377.
- Asghar, W., Craven, K. D., Kataoka, R., Mahmood, A., Asghar, N., Raza, T., & Iftikhar, F. (2024). The application of *Trichoderma* spp., an old but new useful fungus, in sustainable soil health intensification: A comprehensive strategy for addressing challenges. *Plant Stress*, 100455.
- Asad, S. (2022). Mechanisms of action and biocontrol potential of *Trichoderma* against fungal plant diseases-A review. *Ecological Complexity*, 49, 100978.

- Bonilla, A., & Singaña, D. (2019). La productividad agrícola más allá del rendimiento por hectárea: análisis de los cultivos de arroz y maíz duro en Ecuador. *La Granja: Revista de ciencias de la vida*, 29(1), 70–83. <https://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.06>.
- Bigatton, E., Haro, R., y Enrique, I. (2020). Rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas (RPCP) y sus efectos en la floración, la ontogenia del grano y el tamaño de partícula de los cultivos de maní (*Arachis hypogaea* L.). *Ciencias Sudamericanas*, 1(2), e2059. <https://doi.org/10.17648/sas.v1i2.59>
- Cabrerizo, C. (2012). El maíz en la alimentación Humana. Disponible en: www.infoagro.com.
- Cano, M. A. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15-31. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-99652009000100011&script=sci_arttext
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (2019). Maíz para Colombia visión 2030. CIMMYT. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/20218>
- Chancafe, L., & Maldonado, Y. (2021). Morfología y Biología Floral, del Híbrido de Maíz Inia 619, bajo cuatro niveles de fertilización al suelo en Monsefú, Región Lambayeque, 2018. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10780>
- Cheng, P., & Pareddy, D. (1994). Morphology and development of the tassel and ear. In M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook*, p. 37-47. New York, NY, USA, Springer-Verlag.
- Chuez, J. (2018). *Trichoderma harzianum* en el control de *Rhizoctonia solani* y *Gaeumannomyces graminis* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), en la zona de Babahoyo (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2018).
- Cortés-Hernández, F., Alvarado-Castillo, G., & Sánchez-Viveros, G. (2023). *Trichoderma* spp., una alternativa para la agricultura sostenible: una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(2), 73-87.
- Chenthamara, K., Druzhinina, I. S., Rahimi, M. J., Grujic, M., & Cai, F. (2021). Ecological genomics and evolution of *Trichoderma reesei*. *Trichoderma reesei: methods and protocols*, 1-21.

- Cubillos-Hinojosa, J., Valero, N., & Mejía, L. (2009). *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa* Degener). *Agronomía Colombiana*, 27(1), 81-86. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262011000200003&script=sci_arttext
- Cuenca, J., Quevedo, J., Tuz, I., & Chabla, J. (2022). *Trichoderma* spp: Propagation, dosage and application in maize crop (*Zea mays* L.). *Ciencia y Agricultura*, 19(3). <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n3.2022.14692>
- Del Laporta, S., & Calderón-Urrea, A. (1994). The sex determination process in maize. *Science*, 94: 1501. Esau, K. 1977. *Anatomy of seed plants*, 2nd ed. New York, NY, USA, J.Wiley & Sons.
- Dutta, P., Mahanta, M., Singh, S. B., Thakuria, D., Deb, L., Kumari, A., ... & Pandey, A. K. (2023). Molecular interaction between plants and *Trichoderma* species against soil-borne plant pathogens. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1145715.
- FAO. (2012). Introducción al maíz y su importancia. Fao.org.<https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s12.htm>
- Flores, I. (2020). Guía Técnica El Cultivo del maíz. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Salvador. <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Guacho, E. (2014). Caracterización Agro-Morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la Localidad San José De Chazo. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Gali, S. P., Subhashini, M., & Meenatchi, R. (2024). Food security through farming subsistence crops. In *Food Production, Diversity, and Safety Under Climate Change* (pp. 63-76). Cham: Springer Nature Switzerland.
- González, L., & Zambrano, E. (2018). Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* en el crecimiento radicular del maíz en condiciones de invernadero. *Revista Agroecológica del Ecuador*, 7(3), 25-33.
- Guzmán-Guzmán, P., Kumar, A., de Los Santos-Villalobos, S., Parra-Cota, F. I., Orozco-Mosqueda, M. D. C., Fadji, A. E., ... & Santoyo, G. (2023). *Trichoderma* species: Our best fungal allies in the biocontrol of plant diseases—A review. *Plants*, 12(3), 432.

