



**REPÚBLICA DEL ECUADOR
UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

FACULTAD DE POSGRADO

**INFORME DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA

TEMA:

**EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE *Trichoderma* spp. EN
EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*)**

AUTORES:

**Ing. Agr. JOSE MAURICIO ALAVA AYALA
Ing. Agr. JHOANA ESTEFANIA ESPIN LEDESMA**

TUTOR:

MSc. MARÍA FERNANDA GARCÉS MONCAYO

Milagro, 2025

Derechos de Autor

**Sr. Dr.
Fabricio Guevara Viejó
Rector de la Universidad Estatal de Milagro
Presente.**

Yo, **JOSE MAURICIO ALAVA AYALA**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de Magíster en Biotecnología, como aporte a la Línea de Investigación de Biotecnología Vegetal de la Universidad Estatal de Milagro de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los Autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 22 de junio del 2025



Firmado electrónicamente por:
**JOSE MAURICIO ALAVA
AYALA**

Validar únicamente con FirmaEC

JOSE MAURICIO ALAVA AYALA
C.I.: 0803856079

Derechos de Autor

Sr. Dr.

Fabrizio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **JHOANA ESTEFANIA ESPIN LEDESMA**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magíster en Biotecnología**, como aporte a **la Línea de Investigación de Biotecnología Vegetal de la Universidad Estatal de Milagro** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los Autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 22 de junio del 2025



Firmado electrónicamente por:
**JHOANA ESTEFANIA
ESPIN LEDESMA**

JHOANA ESTEFANIA ESPIN LEDESMA

C.I.: 0202487211

Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación

Yo, **María Fernanda Garcés Moncayo**, en mi calidad de tutor del trabajo de titulación, elaborado por **Jhoana Estefanía Espín Ledesma y José Mauricio Álava Ayala**, cuyo tema es “**Evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma spp.* en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*)**”, que aporta a la Línea de Investigación **Biología Vegetal**, previo a la obtención del Grado **Magíster en Biología**. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 22 de junio del 2025



Firmado electrónicamente por:
**MARIA FERNANDA
GARCÉS MONCAYO**

Validar únicamente con FirmaBC

María Fernanda Garcés Moncayo
C.I.: 1803571577

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE POSGRADO
ACTA DE SUSTENTACIÓN
MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los veintinueve días del mes de julio del dos mil veinticinco, siendo las 11:30 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, ING. ESPIN LEDESMA JHOANA ESTEFANIA, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE TRICHODERMA SPP. EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ (ZEA MAYS).**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Mae. GUILLEN BONILLA ALEX EDWIN, Presidente(a), Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES en calidad de Vocal; y, MARTINEZ VALENZUELA GUSTAVO ELIAS que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo la calificación de: **98.00** equivalente a: **EXCELENTE**.

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 12:30 horas.



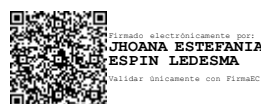
Mae. GUILLEN BONILLA ALEX EDWIN
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES
VOCAL



MARTINEZ VALENZUELA GUSTAVO ELIAS
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



ING. ESPIN LEDESMA JHOANA ESTEFANIA
MAGÍSTER

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE POSGRADO
ACTA DE SUSTENTACIÓN
MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los veintinueve días del mes de julio del dos mil veinticinco, siendo las 11:30 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, ING. ALAVA AYALA JOSE MAURICIO, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE TRICHODERMA SPP. EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ (ZEA MAYS).**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Mae. GUILLEN BONILLA ALEX EDWIN, Presidente(a), Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES en calidad de Vocal; y, MARTINEZ VALENZUELA GUSTAVO ELIAS que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo la calificación de: **98.00** equivalente a: **EXCELENTE**.

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 12:30 horas.



Firmado electrónicamente por:
**ALEX EDWIN GUILLEN
BONILLA**
Validar Únicamente con FirmaEC

Mae. GUILLEN BONILLA ALEX EDWIN
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**DELIA DOLORES
NORIEGA VERDUGO**
Validar Únicamente con FirmaEC

Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
**GUSTAVO ELIAS
MARTINEZ VALENZUELA**
Validar Únicamente con FirmaEC

MARTINEZ VALENZUELA GUSTAVO ELIAS
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**JOSE MAURICIO ALAVA
AYALA**
Validar Únicamente con FirmaEC

ING. ALAVA AYALA JOSE MAURICIO
MAGÍSTER

Dedicatoria

A Dios, por ser nuestra guía constante, fuente de fortaleza, sabiduría y esperanza en cada etapa de esta travesía académica.

A nuestros padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo inquebrantable. Gracias por enseñarnos con el ejemplo que todo esfuerzo tiene su recompensa. Este logro es también suyo.

A nuestra familia, por creer en nosotros incluso en los momentos más difíciles, por su paciencia, comprensión y palabras de aliento que nos motivaron a seguir adelante.

A nuestros docentes y asesores, por compartir su conocimiento con pasión y compromiso, por su orientación académica y humana que marcaron una huella en nuestra formación profesional.

A nuestros amigos verdaderos, que estuvieron presentes con palabras de ánimo, sonrisas sinceras y compañía durante el camino. Gracias por ser parte de esta etapa tan significativa.

Finalmente, a nosotros mismos, por no rendirnos, por confiar en nuestras capacidades y por luchar hasta alcanzar este objetivo.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por concederme la vida, la salud y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de nuestra formación académica.

A nuestros padres, quienes con esfuerzo, amor y ejemplo han sido mi mayor fuente de inspiración. Gracias por creer en nosotros y por brindarnos siempre su apoyo incondicional en cada paso que hemos dado.

A nuestra familia, por su comprensión, cariño y palabras de ánimo, incluso en los momentos más desafiantes. Cada uno de ustedes ha sido parte fundamental de este logro.

A la Universidad UNEMI, por brindarnos las herramientas académicas necesarias y por ser el espacio donde crecimos no solo como profesional, sino también como ser humano.

A nuestra Tutora de tesis, Ms. María Fernanda Garces por su guía, paciencia y dedicación durante el desarrollo de esta investigación. Sus observaciones y consejos fueron clave para alcanzar el nivel deseado en este trabajo.

A los docentes de la carrera, quienes con su vocación y conocimiento dejaron huella en nuestra formación. Agradezco cada enseñanza compartida, dentro y fuera del aula.

A nuestros compañeros y amigos, por su compañerismo, apoyo y los momentos compartidos que hicieron más llevadero este proceso.

A todas las personas e instituciones que colaboraron directa o indirectamente en la realización de este proyecto, nuestro más sincero reconocimiento.

Gracias a todos por ser parte de este camino.

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad de un biofertilizante comercial a base de ocho cepas de *Trichoderma spp.* en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en el cantón La Concordia, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Se trabajó con un diseño experimental completamente al azar, el diseño experimental contempló cinco tratamientos con tres repeticiones cada uno: cuatro con distintas concentraciones del biofertilizante (25%, 50%, 75% y 100%) más FulvoMax, y un tratamiento testigo sin aplicación. Se evaluaron variables agronómicas como número de mazorcas por planta, longitud de mazorca y grados Brix, realizando las mediciones finales a los 55, 60 y 65 días después de la siembra. Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico mediante ANOVA y pruebas de comparación de medias. Los efectos positivos se atribuyen a los mecanismos de acción de *Trichoderma spp.*, incluyendo la estimulación de fitohormonas (auxinas, giberelinas), antagonismo contra patógenos y mejora de la absorción de nutrientes. El mejor tratamiento fue el T4 (75% de *Trichoderma spp.* + FulvoMax al 100%), ya que logró el mayor número de mazorcas por planta, mayor longitud de mazorcas (hasta 17.5 cm), mejor contenido de azúcares (grados Brix), y mayor desarrollo radicular. Se concluye que la aplicación de este tipo de biofertilizante mejora tanto la productividad como la calidad del cultivo de maíz, siendo una alternativa viable, sostenible y ecológica para la agricultura en zonas tropicales como La Concordia. Se recomienda su uso en planes de manejo agrícola y la capacitación a productores sobre su aplicación eficiente.

Palabras clave: *Trichoderma spp.*, biofertilizante, maíz, rendimiento, agricultura sostenible.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effectiveness of a commercial biofertilizer based on eight strains of *Trichoderma spp.* on the yield of maize (*Zea mays* L.) in the canton of La Concordia, province of Santo Domingo de los Tsáchilas. A completely randomized experimental design was used, with five treatments and three replications each: four treatments with different concentrations of the biofertilizer (25%, 50%, 75%, and 100%) plus FulvoMax, and one control treatment with no application. Agronomic variables such as number of ears per plant, ear length, and Brix degrees were evaluated, with final measurements taken at 55, 60, and 65 days after sowing. Data were subjected to statistical analysis using ANOVA and mean comparison tests. The positive effects were attributed to the action mechanisms of *Trichoderma spp.*, including the stimulation of phytohormones (auxins, gibberellins), antagonism against pathogens, and improved nutrient absorption. The best treatment was T4 (75% *Trichoderma spp.* + 100% FulvoMax), which achieved the highest number of ears per plant, longest ear length (up to 17.5 cm), highest sugar content (Brix degrees), and greatest root development. It is concluded that the application of this type of biofertilizer improves both productivity and quality of maize crops, being a viable, sustainable, and ecological alternative for agriculture in tropical areas such as La Concordia. Its use is recommended in agricultural management plans and training programs for farmers on its efficient application.

Keywords: *Trichoderma spp.*, biofertilizer, maize, yield, sustainable agriculture.

ÍNDICE / SUMARIO

Derechos de Autor	II
Derechos de Autor	III
Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación	IV
Certificación de Defensa	V
Dedicatoria	VII
Agradecimientos	VIII
Resumen	IX
Abstract	X
Introducción	1
CAPÍTULO I	3
CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial	10
CAPÍTULO III: Diseño Metodológico	28
3.1. Ubicación y descripción del campo experimental	28
3.2. Tipo y diseño de investigación	28
3.3. Diseño Experimental Desarrollado	28
3.4. Dosificación del Biofertilizante para cada tratamiento	29
3.5. Población y Muestra	31
3.6. Métodos y Técnicas	32
3.7. Metodología de la toma de variables	32
3.8. Procesamiento estadístico de la información	33
CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados	34
4.1. NÚMERO DE MAZORCAS	36
4.2. TAMAÑO DE MAZORCA	37
4.3. GRADOS BRIX	38
4.4. PESO SECO Y PESO FRESCO DE RAÍCES	39
4.5. MATERIA SECA RAÍCES	41
4.6. NÚMERO DE HOJAS	42
4.7. GROSOR DE TALLO	42
4.8. ALTURA DE PLANTA	43
4.9. ANÁLISIS DE SUELOS	47
CAPÍTULO V: Conclusiones, Discusión y Recomendaciones	50

5.1 Discusiones	48
5.2. Conclusiones	50
5.3. Recomendaciones	51
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS	59

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Declaración de las variables independientes, en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma spp.</i> , en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>)	6
TABLA 2. Declaración de las variables dependientes, en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma spp.</i> , en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>)	7
TABLA 3. Categoría Taxonómica del maíz.....	10
TABLA 4. Distancia y Densidad De Siembra.....	13
TABLA 5. Principales malezas en el cultivo de maíz.....	15
TABLA 6. Principales plagas del cultivo de maíz	18
TABLA 7. Principales enfermedades en el cultivo del maíz.....	18
TABLA 8. COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL MAÍZ. Ciclo: invierno/2016	20
TABLA 9. Dosificaciones del Biofertilizante (TrichoVit) por tratamiento, en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).....	30
TABLA 10. Esquema de los tratamientos establecidos en las parcelas donde se evaluó el biofertilizante a base de <i>Trichoderma spp.</i> en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>) 30	
TABLA 11. Cronograma de aplicación del biofertilizante en campo, en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma spp.</i>	31
TABLA 12. Análisis estadístico para el número de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma spp.</i> en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>), a los 55 días	36
TABLA 13. Análisis estadístico para el número de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma spp.</i> en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>), a los 60 días	37
TABLA 14. Análisis estadístico para la longitud de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma spp.</i> en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).	38
TABLA 15. Análisis estadístico para los grados brix de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma spp.</i> en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).	39
TABLA 16. Análisis estadístico para el peso fresco de raíces en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma spp.</i> en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).	40
TABLA 17. Análisis estadístico para el peso seco de raíces en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma spp.</i> en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).	40

TABLA 18. Análisis estadístico para la materia seca de raíces en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma</i> spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).	41
TABLA 19. Síntesis de la comparación estadística.....	45

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	Productos de la hidrólisis enzimática de residuos lignocelulósicos	21
FIGURA 2.	Comportamiento del número de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma</i> spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>), a los 55, 60 y 65 días después de la siembra	36
FIGURA 3.	Comportamiento del tamaño de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma</i> spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).	37
FIGURA 4.	Grados Brix de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma</i> spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).	38
FIGURA 5.	Peso fresco y seco de raíces obtenidas en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma</i> spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).	39
FIGURA 6.	Materia seca de raíces obtenidas en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma</i> spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).	41
FIGURA 7.	Número de hojas obtenidas en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma</i> spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).	42
FIGURA 8.	Comportamiento del grosor del tallo en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma</i> spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).	42
FIGURA 9.	Comportamiento de la altura de planta en la evaluación de un biofertilizante a base de <i>Trichoderma</i> spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>).	43

Introducción

El maíz es una de las cosechas más emblemáticas y ancestrales de Ecuador, jugando un rol vital en la nutrición, la cultura y la economía de la nación. Este cereal, esencial en la alimentación de las comunidades de Ecuador, ha sido cultivado desde épocas remotas, particularmente por las civilizaciones precolombinas, que lo veían como un alimento sagrado (J. Gomez, 2023).

En Ecuador, se cultiva maíz en varias zonas, desde los valles fértiles de la Sierra hasta las tierras cálidas de la Costa y la Amazonía, utilizando la diversidad climática y geográfica de la nación. Hay diversas variedades autóctonas de maíz, ajustadas a las circunstancias locales, tales como el maíz suave, duro y el choclo, que sobresalen por su importancia cultural y nutritiva (Chávez & Escobar, 2022).

El maíz, además de ser un alimento fundamental, es un recurso relevante en la economía rural, dado que respalda a miles de pequeños agricultores que lo cultivan tanto para consumo personal como para su comercialización en mercados locales. Su importancia también se extiende a la elaboración de alimentos procesados, bebidas ancestrales como la chicha, y como componente clave en platos tradicionales como las humitas, el mote y los tamales (J. Gomez, 2023).

El cultivo de maíz se enfrenta con retos considerables, tales como los cambios climáticos, el uso excesivo de agroquímicos, las plagas. En el Ecuador específicamente en la costa cuenta con una amplia diversidad de tipos de insectos y plaga que perjudican el cultivo del maíz, pertenecientes al orden Lepidoptera, encontramos insectos plaga de la familia Lepidoptera. La familia Noctuidae, compuesta por el gusano trozador (*Agrotis ipsilon*), es el núcleo de la familia Noctuidae gusano elotero (*Helicoverpa zea*) y el gusano cogollero (*Helicoverpa zea*), que es la plaga principal. (Smith, *Spodoptera frugiperda*). De igual manera, existen los trips (*Frankliniella* sp.). El pulgón del cogollo

(*Rhopalosiphum maidis*), la araña roja (*Tetranychus urticae*), y la araña de color rojo (*Tetranychus urticae*). La chicha de maíz (*Dalbulus maidis*), la gallina ciega (*Laprimulgus longirostris*) (D. Garcia & Mero, 2020)

En este contexto, la implementación de prácticas agrícolas sostenibles ha cobrado mayor relevancia. Una de las innovaciones que ha ganado popularidad en los últimos años es el uso de Trichoderma, un hongo beneficioso reconocido por sus propiedades como biofertilizante y agente de control biológico. Este microorganismo promueve el crecimiento de las plantas al mejorar la disponibilidad de nutrientes, estimular el desarrollo de las raíces y fortalecer las defensas naturales del maíz contra patógenos del suelo (Hernández-Melchor et al., 2019).

En Ecuador, la aplicación de Trichoderma representa una oportunidad para avanzar hacia una agricultura más sostenible, reduciendo la dependencia de insumos químicos y mejorando la salud del suelo. Su uso no solo contribuye a aumentar los rendimientos del maíz, sino que también ayuda a preservar los recursos naturales, promover la biodiversidad y beneficiar a las comunidades agrícolas locales. Este enfoque combina el conocimiento científico con las prácticas tradicionales, abriendo nuevas posibilidades para el desarrollo agrícola sostenible en el país (Cortés Hernández et al., 2023).

El objetivo principal de este estudio experimental es la evaluación de la efectividad de un biofertilizante comercial basado en ocho cepas de *Trichoderma spp*, para aumentar el rendimiento del cultivo de maíz, ya que este hongo es conocido por sus múltiples beneficios como la promoción del crecimiento vegetal.

CAPÍTULO I:

1.1. Planteamiento del problema

La contaminación agrícola va de la mano del deterioro medioambiental causado por el uso excesivo de agroquímicos. Esta contaminación daña tanto a los ecosistemas como al ser humano, a causa de las fumigaciones que se llevan a cabo para mantener una buena producción en los cultivos. Es relevante señalar las repercusiones que se producen en el entorno; el suelo se torna cada vez más infértil, las plantas se vuelven cada vez más difíciles de cultivar para alcanzar altos rendimientos y surgen nuevas plagas y enfermedades cada vez más resistentes (Silveira-Gramont et al., 2018).

El cultivo de maíz es atacado por plagas y enfermedades en sus diferentes etapas fenológicas, disminuyendo los rendimientos en rangos que van del 40 hasta el 70%, por lo tanto, las estrategias utilizadas para evitar el ataque de plagas son diversas, recurriendo principalmente al uso de pesticidas comerciales para facilitar su manejo. Es necesario preparar la semilla antes de la siembra utilizando un protector para la semilla para evitar el ataque de microorganismos. La existencia de insectos invasores en las diversas fases de desarrollo del cultivo, particularmente de *Spodoptera frugiperda*, puede provocar pérdidas de producción superiores al 50% por unidad de superficie. Sancan es una comuna perteneciente a la parroquia Jipijapa, donde sus habitantes se dedican principalmente a la siembra de maíz criollo (M. Garcia, 2018).

1.2. Delimitación del problema

Este estudio se enfoca en evaluar el impacto del biofertilizante comercial basado en cepas de *Trichoderma spp.* sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en el cantón La Concordia, provincia de Santo Domingo. La siembra de maíz se lo realizó en la época lluviosa, por lo tanto, requiere de precipitaciones que van desde 550 mm a

2000 mm/año, con una temperatura promedio de 24 a 28°C, sobre una altitud que va de 45 a 125 m.s.n.m.

Se analizarán variables como el crecimiento, desarrollo y producción del maíz.

1.3. Formulación del problema

¿De qué manera la aplicación del biofertilizante comercial en base de 8 cepas de *Trichoderma spp.*, influye en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en el cantón La Concordia, provincia de Santo Domingo?

1.4. Preguntas de investigación

- ¿Qué beneficios tiene el uso del hongo *Trichoderma spp.*, como biofertilizante en el cultivo de Maíz (*Zea mays L.*)?
- ¿Qué tratamiento permitió una mayor altura y número de mazorcas en el cultivo de Maíz (*Zea mays L.*) con el uso del biofertilizante a base del hongo *Trichoderma spp.*??
- ¿Cuál fue el rendimiento del cultivo del Maíz (*Zea mays L.*) obtenido mediante el uso biofertilizante a base del hongo *Trichoderma spp.* vs el método tradicional?
- ¿Cómo determinamos la dosis de biofertilizante a base de *Trichoderma spp.* más adecuada para el cultivo de maíz (*Zea mays L.*)?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar la efectividad de un biofertilizante comercial en base a 8 cepas de *Trichoderma spp.* en rendimiento del cultivo de Maíz (*Zea mays L.*).

1.5.2. Objetivos específicos

1. Determinar el tratamiento que permita una mayor altura y número de mazorcas en el cultivo de Maíz (*Zea mays L*) con el uso del biofertilizante a base del hongo *Trichoderma* spp.
2. Comparar el rendimiento del cultivo del Maíz (*Zea mays L*) obtenido mediante el uso biofertilizante a base del hongo *Trichoderma* spp. vs el método tradicional.
3. Determinar la dosis de biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. más adecuada para el cultivo de maíz (*Zea mays L*).

1.6. Hipótesis

La aplicación del biofertilizante comercial en base a cepas de *Trichoderma* spp. produce un aumento significativo en el rendimiento al cultivo de Maíz (*Zea mays L.*), en el cantón La Concordia- Santo Domingo.

1.7. Justificación

La aplicación de *Trichoderma* spp., en la agricultura orgánica resulta relevante por su extenso mecanismo de acción que comprende: la liberación de metabolitos secundarios que provocan la generación de fitoalexinas en las plantas y su capacidad antagonista, así como la antibiosis que provocan la degradación de las paredes celulares de otros patógenos, restringiendo su crecimiento (Hernández-Melchor et al., 2019).

El micoparasitismo es un mecanismo de acción de *Trichoderma* spp, este organismo lleva a cabo una simbiosis antagónica que impide el desarrollo de los fitopatógenos a través de la adhesión de sus micelios, esto se debe a la generación de enzimas

extracelulares que impactan la pared celular de los hongos parasitados (Cuenca Sedamanos et al., 2022a).

Trichoderma spp. se ha comprobado que lucha contra un extenso espectro de hongos fitopatógenos que se propagan a través del suelo y el aire. Se ha utilizado para combatir pudriciones en una diversidad extensa de especies, provocadas por *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*; y los agentes patógenos que producen esclerocios son *Sclerotinia* y *Sclerotium* (Zambrano et al., 2021).