- Hanway, J., & Ritchie, S. (1987). *Zea mays*. In H. Halvey, ed. Handbook of flowering, vol. 4. Boca Raton, FL, USA, CRC Press.
- Harman, GE, Howell, CR, Viterbo, A., Chet, I., y Lorito, M. (2004). Especies de *Trichoderma*: simbiontes vegetales oportunistas y avirulentos. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43-56.
- He, B., Pan, S., Zhao, J., Zou, X., Liu, X., & Wu, S. (2024). Maize Improvement Based on Modern Breeding Strategies: Progress and Perspective. *ACS Agricultural Science & Technology*, 4(3), 274-282.
- Hernández-Melchor, Dulce Jazmín, Ferrera-Cerrato, Ronald, & Alarcón, Alejandro. (2019). *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(1), 98-112. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>
- IDAE. (2007). Ahorro, eficiencia energética y fertilización nitrogenada. Madrid. Disponible en: https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_10418_fertilizacion_nitrogenada_07_c75d16f3.pdf
- INIAP. (2011). Módulo IV “Manejo integrado del cultivo de maíz suave” Programa de Maíz. EESC. Quito-Ecuador.
- INIFAP. (2022). Guía para la asistencia técnica agrícola para el área de influencia del Campo Experimental Valle del Fuerte. CEVAF-CIRNO-INIFAP. Agenda Técnica. Sexta edición. Juan José Ríos, Sinaloa. 208 pp.
- Intagri (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura). (2021). Biofertilizantes Recuperated: <https://www.intagri.com/articulos/agriculturaorganica/biofertilizantes-en-agricultura> isolation of soil fungi. *Soil Science* 88:112-117.
- Jamauca, K. (2023). Bioprospección de funciones promotoras de crecimiento vegetal de aislamientos ambientales de *Trichoderma* spp. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/27017>
- Jafari, F., Wang, B., Wang, H., & Zou, J. (2024). Breeding maize of ideal plant architecture for high-density planting tolerance through modulating shade avoidance response and beyond. *Journal of Integrative Plant Biology*, 66(5), 849-864.

- Katiar, F. (2022). *Trichoderma* species as biocontrol agent against soil borne fungal pathogens. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 11(4), 319-325.
- Harman, G. E. (2007). *Trichoderma* species - opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 5(4), 190-199.
- Kredics, L., Büchner, R., Balázs, D., Allaga, H., Kedves, O., Racić, G., ... & Sipos, G. (2024). Recent advances in the use of *Trichoderma*-containing multicomponent microbial inoculants for pathogen control and plant growth promotion. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 40(5), 162.
- Kumar, R., Maurya, S., Kumari, A., Choudhary, J., Das, B., Naik, SK y Kumar, S. (2012). Potencial de biocontrol de *Trichoderma harzianum* contra hongos esclerociales. *The Bioscan*, 7 (3), 521-525.
- Limongi, R., Alarcón, D., Zambrano, E., Caicedo, M., Paúl, V., Eguez, J., Navarrete, B., Yanez, C., & Zambrano, J. (2018). Development of a new maize hybrid for the Ecuadorian lowland. *Agronomía Colombiana*, 36(2), 174–179. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v36n2.68782>
- Liu, J., Carriquí, M., Xiong, D., & Kang, S. (2024). Influence of IAA and ABA on maize stem vessel diameter and stress resistance in variable environments. *Physiologia Plantarum*, 176(4), e14443.
- López-Bucio, J., Pelagio-Flores, R., & Herrera-Estrella, A. (2015). *Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Scientia horticulturae*, 196, 109-123. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442381530162X>
- Lyubenova, A., Rusanova, M., Nikolova, M., & Slavov, S. B. (2023). Plant extracts and *Trichoderma* spp: possibilities for implementation in agriculture as biopesticides. *Biotechnology & amp; Biotechnological Equipment*, 37(1), 159-166. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13102818.2023.2166869>
- Matas, M., Flores-Córdova, M., Pérez, S., Rodríguez, M., Salas, N., Soto, M., & Sánchez, E. (2023). Hongos *Trichoderma* como control biológico agrícola en México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 29 (3), 79-114.

<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2022.11.015>.

- Martínez, B., & Soto, G. M. (2022). Microorganismos benéficos o agroquímicos. *Elementos*, 12(8), 57- 63. <https://chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000007824.pdf>
- Mejías, S. (2017). Capacidad de *Trichoderma* spp. como estimulante de la germinación en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de Gestión del Conocimiento y el Desarrollo Local*, 4(1), 19-23.
- Mendoza, P., Rivera, C. y García, R. (2016). Efecto del *Trichoderma* en la biomasa del cultivo de maíz en Perú. *Agricultura Andina*, 8(1), 14-21.
- MIDAGRI (2021). Producción del maíz amarillo duro. Revisado el 10 de setiembre del 2021. https://www.pepp.gob.pe/descargas/prod_maiz_amarillo.pdf
- Mistrik, I. & Mistrikova, I. 1995. Uptake, transport and metabolism of phosphates by individual roots of *Zea mays* L. *Biologia* (Bratislava), 50: 419-426. Onderdonk, J.J. & Ketcheson, J.W. 1972. *A standardization of terminology for the morphological description of corn seedlings*. *Can. J. Plant Sci.*, 52: 1003- 1006.
- Moreno, H., Torres, L. y Pérez, R. (2018). Aumento en la biomasa aérea de maíz con la aplicación de *Trichoderma asperellum*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(3), 345-352.
- Moreno-Brieva, F., & Peñaherrera-Patiño, D. (2020). El secreto financiero como factor de la inversión directa extranjera. *INNOVA Research Journal*, 5(2), 51–66. <https://doi.org/10.33890/INNOVA.V5.N2.2020.1205>
- Mukherjee, P. K., Mendoza-Mendoza, A., Zeilinger, S., & Horwitz, B. A. (2022). Mycoparasitism as a mechanism of *Trichoderma*-mediated suppression of plant diseases. *Fungal Biology Reviews*, 39, 15-33.
- Mukhopadhyay, R., & Kumar, D. (2020). *Trichoderma*: a beneficial antifungal agent and insights into its mechanism of biocontrol potential. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30, 1-8.

- NCBI. 2015 (National Center for Biotechnology Information) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>).
(Fuente consultada: 3 de mayo de 2015).
- Negrete, B. (2003). El gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*. Smith) Centro de Investigación Turipaná. Montería, Colombia.
- Nur A., Zin, Noor A., Badaluddin (2020), Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications, *Annals of Agricultural Sciences*, Volume 65, Issue 2, Pages 168-178, ISSN 0570 -1783 <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2020.09.003>.
- Obregón, Y., Rosales, E., Buenaño, J, Diego, S., & Antomarchi, A. (2023). Producción de hongo *Trichoderma Harzianum* A-34 en sustratos sólidos alternativos. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(1), 259-267.
- Palacios, C., Sánchez, N., Rosado, J., Puga, E., Cumbicus, J., Olaya, L. A., & Delgado, A. (2023). Aislamiento y evaluación de cepas nativas de *Trichoderma* spp., como promotor de desarrollo radicular. *CIENCIA UNEMI*, 16(42), 45-54.
- Pajón, V. (2023). *Efecto de bioproductos sobre la calidad morfofisiología de tres variedades de arroz (Oryza zativa L.) (Doctoral dissertation, Universidad de Sancti Spiritus" José Martí Pérez")*.
- Pelagio-Flores, R., Esparza-Reynoso, S., López-Bucio, J. S., & López-Bucio, J. (2022). Exploiting biostimulant properties of *Trichoderma* for sustainable plant production. In *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering* (pp. 17-32). Elsevier.
- Paliwal, R. (2001). Introducción al maíz y su importancia. En: *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*. Paliwal, R. L.; G. Granados; H. R. Laffite; A. D. Violic (Edes.). FAO, CIMMYT Roma, 2001. Revisado el 10 de setiembre 2021 <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-maiz-en-los-tropicos.pdf>
- Prasad, A., Dixit, M., Meena, S. K., & Kumar, A. (2023). Qualitative and quantitative estimation for phosphate solubilizing ability of *Trichoderma* isolates: A natural soil health enhancer. *Materials Today: Proceedings*, 81, 360-366.
- Quintana, R., Cruz, M. y Jara, D. (2020). Uso de *Trichoderma* sp. para mejorar la tolerancia al estrés hídrico en el cultivo de maíz en la región Andina de Ecuador