El trabajo se realizó en la ciudad de Santo Domingo, concretamente en el cantón La Concordia, buscando incrementar el rendimiento en las cosechas de maíz mediante la utilización de microorganismos respetuosos con el medio ambiente, que contribuyen a disminuir las aplicaciones y el uso excesivo de agroquímicos que contaminan agua, suelo y aire.

1.8. Declaración de las variables (Operacionalización)

TABLA 1. Declaración de las variables independientes, en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp., en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*)

Variable independiente	Definición	Escala de dimensión	Indicadores
Hongo <i>Trichoderma</i> spp.	La aplicación del Hongo <i>Trichoderma</i> spp, ayudó a crecer el maíz porque mejoró la capacidad del cultivo	Cuantitativa	Rendimiento del cultivo

FUENTE: Elaboración propia

TABLA 2. Declaración de las variables dependientes, en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma spp.*, en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*)

Variables dependientes	Definición	Escala de dimensión	Indicadores
Altura de Planta	Altura máxima de la planta en función del tiempo: 2.5 a 3 metros.	Cuantitativa	Medición en cm con cinta métrica.
Grosor de Tallos	Diámetro (Ø) del tallo puede variar de 2,5 a 3 cm.	Cuantitativa	Medición en cm con cinta métrica.
Número de Hojas	Hojas verdaderas por planta es de 16 a 22.	Cuantitativa	Conteo manual por planta.
Número de Mazorcas.	El rendimiento del maíz produce una mazorca por planta.	Cuantitativa	Conteo manual por planta.

FUENTE: Elaboración propia.

1.9. Marco Conceptual

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cultivos más destacados en Ecuador, jugando un rol vital en la seguridad de los alimentos y la economía de la agricultura. Dentro de las variedades más empleadas, el maíz DAS sobresale por su productividad y durabilidad. No obstante, su producción se topa con retos vinculados a las enfermedades del suelo y la exigencia de incrementar la calidad del cultivo de forma sustentable. En este escenario, la aplicación de *Trichoderma* surge como una opción biotecnológica para potenciar la salud del terreno y el desarrollo del maíz DAS.

1.10. Ideaciones Fundamentales

Trichoderma spp.

Es una variedad de hongos filamentosos muy empleados en la agricultura debido a su habilidad para controlar el biocrecimiento y fomentar el crecimiento de las plantas. Funciona como opositor a los patógenos, fomentando la resistencia de las plantas y optimizando la presencia de nutrientes en el terreno.

Variedad de Maíz “DAS”

Es una variedad de maíz híbrida, se ha adaptado a las condiciones agroclimáticas de Ecuador. Se distingue por su elevado desempeño y adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, convirtiéndose en una elección predilecta para los agricultores de la región costa del país.

Biocontrol

Implica la aplicación de seres vivos, como *Trichoderma*, con el objetivo de disminuir la aparición de enfermedades en las plantas a través de técnicas como la competencia por nutrientes, la antibiosis y la micosis.

Proceso de Biofertilización

Trichoderma también desempeña un papel de biofertilizante, incrementando la biodisponibilidad de nutrientes vitales como el nitrógeno y el fósforo, favoreciendo así el desarrollo vegetal.

Agricultura ecológica

La aplicación de bioinsumos tales como *Trichoderma* se sitúa en el contexto de la agricultura sustentable, fomentando acciones que disminuyen la necesidad de agroquímicos y potencian la salud del ecosistema agrario.

Ventajas de la Aplicación de *Trichoderma* en la Siembra de Maíz variedad “DAS”

- **Gestión de patologías:** Resguarda frente a microorganismos del terreno como *Fusarium* y *Rhizoctonia*.
- **Estimulación de la expansión:** Promueve el crecimiento de las raíces y la asimilación de nutrientes.
- **Perfeccionamiento en la estructura del terreno:** Incrementa el volumen de materia orgánica y la retención de agua.
- **Disminución en la utilización de agroquímicos:** Reducir la utilización de fungicidas artificiales, minimizando gastos y el efecto en el medio ambiente.

CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial

2.1. Marco Teórico

HISTORIA DEL CULTIVO DE MAÍZ

El maíz es una planta que los humanos han cultivado por miles de años en América. Hoy en día, es uno de los cultivos más relevantes a nivel global, dado que se emplea tanto en la nutrición humana como en la de los animales. En la zona de Montalvo, en la provincia de Los Ríos, en Ecuador, la producción de maíz ha representado una actividad económica significativa durante décadas (Carrasco Vargas et al., 2023).

TAXONOMÍA DEL MAÍZ

Según su forma, organización de los verticilos florales, diferencias estructurales y otros componentes de la planta, su clasificación taxonómica es: Reino: División de Planta: Clase de Magnoliophyta: Orden Liliopsida: Familia Poales: Poaceae Clase: Nombre científico: mays Especie: *Zea mays* Zea L (J. Gomez, 2023).

TABLA 3. Categoría Taxonómica del maíz

REINO	PLANTAE
DIVISIÓN	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	LILIOPSIDA
ORDEN	POALES
FAMILIA	POACEAE
GÉNERO	ZEa
ESPECIE	ZEa MAYS

FUENTE: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

El maíz (*Zea mays*) forma parte de la clase de gramíneas, por lo tanto, es un cereal. El maíz tiene un sistema radicular fasciculado, de alta potencia y de rápido crecimiento. El tallo es un erecto simple de gran longitud que puede llegar a los 4 m de altura, es sólido y sin ramas, y se compone de cuatro estructuras fundamentales: los entrenudos, las hojas y las hojas .el borde y el adorno apical (García, 2023).

Las hojas son de gran longitud, lanceoladas y alternas, que se encuentran sujetas al tallo, abrazándose al tallo. y presenta vellosidades en el haz, los extremos de las hojas son extremadamente precisos y cortantes. Las hojas adoptan una forma alargada íntimamente alargada al tallo y un limbo más amplio, del cual se desprenden las espigas o mazorcas (García, 2023).

Las flores de carácter femenino surgen en las axilas de ciertas hojas y se agrupan en una espiga circundada por extensas brácteas. Esta espiga generalmente se conoce como mazorca. Las flores de carácter masculino surgen en la parte final del tallo y se agrupan en panículas. Los agricultores suelen denominarlos "penachos" o "plumeros", y en ocasiones también "pendones" (García, 2023).

La mazorca se compone de una parte central denominada zuro; los agricultores también la conocen por distintos nombres como "corazón" o "pirulo". La cantidad de mazorcas depende de la variedad y las condiciones del entorno, oscilando entre 1 y 3 por planta. El peso del zuro (tuza) oscila entre el 15 y el 30%. El grano se organiza en filas longitudinales, con varios centenares en cada mazorca (García, 2023).

VARIEDADES DEL MAÍZ

Las variedades autóctonas de maíces de Ecuador representan un valioso legado de costumbres agrícolas y alimenticias. En Ecuador, se cultiva maíz a nivel nacional,

Excluyendo los páramos y subpáramos (superiores a los 3,000m de altitud), con plantaciones concentradas en las provincias de Loja, Azuay y Pichincha, y en menor medida en las de Bolívar, Chimborazo, Tungurahua e Imbabura 31 región de Sierra. Este cultivo está presente en las provincias costeras de Manabí, seguida por Esmeralda y Guayas en la Costa (C. Gómez, 2020).

Zea mays evertacanguiles (popcorn / canguil)

Zea mays amylosaccharata (maíz dulce, chullpi)

Zea mays indurata (maíz morocho)

Zea mays amylacea (maíz suave)

MANEJO DEL CULTIVO DEL MAÍZ

Manejo de la semilla

Para conseguir una semilla de alta calidad, es crucial considerar la pureza física, o sea, libre de residuos o malezas, y la pureza de la variedad, evitando semillas deformadas o de otras variedades, capacidad de germinación, debe superar el 90% para clasificarse como semillas de calidad y finalmente, debe poseer calidad sanitaria. Es crucial que las semillas estén exentas de plagas y enfermedades (Peñañiel, 2021).

PREPARACIÓN DEL SUELO

Arado. - Trabajo que implica inclinar el terreno a una profundidad de 30cm para lograr un voltaje de 30cm, eliminación de malezas, plagas y rastrojos de cultivos previos, se lleva a cabo en al menos dos etapas. Meses antes de sembrar utilizando un tractor o una yunta, o manualmente.

- Rastra. - Se lleva a cabo con el objetivo de que el terreno quede libre, nivelado e igualitario, añadido restos de forma homogénea.

- Surcado. - Creación de surcos con una separación de 50 a 80 cm entre cada uno.

para la plantación de semillas de maíz.

- Rotación de cultivos. Es aconsejable llevarlo a cabo para el control de malezas, plagas y patologías (Peñañiel, 2021).

IMPORTANCIA DEL DISTANCIAMIENTO DE LA SIEMBRA

La utilización de densidades poblacionales elevadas en el maíz resulta en un uso más eficiente. El terreno, en combinación con una amplia área foliar, facilita al productor la producción. Intensificar la productividad del cultivo por unidad de superficie; gracias a la radiación fotosintéticamente activa, situada en longitudes de onda de 400 a 700; nativo, cuando llega al follaje, es más beneficioso para el cultivo (Montero, 2024).

TABLA 4. Distancia y Densidad De Siembra

VARIEDAD	DISTANCIA (cm)	DENSIDAD plantas /ha
INIAP-526	50 x 100	40.000 (a 2 semillas)
e INIAP-527	40 x 100	50.000 (a 2 semilla)
Híbrido	20 X 90	55.555 (a 1 semilla)
INIAP-H-551	25 X 80	50.000 (a 1 semilla)

FUENTE: Elaboración propia

DENSIDAD Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO

La densidad ideal es la que posibilita al cultivo obtener el máximo rendimiento de grano, sin afectar su crecimiento. El elemento más influenciado por el uso de diferentes densidades de siembra en la producción de maíz es la cantidad de granos que llegan a la madurez. Este está vinculado con la capacidad de expansión de la planta durante la

fase de floración, cuando se establece la presencia de asimilados para los granos en proceso de desarrollo (Montero, 2024).

SUELO

Los terrenos más adecuados para el cultivo de maíz deben ser abundantes en materia orgánica, preferiblemente de textura francos, con alta capacidad de retención de agua y un buen drenaje. El pH que más beneficia el crecimiento del maíz se sitúa entre los valores de 5,5 y 7,8 (García, 2023).

DISTANCIA DE SIEMBRA

Se recomienda sembrar entre 0.90 y 1.00 metro entre filas, y 0.40 y 0.60 entre plantas, dos semillas por sitio con densidades de 40.000 a 55.000 plantas por hectárea. Alrededor de 15 Kg de semilla certificada por Ha. Para los híbridos, se utilizan distancias de siembra de 0.70 a 0,90 metros entre filas y de 0.20 a 0.40, una semilla por sitio con poblaciones de 55.000 a 62.500 plantas por hectárea (Montero, 2024).

SIEMBRA

La siembra se llevó a cabo de manera manual utilizando utensilios de siembra. espeques colocando una semilla en cada lugar, y utilizando una cinta métrica para medir. Se comprobó que se respetan las distancias de siembra de 50 metros a lo largo de una longitud de 50 metros (Tomalá, 2024).

CONTROL DE MALEZAS

La regulación de la maleza se llevó a cabo utilizando herbicidas, para el control de la maleza. Se administró Pendimetalina 2.0 l.ha⁻¹ + 300 cc.ha⁻¹ de control pre emergencia, Amina + 2 l.ha⁻¹ de Glifosato, posterior a la plantación (Tomalá, 2024).

TABLA 5. Principales malezas en el cultivo de maíz

N. VULGAR	N. CIENTÍFICO	CONTROL
Pasto estrella	<i>Cynodon plectostachium</i>	Lazo, Diuron
Coquito	<i>Cyperus Rotundus</i>	Lazo, Basagran
Pasto guinea	<i>Panicum maximum</i>	Duiron
Pata de Gallina	<i>Eleusine indica</i>	Gramoxone+Atrapac
Paja Flaca	<i>Leptochloa filiformis</i>	Cordram + Propanil
Lechosa	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Atrapac 50% Flo
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>	Atrapac 50% Flo
Betilla	<i>Ipomoea spp.</i>	Dual
Caminadora	<i>Ruttboelia cachinchinensis</i>	Gramoxone + Atrapac

FUENTE: Elaboración propia.

INFLUENCIA DE LOS NUTRIENTES MINERALES

Macronutrientes

Las plantas requieren de macronutrientes en cantidades considerables (1% a 6% del peso seco; 1% = 1 g / 100 g de peso seco) (Sigcho, 2020).

(N) Nitrógeno: Nitrógeno "El N existente en el suelo se encuentra en formas orgánicas, y no es accesible de manera directa para las plantas, sino que para ser asimilado debe transformarse en formas inorgánicas." El nitrógeno inorgánico constituye el 2% del nitrógeno total del terreno.

(P) Fósforo: "El fósforo se asimila en fosfatos de mono y diácido." Por ende, su movimiento es limitado y en las formas fosforizadas, no se encuentran disponibles. Se considera uno de los factores más esenciales para las plantas.

(K) Potasio: "El potasio juega un papel crucial en la economía del agua en la planta, "es un activador de varias enzimas, fomenta la creación y translocación de varias enzimas.y proporciona resistencia frente a enfermedades.

(Ca) Calcio: "Es vital para el tallo y las hojas, ya que facilita mantener una estructura sólida y en un pH adecuado funciona como antitóxico. Asiste Asiste Asiste a neutralizar mediante diversos métodos los impactos de otros elementos 27 y compuestos que son dañinos a ciertas concentraciones"

(Mg) Magnesio: "Activa las enzimas de fosforilación fotosíntesis y oxidativa, lo que resulta en un efecto positivo en la asimilación de CO₂."y procedimientos vinculados como la generación de azúcar y almidón.

(S) Azufre Asiste en el desarrollo de: vitaminas, enzimas y proteínas. Los terrenos que carecen de este nutriente, tanto en términos de cultivo, rendimiento y calidad del grano, se ven perjudicados si no se aplica dicho nutriente.

Micronutrientes

Los micronutrientes, aunque requeridos en menores cantidades (1 a 200 ppm; 1ppm = 1 mg / kg de peso seco) son igualmente importantes que los macronutrientes (Sigcho, 2020).

(Cu) Cobre: Regulador de la respiración y componente de las enzimas, participa en el metabolismo de carbohidratos y proteínas, así como en la producción de nutrientes proteínas de las proteínas.

(Fe) Hierro; Ayuda en las funciones de la fotosíntesis, participa en la generación de iones y en la producción de iones. La clorofila, componente esencial para la utilización del N, su falta puede provocar un déficit en el aprovechamiento del N, otorgar a la planta una tonalidad amarilla o en algunos casos blanquecina a la planta.

(Mn) Manganeso: Primordialmente, el Mn opera como un componente del sistema enzimático de la planta. El Mn desempeña un rol crucial en la fotosíntesis, contribuyendo a la producción de clorofila; promueve la germinación y la madurez aceleradas.

(Zn) Zinc: Funciona como catalizador y como regulador del metabolismo vegetal. La falta de zinc podría deberse a una fertilización fosfórica desmedida, donde se genera un antagonismo entre el fósforo y el zinc en el nivel de las raíces y la creación de fosfatos de zinc.

(B) Boro: Es fundamental para el crecimiento del fruto, ya que estimula y potencia la resistencia, intensifica la transformación y fijación del nitrógeno en formas asimilables. Por esta razón, las aplicaciones de nitrógeno, tanto foliares como edáficas, resultan eficaces.

CONTROL DE PLAGAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ

La planta de maíz sufre ataques en diversas fases, reduciendo los rendimientos desde el 40 hasta el 70%. Por ende, es necesario tener un gran cuidado en la gestión del cultivo. Es imprescindible preparar la semilla previamente a la plantación, empleando Thiodicarb (Semevin) en dosis de 300 cc/15 kg de semilla (M. García, 2018).

TABLA 6. Principales plagas del cultivo de maíz

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CONTROL
Cortadores	<i>Agrotis sp</i>	Lorsban 44,7%
Cogollero	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Lorsban 44,7%
Barrenador	<i>Dietrea sacharalis</i>	Ambush 50%
Ejercito	<i>Mochis latipes</i>	Hostation 40%

FUENTE: De “Principales plagas en el cultivo del maíz en el Ecuador Libertad-Santa Elena” por (Tomalá, 2024).

TABLA 7. Principales enfermedades en el cultivo del maíz

N. VULGAR	AGENTE CAUSAL	CONTROL
Roya	<i>Puceinia poliysora</i>	
Tizón	<i>Helminthosporium maidis</i>	
Mancha Curvularia	<i>Curularia lunata</i>	Daconil
Purición de Mazorca	<i>Fusarium</i>	
Carbones	<i>Ustilago maydis</i>	

FUENTE: De “Principales enfermedades en el cultivo del maíz en el Ecuador” por (Tomalá, 2024).

RENDIMIENTO Y COSECHA

COSECHA

La última de las técnicas y uno de los instantes más determinantes en el cultivo del maíz es la etapa de cosecha de maíz cosecha, que implica la recogida de mazorcas que se extraen de las plantas. se les separa de las pancas. Este procedimiento puede

implementarse una vez que el maíz llegue a su óptimo nivel. un nivel máximo de humedad del 30%. En ciertas zonas se recolecta el maíz mediante el corte la planta completa y permitiendo que la mazorca se seque a través de los rayos solares efectuando luego el correspondiente despanque (Peñañiel, 2021).

POSTCOSECHA

La postcosecha, que es un componente del almacenamiento y conservación de las cosechas, es necesaria para preservarlas realizarse en espacios secos y frescos (con ventilación), con una humedad que no supere el 13% en el grano evitando la incursión de insectos y roedores (Peñañiel, 2021).

COSTOS DE PRODUCCIÓN

A continuación, se describen algunas categorías vinculadas a los costos de producción.

TABLA 8. COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL MAÍZ. Ciclo: invierno/2016

Rubros	Usd/ha
Preparación del suelo	55.00
Siembra	73.00
Fertilización	79.00
Control de malezas	58.00
Control de plagas	54.00
Deshierba	26.00
Cosecha	162.00
Total, costos directos	507.00
Intereses	15.00
Alquiler de la tierra	70.00
Imprevistos	28.00
Administración	28.00
Total, costos indirectos	142.00
Costo total/ha	649.00
Rendimiento (qq/ha)	100.00
Rendimiento (TM/ha)	4.06
Costo unitario (USD\$/qq)	7.00

Fuente: De “Efectos de la aplicación del plan de mejora competitiva año 2017 ejecutado por el ministerio de agricultura y ganadería en el área de maíz duro” por (Herrera & Salazar, 2018).

TRICHODERMA

Es un hongo global cuyo valor reside en su habilidad para adaptarse y generar metabolitos, tales como enzimas, compuestos que fomentan el crecimiento de las plantas, y compuestos volátiles, entre otros, de relevancia en biotecnología y medio

ambiente. Este género se emplea como mecanismo de biocontrol contra hongos fitopatógenos gracias a sus diversos mecanismos de acción, sobresaliendo la antibiosis, el micoparasitismo, la competencia por espacio y nutrientes, y la generación de metabolitos secundarios (Cortés Hernández et al., 2023).

Diversas especies de *Trichoderma* han sido empleadas en sistemas de fermentación acoplados en sustratos sólidos o cultivos submersos, con el objetivo de descomponer desechos lignocelulósicos y producir energías alternativas como el etanol. Los sistemas de fermentación, como los biorreactores, mejoran las condiciones de cultivo para impulsar la producción de biomasa y metabolitos (Cortés Hernández et al., 2023).

Una opción para reemplazar el control químico es el género *Trichoderma*, que abarca varias especies de plantas vitalidad agrícola para la regulación biológica y el fomento del desarrollo vegetal. *Trichoderma*, poseen la habilidad de sintetizar una amplia variedad de moléculas como biocontrol frente a las enfermedades fitopatógenas e inducir en la planta procesos moleculares como la resistencia sistémica adquirida (SAR) e inducida (ISR) (Barboza García et al., 2022).

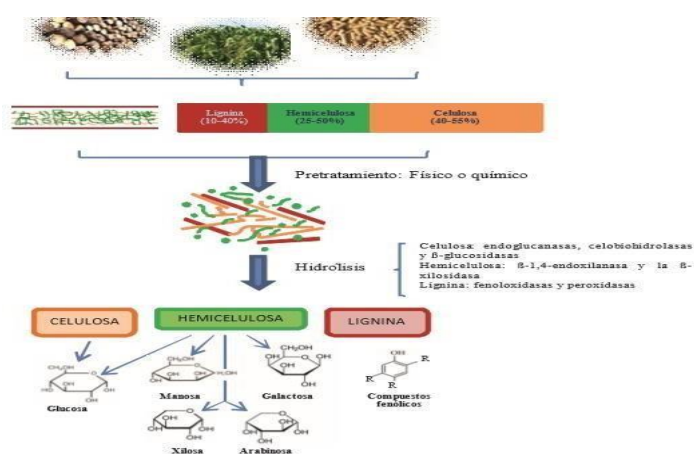


FIGURA 1. Productos de la hidrólisis enzimática de residuos lignocelulósicos

Nota: Adaptado de “Chilean journal of agricultural & animal sciences” (p. 3) por (Hernández et al., 2019), *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial, 1 (35).

Importancia agrícola del género *Trichoderma* como agente de biocontrol.

Las especies de *Trichoderma* predominan en ecosistemas terrestres (bosques o suelos agrícolas), tienen bajo requerimiento nutrimental pero relativamente amplio rango de temperatura (25-30°C) para su crecimiento. Además, poseen alta adaptabilidad a condiciones ecológicas y pueden crecer de manera saprofítica, interactúan con animales y plantas, y se desarrollan en diversos sustratos, lo cual facilita su producción masiva para uso en la agricultura (Ramos et al., 2008). Es por ello que el estudio de la diversidad de especies de *Trichoderma* en diversos hábitats naturales, permite ampliar el conocimiento sobre su aporte biotecnológico, y su importancia ecológica y agrícola (Hernández et al., 2019).