- Remache, N. (2022). 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. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Puerto Francisco de Orellana.
- Ríos C. (2023). Labores de establecimiento y manejo agronómico de cultivo de maíz (*Zea mays* L) en el departamento de Córdoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/7618>
- Rodríguez, J., Pérez, M. y Vargas, F. (2017). Uso de *Trichoderma harzianum* para el mejoramiento del crecimiento radicular en maíz en Colombia. *Revista Agronómica Colombiana*, 10(2), 33-40.
- Rodríguez-García, D., & Vargas-Rojas, J. (2022). Efecto de la inoculación con *Trichoderma* sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Solanum lycopersicum*). *Agronomía Costarricense*, 46(2), 47-60.
- Ronnie-Gakegne, E., & Martínez-Coca, B. (2018). Antibiosis y efecto de pH- temperatura sobre el antagonismo de cepas de *Trichoderma asperellum* frente a *Alternaria solani*. *Revista de protección vegetal*, 33(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522018000200008
- Saldaña-Mendoza, S., Pacios-Michelena, S., Palacios-Ponce, A., Chávez-González, M., & Aguilar, C. N. (2023). *Trichoderma* as a biological control agent: mechanisms of action, benefits for crops and development of formulations. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 39(10), 269.
- Salazar, L., Aponte, G, Alcano, M, Sanabria, N., & Guzmán, J. (2012). Importancia de las especies de *Trichoderma* para el control de *Macrophomina phaseolina* en las áreas agrícolas del estado Aragua, Venezuela. *Agronomía tropical*, 62(1-4), 007-016.
- Shahnaz, E., Anwar, A., & Banday, S. (2022). *Trichoderma* spp. as bio-stimulant: Molecular insights. In *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering* (pp. 337-350). Elsevier.

- Sakthieaswari, P., Kannan, A., & Baby, S. (2022). Role of mycorrhizosphere as a biostimulant and its impact on plant growth, nutrient uptake and stress management. *In New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering* (pp. 319-336). Elsevier.
- Sedamanos, J., Guerrero, J., Guncay, I., & Carillo, J. (2022). *Trichoderma* spp: Propagación, dosificación y aplicación en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia y Agricultura*, 19(3).
- Schalamun, M., & Schmoll, M. (2022). *Trichoderma*—genomes and genomics as treasure troves for research towards biology, biotechnology and agriculture. *Frontiers in Fungal Biology*, 3, 1002161.
- Singh, H., Singh, B. N., Singh, S., & Sarma, B. (2013). Exploring different avenues of *Trichoderma* as a potent bio-fungicidal and plant growth promoting candidate—an overview. *Ann. Rev. Plant Pathol*, 5, 315-321.
- Singh, A., Sharma, S. y Raj, S. (2015). Eficacia de *Trichoderma viride* para mejorar el desarrollo de las raíces del maíz en condiciones de deficiencia de nutrientes. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 85(3), 428-432.
- Singh, S., Keswani, C., Singh, S. P., Sansinenea, E., & Hoat, T. (2021). *Trichoderma* spp. mediated induction of systemic defense response in brinjal against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Current Research in Microbial Sciences*, 2, 100051.
- SIPA. (2022). Boletín Situacional Cultivo de Maíz 2022. Servicio de Información Pública Agropecuaria. <https://fliphtml5.com/ijia/birj/basic>
- Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiw, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., ... & Sharma, A. (2020). *Trichoderma*: The “secrets” of a multitalented biocontrol agent. *Plants*, 9(6), 762.
- Suman, J., Rakshit, A., Ogireddy, S. D., Singh, S., Gupta, C., & Chandrakala, J. (2022). Microbiome as a key player in sustainable agriculture and human health. *Frontiers in Soil Science*, 2, 821589.
- Tamayo, J., Osorio, J., & Mancera, E. (2024). Detección de enfermedades en cultivos de maíz mediante imágenes con visión artificial: un caso práctico. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 24(41).

- Toledo, R. (2024). Representación y breve descripción de etapas de desarrollo de Maíz (*Zea maíz*).
<https://ansenuza.ffyh.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086.1/1520/Etapas%20de%20desarrollo%20de%20maiz.pdf?sequence=1>
- Velásquez, R., Salinas, J., & Vera, C. (2019). Efecto de *Trichoderma* sp. sobre el desarrollo radicular del maíz en la provincia de Manabí. *Boletín de Investigación Agrícola del Ecuador*, 11(4), 102-110.
- Vela, M., López, L., Tecpoyotl, Z., Sandoval, E., Tornero, M., & Cobos, M. (2018). La fertilización órgano-mineral en el rendimiento de haba en suelo e hidroponía en agricultura protegida. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(8), 1603-1614.
- Vera-Bravo, V., Santana-Carrasco, B., Suárez-Palacios, C., Delgado-Párraga, A., López-Alava, G., Valarezo-Beltrón, C., & Vélez Zambrano, S. (2024). Potencial de *Trichoderma* spp. y *Bacillus* sp. en el rendimiento del cultivo de fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) en Manabí, Ecuador. *Revista De Investigación E Innovación Agropecuaria Y De Recursos Naturales*, 11(2), 88–95. <https://doi.org/10.53287/tsgi1863mr39w>
- Viera-Arroyo, W. (2020). Rol de los microorganismos benéficos en la Agricultura Sustentable. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 67–68. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200067>
- Woo, SL, Hermosa, R., Lorito, M., y Monte, E. (2023). *Trichoderma*: un microorganismo multipropósito beneficioso para las plantas para la agricultura ecosostenible. *Nature Reviews Microbiology*, 21 (5), 312-326.
- Wu, L. X., Wang, Y., Lyu, H., & Chen, X. D. (2023). Effects of a compound *Trichoderma* agent on *Coptis chinensis* growth, nutrients, enzyme activity, and microbial community of rhizosphere soil. *PeerJ*, 11, e15652.
- Xu, S. (2022). Introduction to quantitative genetics. *In Quantitative Genetics* (pp. 1-12). Cham: Springer International Publishing.

- Zambrano, C., & Andrade, M. (2021). Productividad y precios de maíz duro pre y post Covid-19 en el Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(4), 143–150. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n4/2218-3620-rus-13-04-143.pdf>
- Zamudio, G., Félix, R., Martínez, G., Galvão, C., Espinosa, C., y Tadeo, R. (2018). Producción de híbridos de maíz con urea estabilizada y nutrición foliar. *Rev. Mex. Cien Agríc.* 6(9):1231-1244.
- Zhang, F., Wang, S., y Wang, Y. (2013). Efecto de *Trichoderma harzianum* en el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes en el maíz. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(2), 361-369.
- Zin, N. A., & Badaluddin, N. A. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.09.003>

Anexos

Tabla de datos

tratamiento	variedad	Repet	long	diatallo	raizpeso	lograiz	hojaspeso	tallopeso	
T1	DK78	1	18	0,5	7,68		27	7,44	9,5
T1	DK78	2	19	0,7	14,7		28	11,75	15,9
T1	DK78	3	21	0,7	13		29	14,23	7,5
T1	DK78	4	18	0,6	9,5		34	11,5	4,7
T1	DK78	5	16	0,6	6,64		30	8,27	7,2
T1	Dk70	1	20	0,7	6,2		25	12,2	5,97
T1	Dk70	2	18	0,5	6,74		26	6,25	19,01
T1	Dk70	3	20	0,5	3,65		24	5,9	11,98
T1	Dk70	4	17	0,3	4,1		25	4,6	8,3
T1	Dk70	5	18	0,6	4,6		28	7,7	6,42
T2	DK78	1	22	0,6	9,58		25	10,37	12,15
T2	DK78	2	8,5	0,7	9,57		24	13,2	9,1
T2	DK78	3	22	0,7	7,27		30	12,98	12,4
T2	DK78	4	19	0,6	11,41		25	10,67	7,5
T2	DK78	5	20	0,5	9,55		21	8,68	8,5
T2	Dk70	1	22	0,6	7,2		28	12,2	8,99
T2	Dk70	2	21	0,7	5,7		24	9,8	12,6
T2	Dk70	3	22	0,5	4,9		23	12	8,99
T2	Dk70	4	19	0,7	6,1		26	7,4	12,25
T2	Dk70	5	19	0,6	4		27	7,4	8,42
T3	DK78	1	25	0,7	9,9		25	14	11,09
T3	DK78	2	24	0,9	9,69		24	13,2	8,6
T3	DK78	3	22	0,7	8,57		28	12,63	5,2
T3	DK78	4	21	0,8	9,1		28	12,25	14,5
T3	DK78	5	17	0,6	9,75		26	9,3	10
T3	Dk70	1	20	0,6	4,3		25	8	12,01
T3	Dk70	2	21	0,7	5,3		23	9,7	14,56
T3	Dk70	3	21	0,6	5,6		26	8,36	11,75
T3	Dk70	4	18	0,5	5,2		25	7,56	9,95
T3	Dk70	5	24	0,8	5,74		25	12,7	7,16
T4	DK78	1	25	0,5	6,58		30	10,6	8,8
T4	DK78	2	23	0,7	8,94		29	12,13	8,65
T4	DK78	3	23	0,8	8,76		28	16,75	8,44
T4	DK78	4	19	0,6	5,79		28	11,66	11,54
T4	DK78	5	19	0,7	10,82		29	12,07	7,73
T4	Dk70	1	21	0,6	6,55		27	10,15	9,62