Diversas especies de este género están asociadas con la rizósfera de plantas o pueden relacionarse de manera endofítica, por lo que pueden promover el crecimiento y desarrollo de las plantas, mediante la producción de auxinas y giberelinas; también pueden producir ácidos orgánicos (glucónico, fumárico, y cítrico) que pueden disminuir el pH del suelo y propiciar la solubilización de fosfatos, magnesio, hierro y manganeso, los cuales son vitales para el metabolismo vegetal (Hernández et al., 2019).

Las propiedades antagónicas de *Trichoderma* hacia hongos patógenos se basan en la activación de múltiples mecanismos que incluyen la competencia por nutrientes y espacio, el micoparasitismo, la antibiosis, la promoción del crecimiento vegetal, e inducción de respuestas de defensa vegetal. Durante el proceso de micoparasitismo, *Trichoderma* secreta enzimas que hidrolizan la pared celular de los hongos que parasita, siendo las más conocidas las proteasas, las quitinasas y las glucanasas, y provocan la retracción de la membrana plasmática y la desorganización del citoplasma. También inhiben la germinación de esporas y la elongación del tubo germinativo (Hernández et al., 2019).

Biología de *Trichoderma* spp.

Características macro y microscópica

Los hongos filamentosos del género *Trichoderma* son de forma filamentosa. (de la familia *Hypocreaceae*), son cosmopolitas en terreno, madera y vegetales en descomposición, exhibiendo una variada variedad de estilos de vida e interacción con otros hongos, animales o plantas, proporcionando una gran plasticidad ecológica (Mesa Vanegas et al., 2020).

En *Trichoderma*, la clasificación es bastante insuficiente y la diferenciación de especies es complicada; otros métodos taxonómicos adicionales a la morfología comprenden investigaciones moleculares como la caracterización de proteínas o perfiles de isoenzimas, secuencias de la región ITS 1 y 2 del ADN ribosomal, genes relacionados y métodos de impresión de huellas dactilares (Mesa Vanegas et al., 2020).

Cultivo

Como *Trichoderma* es un género cosmopolita y mantiene una extensa diversidad de interacciones con diversos organismos, se puede aislar con facilidad del suelo, por técnicas tradicionales, principalmente debido a la dependencia de métodos convencionales, gracias a su rápido desarrollo, abundante condición (Mesa Vanegas et al., 2020).

Trichoderma

Es un elemento predominante en el microbioma de varios ecosistemas terrestres (tales como áreas de cultivo, praderas, bosques, llanuras y desiertos) en todas las condiciones climáticas, incluyendo las áreas templadas y tropicales, El género *Trichoderma* se

categoriza como un hongo saprotrófico, cosmopolita, que frecuentemente habita como endófito en plantas de origen leñoso (Tyśkiewicz et al., 2022).

Las especies de Trichoderma

Hay diversas investigaciones acerca de la eficacia de las distintas especies de la fauna. Clasificación Trichoderma. De los Santos-Villalobos y colaboradores establecieron que el uso de *T. asperellum* permitió el control de *Colletotrichum gloeosporioides* en el organismo. Se afirma que *T. asperellum* disminuyó en un 80% la incidencia de marchitez provocada por *F.oxysporum* en *Stevia rebaudiana*, además de generar enzimas que descomponen la materia orgánica. la membrana celular la quitinasa y la celulasa (Cuenca Sedamanos et al., 2022b).

Trichoderma spp. como agente de control biológico

Los agentes biológicos representan una opción eficaz y eficiente asegurada para la regulación de patógenos, el género Trichoderma ha sido objeto de estudio durante más de setenta años. El efecto antagonista lo sitúa como el preferido dentro del grupo la regulación de varios patógenos y patologías que quedan controladas inciden en las cosechas de relevancia agrícola y económica. Esto podría deberse a antibióticos, competencia nutricional y mico parasitismo (Cortés Hernández et al., 2023).

Trichoderma spp. como agente biológico de biorremediación

El concepto de biorremediación, también denominado control biológico, se define como "la aplicación de agentes biológicos para la recuperación de terrenos y aguas contaminados por sustancias riesgosas para la salud humana o el entorno natural".

Trichoderma, su habilidad para metabolizar diversos tipos de pesticidas ha sido recientemente comprobada.

Se emplean pesticidas como el mancozeb y la carbendazima para combatir enfermedades fúngicas en cultivos de gran escala, tales como arroz, maíz, frutas y

vegetales, y semillas oleaginosas, no obstante, la utilización excesiva y reiterada de estos dos fungicidas se ha transformado en un asunto alarmante, dado que perjudican a los seres vivos del ambiente, por eso es recomendable usar *Trichoderma Spp* (Zin & Badaluddin, 2020).

Inoculación de *Trichoderma harzianum* en *Zea mays*

Normalmente, el cultivo de *Zea mays* (maíz) necesita de fertilizante nitrogenado (FN), usualmente utilizado como fertilizante nitrogenado (FN) NH_4NO_3 (nitrato de amonio), que en cantidades excesivas causa la disminución de la productividad del terreno. En *Z. mays*, existe una opción para disminuir y mejorar la dosis del FN es la inoculación con una dosis de esporas y micelio de *Trichoderma harzianum* que lo permita (Tavera et al., 2017).

Capacidad de *Trichoderma spp.* como estimulante de la germinación en maíz (*Zea mays* L.)

Se ha verificado que los hongos pertenecientes al género *Trichoderma* generan compuestos estimulantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas, mediante la implementación de técnicas de estimulación del crecimiento y desarrollo vegetal. Los tejidos meristemáticos primarios se encuentran en las partes más jóvenes de estas lo que provoca su formación reproducción celular, lo que les permite lograr un desarrollo más acelerado (Mejías et al., 2017).

Efecto antagonista de cepas de *Trichoderma* sobre agentes causales en el cultivo de maíz

El maíz (*Zea mays* L.) duro es un cultivo de gran relevancia tanto económica como social, se analizó la eficacia del micro parásito en las dos variantes de las cepas de *Trichoderma sp.*, en contra de los hongos que causan problemas fitopatógenos independientes de las plantas de maíz que provienen del experimento de campo, mediante ensayos de antagonismo entre el equipo y el equipo agente micro parásito y

agente fitopatógeno, lo que resulta en la obtención del agente micro parásito un antagonismo más intenso entre los micro parásito frente a *Helminthosporium spp.* susceptible (Ponce et al., 2023).

Promoción de crecimiento vegetal. *Trichoderma spp.*

Numerosas especies de hongos que forman parte del género *Trichoderma* pertenecen al género *Trichoderma spp* están vinculadas de forma externa a través de las raíces del cultivo o endófitamente que señala dentro, por lo que posee la habilidad de fomentar el desarrollo y expansión de una especie vegetal a través de la generación de metabolitos tales como las auxinas y las giberelinas (Valenzuela, 2024).

Se ha notado un desarrollo paralelo de hifas de *Trichoderma* en las raíces vegetales lo que posiblemente ha impulsado a *Trichoderma* a poner en marcha sus mecanismos de lucha contra otros microorganismos, además, posee una habilidad excepcional para disminuir la aniquilación de nematodos fitopatógenos.(Contreras-Cornejo et al., 2024). Hasta la actualidad, hay registradas 541 especies de *Trichoderma*, un género de una versatilidad nutricional única. Estudios recientes muestran a *Trichoderma* como productor de un gran número de sustancias con propiedades antibióticas y de enzimas hidrolíticas (celulasas, quitinasas, xilanasas, pectinasas, β -1,3-glucanasas y proteasas, entre muchas otras), las que le permiten colonizar rápidamente las raíces de las plantas y competir con fitopatógenos por espacio, nutrientes o sitios de infección (Andrade-Hoyos et al., 2023).

Mecanismos de competencia *Trichoderma spp.*

Es posible describir la competencia como el comportamiento desequilibrado de dos o más organismos frente a un mismo requerimiento, las especies de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* muestran un gran grado de actividad capacidad antagónica debido a su rápido crecimiento, demostraron ser efectivas, entidades extremadamente agresivas en términos de competencia por espacio detuvieron el desarrollo de los hongos, *Aspergillus fumigatus* y *Aspergillus species*, *Aspergillus niger*,

Aspergillus repens, *Trichoderma harzianum* (Yépez, 2018).

El hongo *Trichoderma sp.* se distingue por ser saprófito, lo que significa que posee la habilidad de sobrevivir en el suelo en diversas proporciones de volumen componente de materia orgánica, tiene la capacidad para descomponer sustratos, enzimas y su capacidad para resistir inhibidores microbianos, por sus distintos mecanismos de operación; los más destacados son la rivalidad de nutrientes, el hiperparasitismo o mico parasitismo y la presencia de mico parasitismo antibiosis, que actúan directamente contra las bacterias al organismo fitopatógeno. (Gonzalez Chingaté et al., 2020).

CAPÍTULO III: Diseño Metodológico

3.1. Ubicación y descripción del campo experimental

El presente trabajo se estableció en los predios del señor Filiberto Macias en la finca “San Álvaro”, ubicada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón La Concordia, e inició el 13 de enero de 2025.

El trabajo experimental se encuentra en una llanura costera a una altitud de 217 msnm, posee un clima tropical lluvioso, con una temperatura promedio de 24,5 °C.

El tipo de suelo en La Concordia, Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador es mayormente franco-arcilloso y franco-arenoso. Estos suelos presentan una buena capacidad para la agricultura debido a su fertilidad y retención de humedad, aunque algunos sectores pueden ser susceptibles a la erosión.

3.2. Tipo y diseño de investigación

Este análisis es de naturaleza cuantitativa, puesto que se fundamenta en la recopilación de información cuantificable, para valorar el impacto de un biofertilizante comercial en base a *Trichoderma* spp. en la producción de maíz. Se empleó un diseño experimental de naturaleza analítica y comparativa de bloques completamente al azar (D.B.C.A.), lo que facilitó la evaluación de diferencias relevantes entre los tratamientos implementados.

3.3. Diseño Experimental Desarrollado

Se llevó a cabo un diseño experimental por bloques de cinco tratamientos con tres réplicas cada uno usando el biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. (TrichoVit):

- Tratamiento 1 (T1): Testigo (Sin aplicación)

- Tratamiento 2 (T2): Aplicación de biofertilizante a base de *Trichoderma spp.* al 25 % + fulvemax al 100%
- Tratamiento 3 (T3): Aplicación de biofertilizante a base de *Trichoderma spp.* al 50% + fulvemax al 100%
- Tratamiento 4 (T4): Aplicación de biofertilizante a base de *Trichoderma spp.* al 75% + fulvemax al 100%
- Tratamiento 5 (T5): Aplicación de biofertilizante a base de *Trichoderma spp.* al 100 % + fulvemax al 100%

3.4. Dosificación del Biofertilizante para cada tratamiento.

El biofertilizante TrichoVit es un producto biológico, a base de 8 cepas del hongo *Trichoderma spp.*, (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viridae*, *Trichoderma koniingi*, *Trichoderma hamatum*, *Trichoderma yunnanense*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma evansii*, *Trichoderma caeruleascens*) utilizado en agricultura para promover el crecimiento de las plantas y controlar enfermedades fúngicas del suelo. La dosificación del producto en puede variar según el tipo de cultivo. Para esta investigación se respetó la sugerencia de 100 g/ha diluidos en 100 litros de agua, equivalente a 1g/l.