T4	Dk70	2	24	0,4	4,37	26	8,36	11,77
T4	Dk70	3	20	0,7	3,82	27	7,53	14,75
T4	Dk70	4	24	0,6	4,67	27	1,8	9,07
T4	Dk70	5	20	0,7	5,43	27	7,7	12,38
T5	DK78	1	19	0,7	14	28	11,15	8,6
T5	DK78	2	29	0,7	9,53	27	15,59	4,8
T5	DK78	3	22	0,6	9,85	27	12,5	9,7
T5	DK78	4	22	0,5	8,28	28	10,75	8,9
T5	DK78	5	17	0,7	7,63	26	9,38	7,9
T5	Dk70	1	21	0,6	6,15	29	8,85	8,28
T5	Dk70	2	16,5	0,4	4,57	28	9,8	16,08
T5	Dk70	3	19	0,7	5,7	25	6,15	11,45
T5	Dk70	4	18	0,7	6,11	24	9,88	9,19
T5	Dk70	5	17,5	0,6	5,18	26	10,1	8,12
T6	DK78	1	23	0,7	9,95	29	13,63	7,2
T6	DK78	2	27	0,7	14	29	18,03	8,1
T6	DK78	3	25	0,7	10,06	25	14,06	5,6
T6	DK78	4	21	0,5	9,97	29	9,68	8,7
T6	DK78	5	17	0,5	11,37	26	9,04	6,4
T6	Dk70	1	17	0,6	5,04	27	8,26	11,81
T6	Dk70	2	18	0,6	5,377	28	9,28	15,5
T6	Dk70	3	17,5	0,5	2,5	25	6,15	12,93
T6	Dk70	4	18	0,5	5,6	25	9,1	8,8
T6	Dk70	5	17,5	0,6	4,36	27	6,96	6,57
T7	DK78	1	18	0,6	11,84	26	10,2	9,54
T7	DK78	2	24	0,5	8,3	27	11	6,67
T7	DK78	3	19	0,6	9	25	10,15	12,4
T7	DK78	4	19	0,5	7,88	24	8,43	8,81
T7	DK78	5	22	0,7	8,85	28	11,23	6,4
T7	Dk70	1	18	0,5	5,9	26	10,2	8,23
T7	Dk70	2	17,5	0,6	5,73	27	7,93	9,07
T7	Dk70	3	18	0,6	4,73	28	13,24	8,32
T7	Dk70	4	17,5	0,7	4,75	23	10,65	6,9
T7	Dk70	5	18	0,7	5,82	26	5,82	10,49
T8	DK78	1	23	0,7	10,38	29	11,73	13,9
T8	DK78	2	25	0,8	9,6	27	14,29	7,7
T8	DK78	3	23	0,7	9,44	30	13,06	9,9
T8	DK78	4	23	0,7	9,77	30	13,54	8,25
T8	DK78	5	20	0,6	9,28	27	10,84	7,8
T8	Dk70	1	9	0,8	8,14	26	14,33	12,15
T8	Dk70	2	18,5	0,6	13,9	27	8,94	13,99
T8	Dk70	3	18,5	0,6	9,74	24	11,32	11,84
T8	Dk70	4	18	0,6	5,14	28	9,47	13,54

T8	Dk70	5	16,5	0,6	5,77	23	8,4	7,91
T9	DK78	1	20	0,5	8,67	30	10,7	7,37
T9	DK78	2	21	0,7	8,37	29	12,4	8,68
T9	DK78	3	26	0,7	13,7	26	16,37	11,9
T9	DK78	4	21	0,5	8,67	24	8,44	7,8
T9	DK78	5	21	0,7	12,34	28	14,5	8,3
T9	Dk70	1	17	0,6	7,5	26	8,99	9,75
T9	Dk70	2	18	0,6	4,3	26	9,44	10,34
T9	Dk70	3	19	0,9	4,73	25	2,75	14,34
T9	Dk70	4	19	0,6	6,39	26	10,55	14,36
T9	Dk70	5	18	0,6	7,7	25	9,55	7,76

Anexo 2



Figura 1. Ensayo de maíz



Figura 2. Cosecha de ensayo para toma de variables



Figura 3. Muestreo de ensayo



Figura 4. Limpieza de raíces



Figura 5. Toma de datos



Figura 6. Media de la longitud de raíces



Figura 7. Peso de raíces