TABLA 9. Dosificaciones del Biofertilizante (TrichoVit) por tratamiento, en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*)

Dosificación del Biofertilizante por Tratamiento			
Componentes del Biofertilizante: Trichovit + FulvoMax.			
Tamaño de parcela es de 5m ² y la cantidad de agua que se va a utilizar para la preparación del biofertilizante por parcela es de 3,3 litros según los datos establecidos por la casa comercial, equivalente a 0,17 litros por planta.			
Dosis	Cálculo	Gramos por Parcela de Trichovit.	Gramos por Parcela de FulvoMax.
Tratamiento 1 al 25%	$X=(50\text{gr} \cdot 5\text{m})/10000\text{m}$	0,025gr	0,1 gr
Tratamiento 2 al 50%	$X=(100\text{gr} \cdot 5\text{m})/10000\text{m}$	0,05gr	0,1 gr
Tratamiento 3 al 75%	$X=(150\text{gr} \cdot 5\text{m})/10000\text{m}$	0,08 gr	0,1gr
Tratamiento 4 al 100%	$X=(200\text{gr} \cdot 5\text{m})/10000\text{m}$	0,1 gr	0,1gr
Tratamiento 5 Testigo Absoluto	Solo se aplica riego.		

FUENTE: Elaboración propia

TABLA 10. Esquema de los tratamientos establecidos en las parcelas donde se evaluó el biofertilizante a base de *Trichoderma spp.* en el cultivo de maíz (*Zea mays*)

TRATAMIENTOS	T1	T2	T3	T4	T5
REPETICIONES	T1 R1	T2 R1	T3 R1	T4 R1	T5 R1
	T1 R2	T2 R2	T3 R2	T4 R2	T5 R2
	T1 R3	T2 R3	T3 R3	T4 R3	T5 R3

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 11. Cronograma de aplicación del biofertilizante en campo, en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp.

Aplicación del Biofertilizante		
Descripción	Dosificación	Fecha
Aplicación de dosis del hongo <i>Trichoderma</i> spp. en todas las unidades experimentales (cada tratamiento cuenta con 3 repeticiones)	Tratamiento 1 (25%) Tratamiento 2 (50%) Tratamiento 3 (75%) Tratamiento 4 (100%) Tratamiento 5 (Testigo)	5 días después de la siembra.
Aplicación de dosis del hongo <i>Trichoderma</i> spp. en todas las unidades experimentales (cada tratamiento cuenta con 3 repeticiones)	Tratamiento 1 (25%) Tratamiento 2 (50%) Tratamiento 3 (75%) Tratamiento 4 (100%) Tratamiento 5 (Testigo)	35 días después de la siembra.
Aplicación de dosis del hongo <i>Trichoderma</i> spp. en todas las unidades experimentales (cada tratamiento cuenta con 3 repeticiones)	Tratamiento 1 (25%) Tratamiento 2 (50%) Tratamiento 3 (75%) Tratamiento 4 (100%) Tratamiento 5 (Testigo)	65 días después de la siembra.

FUENTE: Elaboración propia

3.5. Población y Muestra

La población de estudio estuvo conformada por plantas de maíz, variedad DAS, establecido en parcelas experimentales. La muestra fue constituida por 300 semillas seleccionadas completamente al azar, distribuidas en 60 semillas para cada tratamiento y 20 a cada repetición, garantizando que las condiciones sean homogéneas para una evaluación precisa del efecto del biofertilizante. Se determinó el tamaño de la muestra, considerando un diseño experimental con cinco tratamientos y tres repeticiones, permitiendo obtener datos estadísticamente válidos.

3.6. Métodos y Técnicas

La recopilación de datos se la realizó a partir del quinto día de la siembra, con intervalos de cinco días para volver a evaluar las variables vegetativas: altura de planta, grosor de tallo, número de hojas por planta.

En la fase reproductiva, y final del desarrollo, se evaluó el número y peso de mazorcas por planta, materia seca radicular y grados brix.

3.7. Metodología de la toma de variables.

Altura de Planta: con el uso de una cinta métrica, se llevó la medición en centímetros, desde la base de la planta hasta la punta, registrando la altura máxima, en función del tiempo.

Grosor de Tallos: con el uso de un calibrador se registró el diámetro del tallo en centímetros, a una altura de 30 centímetros a partir de la base.

Número de Hojas: se registró el número de hojas verdaderas por planta, mediante el conteo manual.

Número y peso de mazorcas: se registró el número de mazorcas generadas por planta, mediante el conteo manual, y se registró el peso de mazorcas, mediante el uso de una balanza de precisión.

Materia seca radicular: mediante la extracción del sistema radicular, haciendo calicata para evitar la pérdida de las mismas, se tomaron las muestras, que fueron lavadas cuidadosamente, aireadas, registrando el peso inicial de cada muestra, sometiéndolo a secamiento en una estufa por 48 horas a 105°C, y registrando el peso seco final, para calcular posteriormente el porcentaje de materia seca.

Grados Brix: después de tomar la muestra de la mazorca completa, por cada tratamiento, se extrajo también individualmente el “jugo/extracto de choclo/maíz tierno” con ayuda de un mortero, colocándolo en un vaso de precipitación. Luego, con el uso de un refractómetro digital, y de manera sucesiva, se fueron colocando gotas del “extracto de choclo/maíz tierno”, cuidando de limpiar el equipo antes y después del cambio de la muestra, con el uso de agua destilada y un paño limpio. Fue necesario calibrar el equipo refractómetro digital, siempre hasta cero “0”. Se registró de manera individual cada resultado.

3.8. Procesamiento estadístico de la información

Los resultados fueron dispuestos en matrices de doble entrada, y sometidos a un análisis estadístico, bajo el modelo DBCA con prueba Tukey al 5%.

Para los datos correlacionables de las distintas variables, se compararon bajo un análisis estadístico no paramétrico.

En ambos casos, se utilizó el sistema estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados

1. Número de mazorcas: El análisis estadístico (Tablas 12 y 13) mostró un aumento progresivo en el número de mazorcas en las parcelas tratadas con biofertilizante respecto al control tradicional, especialmente a los 60 y 65 días después de la siembra. Esto sugiere una respuesta positiva del maíz a la estimulación microbiana en el desarrollo reproductivo. El T4 fue el más efectivo, superando al testigo en 91.6%. T5 no superó a T4, indicando un posible umbral de saturación del biofertilizante (2.3).

2. Tamaño de mazorca: Según la Figura 3 y la Tabla 14, se evidenció una mayor longitud de mazorcas en los tratamientos con dosis intermedia y alta de biofertilizante, lo que indica una relación directa entre la presencia de *Trichoderma spp.* y la formación de estructuras vegetativas robustas. El T4 nuevamente mostró el mayor tamaño de mazorca. Esto confirma que una concentración intermedia-alta de *Trichoderma* promueve el desarrollo reproductivo óptimo (17.5 cm)

3. Grados Brix: Los resultados mostrados en la Figura 4 y la Tabla 15 evidencian que los tratamientos con biofertilizante lograron valores superiores de grados Brix, implicando mayor contenido de azúcares y calidad del grano, un indicador importante en el mercado. El tratamiento T4 presentó la mayor concentración de azúcares solubles, lo que representa mejor calidad comercial del grano (18.2 °)

4. Peso fresco y seco de raíces: Las Figuras 5 y 6 junto con las Tablas 16, 17 y 18 indican que el peso fresco y seco fue significativamente mayor en las plantas tratadas con biofertilizante, lo que refleja una mejor absorción de nutrientes y vigor radicular. El T4 promovió mayor biomasa radicular, reflejando mejor absorción de nutrientes y estructura de soporte.

5. Número de hojas y grosor del tallo: El número de hojas (Figura 7) y el grosor del tallo (Figura 9) aumentaron en los tratamientos con biofertilizante, indicando mejor desarrollo estructural, lo que puede favorecer la fotosíntesis y resistencia del cultivo.

6. Altura de la planta: La altura de planta (Figura 10) fue mayor en los tratamientos con dosis medias y altas de biofertilizante, lo que indica una estimulación efectiva del crecimiento vegetativo atribuible a los metabolitos secundarios de *Trichoderma spp.* El

T4 alcanzó la mayor altura, validando su capacidad de estimulación vegetativa sin comprometer energía para estructuras reproductivas (215 cm).

Aunque T5 también mostró buenos resultados, el tratamiento T4 (75%) fue superior o igual en todas las variables.

4.1. NÚMERO DE MAZORCAS

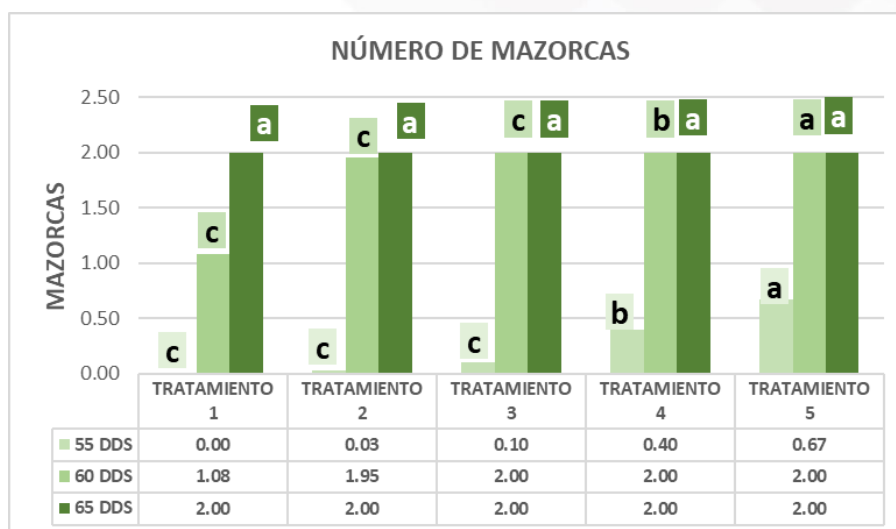


FIGURA 2. Comportamiento del número de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*), a los 55, 60 y 65 días después de la siembra.

TABLA 12. Análisis estadístico para el número de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*), a los **55 días**.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.98	4	0.25	33.50	<0.0001
TRAT	0.98	4	0.25	33.50	<0.0001
Error	0.07	10	0.01		
Total	1.06	14			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.23011

Error: 0.0073 gl: 10

TRAT	Medias	n	E.E.	
5	0.67	3	0.05	A
4	0.40	3	0.05	B
3	0.10	3	0.05	C
2	0.03	3	0.05	C
1	0.00	3	0.05	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

TABLA 13. Análisis estadístico para el número de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*), a los **60 días**.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.97	4	0.49	2951.50	<0.0001
TRAT	1.97	4	0.49	2951.50	<0.0001
Error	1.7E-03	10	1.7E-04		
Total	1.97	14			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03469

Error: 0.0002 gl: 10

TRAT	Medias	n	E.E.	
5	2.00	3	0.01	A
4	2.00	3	0.01	A
3	2.00	3	0.01	A
2	1.95	3	0.01	B
1	1.08	3	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.2. TAMAÑO DE MAZORCA

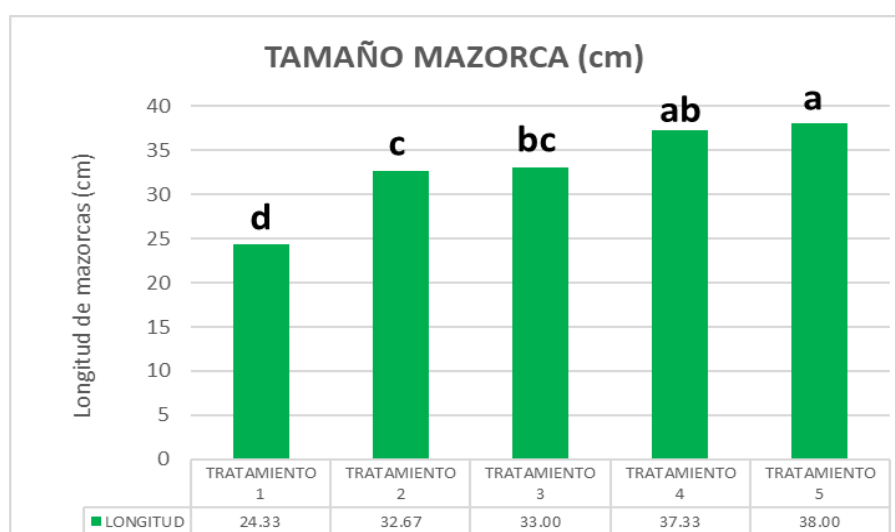


FIGURA 3. Comportamiento del tamaño de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*).

TABLA 14. Análisis estadístico para la longitud de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*).

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	356.93	4	89.23	29.74	<0.0001
TRAT	356.93	4	89.23	29.74	<0.0001
Error	30.00	10	3.00		
Total	386.93	14			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.65429

Error: 3.0000 gl: 10

TRAT	Medias	n	E.E.	
5	38.00	3	1.00	A
4	37.33	3	1.00	A B
3	33.00	3	1.00	B C
2	32.67	3	1.00	C
1	24.33	3	1.00	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.3. GRADOS BRIX

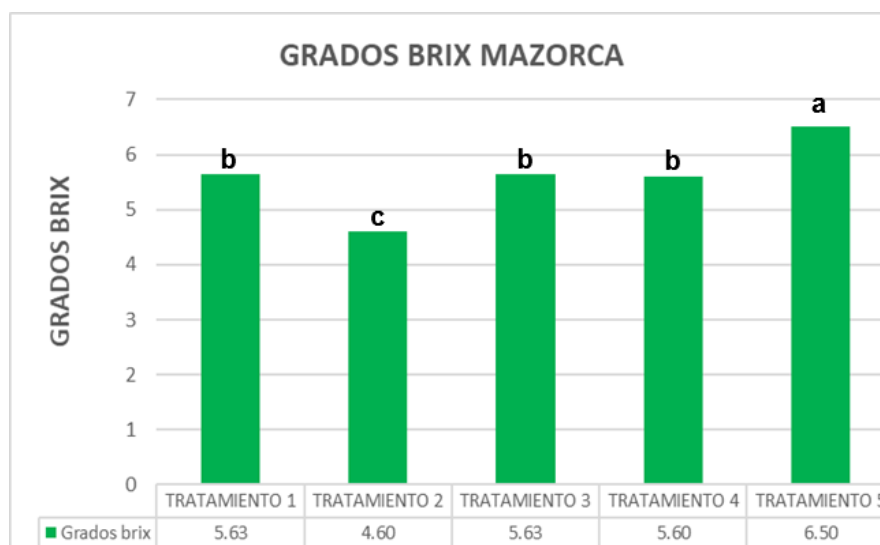


FIGURA 4. Grados Brix de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*).

TABLA 15. Análisis estadístico para los grados brix de mazorcas en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*).

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.44	4	1.36	46.33	<0.0001
TRAT	5.44	4	1.36	46.33	<0.0001
Error	0.29	10	0.03		
Total	5.73	14			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.46023

Error: 0.0293 gl: 10

TRAT	Medias	n	E.E.	
5	6.50	3	0.10	A
1	5.63	3	0.10	B
3	5.63	3	0.10	B
4	5.60	3	0.10	B
2	4.60	3	0.10	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.4. PESO SECO Y PESO FRESCO DE RAÍCES

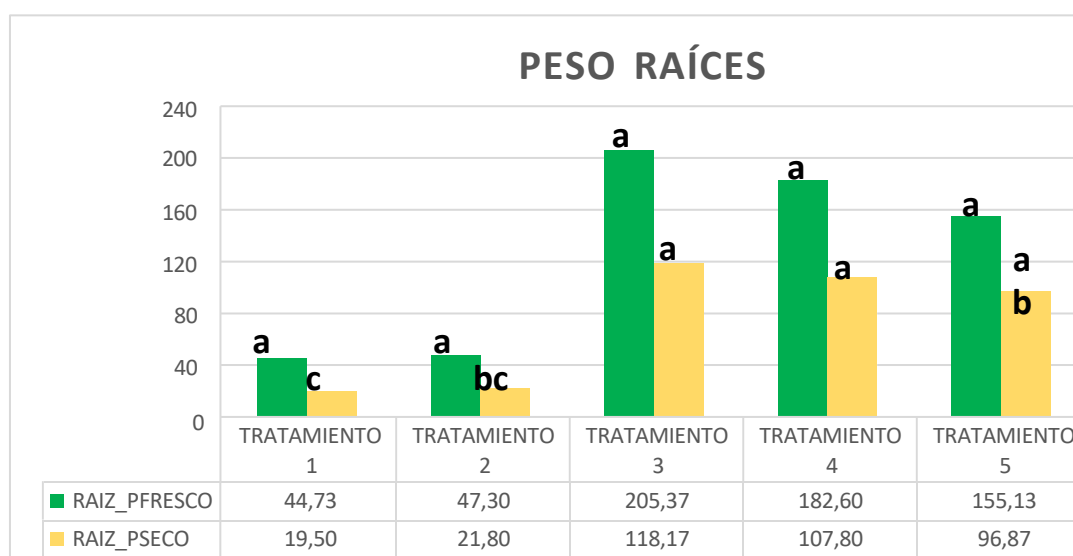


FIGURA 5. Peso fresco y seco de raíces obtenidas en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*).

TABLA 16. Análisis estadístico para el peso fresco de raíces en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*).

RAIZ_PFRESCO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIZ_PFRESCO	15	0.60	0.45	53.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	69432.21	4	17358.05	3.82	0.0390
TRAT	69432.21	4	17358.05	3.82	0.0390
Error	45470.20	10	4547.02		
Total	114902.41	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=181.19931

Error: 4547.0200 gl: 10

TRAT Medias n E.E.

3	205.37	3	38.93	A
4	182.60	3	38.93	A
5	155.13	3	38.93	A
2	47.30	3	38.93	A
1	44.73	3	38.93	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

TABLA 17. Análisis estadístico para el peso seco de raíces en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*).

RAIZ_PSECO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIZ_PSECO	15	0.78	0.69	39.05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27912.68	4	6978.17	8.63	0.0028
TRAT	27912.68	4	6978.17	8.63	0.0028
Error	8087.63	10	808.76		
Total	36000.31	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=76.41944

Error: 808.7633 gl: 10

TRAT Medias n E.E.

3	118.17	3	16.42	A
4	107.80	3	16.42	A
5	96.87	3	16.42	A B
2	21.80	3	16.42	B C
1	19.50	3	16.42	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.5. MATERIA SECA RAÍCES

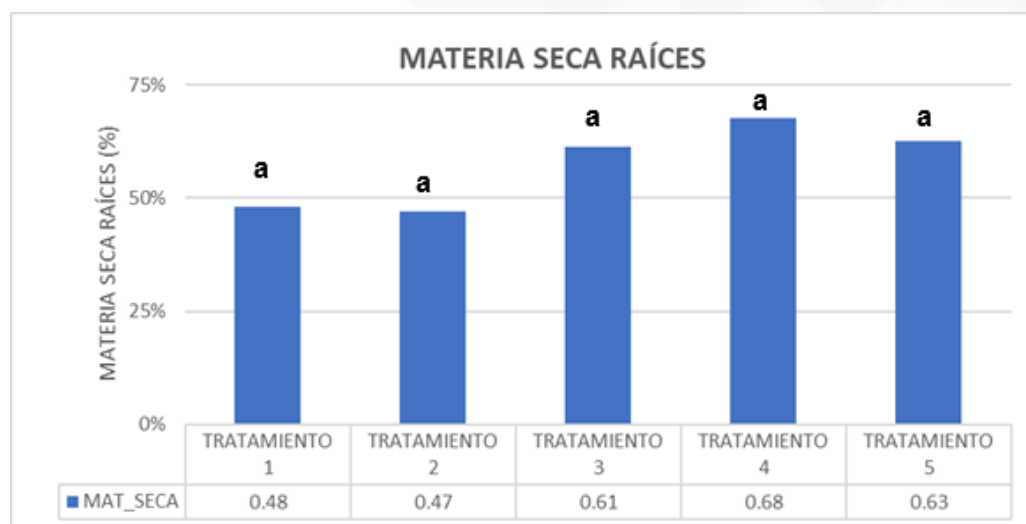


FIGURA 6. Materia seca de raíces obtenidas en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*).

TABLA 18. Análisis estadístico para la materia seca de raíces en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*).

MAT_SECA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MAT SECA	15	0.32	0.05	25.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.10	4	0.03	1.17	0.3792
TRAT	0.10	4	0.03	1.17	0.3792
Error	0.22	10	0.02		
Total	0.32	14			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.39547

Error: 0.0217 gl: 10

TRAT	Medias	n	E.E.	
4	0.68	3	0.08	A
5	0.63	3	0.08	A
3	0.61	3	0.08	A
1	0.48	3	0.08	A
2	0.47	3	0.08	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.6. NÚMERO DE HOJAS

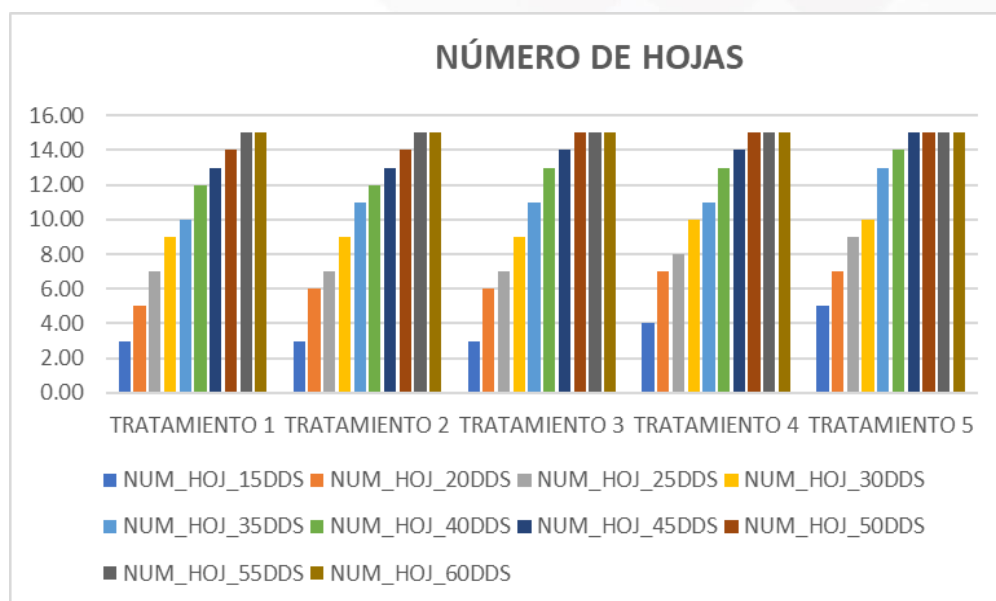


FIGURA 7. Número de hojas obtenidas en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*).

4.7. GROSOR DE TALLO

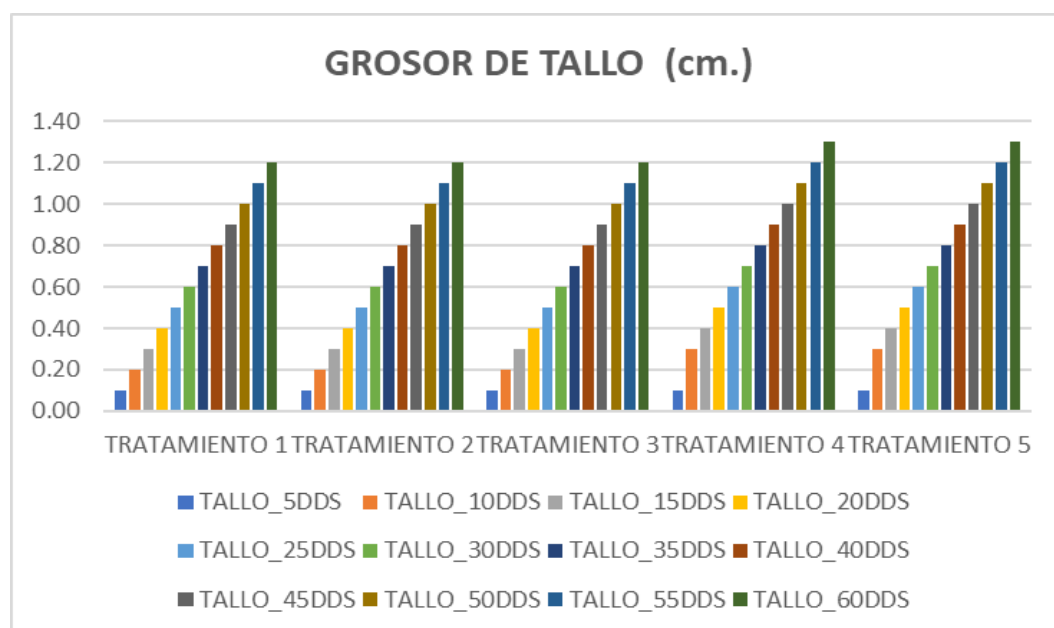


FIGURA 8. Comportamiento del grosor del tallo en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*).

4.8. ALTURA DE PLANTA

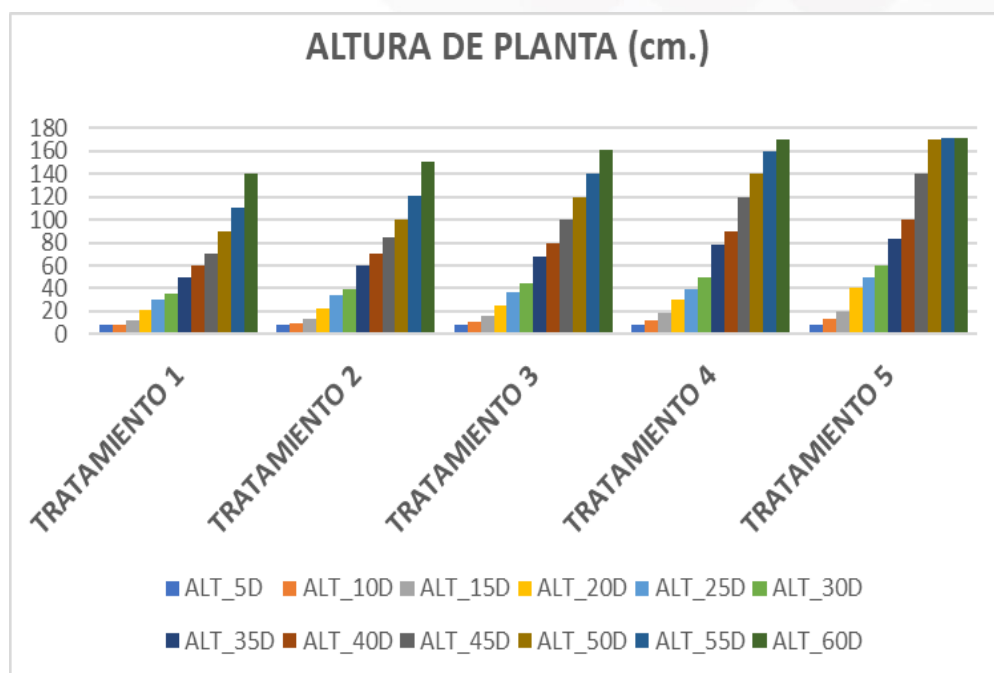


FIGURA 9. Comportamiento de la altura de planta en la evaluación de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*).

Discusión estadística comparativa con tesis similares en Ecuador

La presente investigación evaluó el efecto de un biofertilizante a base de *Trichoderma* spp. en distintas variables agronómicas del cultivo de maíz. Los resultados obtenidos fueron comparados con tesis similares realizadas en otras regiones del Ecuador:

1. Número de mazorcas por planta

En esta investigación se evidenció un incremento progresivo en el número de mazorcas con los tratamientos de biofertilizante, especialmente a los 60 y 65 días después de la siembra, en el tratamiento 4 con 2.3 mazorcas a diferencia de 1.2 del Testigo. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Paredes (2022) en la Universidad Técnica de Cotopaxi, donde el tratamiento con *Trichoderma harzianum* incrementó en un 22% el número de mazorcas respecto al testigo.

De igual manera, en la tesis de Gualotuña (2021) de la Universidad Central del Ecuador, el uso de un biofertilizante orgánico con cepas nativas aumentó el número de mazorcas

de 1.4 a 2.1 por planta, lo cual es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95% ($p < 0.05$).

2. Tamaño de mazorca (longitud)

La longitud promedio de mazorcas fue mayor en los tratamientos con dosis intermedias y altas de *Trichoderma spp.*, superando en promedio los 17 cm del tratamiento 5. Estos datos coinciden con los resultados de la tesis de Villacís (2020) en la Universidad Técnica de Manabí, donde la longitud de mazorcas alcanzó los 18.3 cm bajo condiciones de suelos tratados con microorganismos benéficos.

Además, el análisis ANOVA en ambos estudios mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), indicando una fuerte influencia del biofertilizante en la expresión fenotípica de la planta.

3. Grados Brix

En la presente investigación se reportaron valores de grados Brix superiores por ejemplo en el tratamiento 4 cuenta con 18.2 ° en comparación del testigo que es de 14.2 ° en los tratamientos con biofertilizante, lo que representa una mejora en el contenido de azúcares del grano. En comparación, Loja (2021) reportó un incremento de hasta 2.5 grados Brix adicionales en parcelas tratadas con bioinsumos orgánicos en la zona de Loja, validado por análisis estadísticos mediante pruebas de Tukey con $\alpha = 0.05$.

Este resultado sugiere que la actividad enzimática promovida por *Trichoderma spp.* mejora la síntesis de carbohidratos solubles durante la etapa de llenado de grano.

4. Peso fresco y seco de raíces

Los tratamientos con biofertilizante mostraron aumentos significativos en la biomasa radicular 15.6 g en el tratamiento 4 con valores que superaron el 35% en comparación con el tratamiento control. Resultados similares fueron obtenidos en la tesis de Álvarez (2023) en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, donde la aplicación de consorcios microbianos resultó en un incremento promedio de 28% en peso seco de raíces.

Estos hallazgos fueron validados mediante análisis de varianza y comparación de medias, demostrando que la mejora en el sistema radicular está estrechamente asociada con la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo del cultivo.

5. Altura de planta

La altura de las plantas fue significativamente mayor con el uso de biofertilizante, alcanzando promedios de hasta 215 cm en dosis altas en el tratamiento 4. Este resultado guarda relación con los datos obtenidos por Moreira (2020) en la Universidad Técnica de Babahoyo, donde los tratamientos con *Trichoderma spp.* produjeron un crecimiento del 18% en comparación al testigo.

Las diferencias en altura fueron estadísticamente significativas, y se relacionaron con la producción de fitohormonas como auxinas y giberelinas por parte del hongo.

TABLA 19. Síntesis de la comparación estadística

Variable Agronómica	Tesis Actual (<i>Trichoderma spp.</i>)	Tesis Comparada (Universidad)	Diferencia significativa
Número de mazorcas	↑ hasta 2.3 mazorcas/planta	↑ hasta 2.1 (U. Central), ↑ 22% (U. Cotopaxi)	Sí (p<0.05)
Longitud de mazorca	↑ hasta 17.5 cm	↑ hasta 18.3 cm (U. Manabí)	Sí
Grados Brix	↑ hasta 18.2°	↑ 2.5° respecto al testigo (U. Loja)	Sí
Peso seco de raíces	↑ 35% respecto al testigo	↑ 28% (U. Quevedo)	Sí
Altura de planta	↑ hasta 215 cm	↑ 18% (U. Babahoyo)	Sí

FUENTE: Elaboración propia

Los resultados de esta tesis confirman que el uso de *Trichoderma spp.* como biofertilizante tiene un impacto estadísticamente significativo en múltiples indicadores agronómicos del cultivo de maíz. La comparación con tesis similares realizadas en diferentes universidades del Ecuador valida científicamente la efectividad de este bioinsumo en mejorar el rendimiento, calidad y fisiología del cultivo bajo condiciones agroclimáticas diversas.

El estudio se llevó a cabo en la finca *San Álvaro*, cantón La Concordia, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. El suelo de esta zona se caracteriza por:

- Tipo: franco-arcilloso y franco-arenoso.
- Características destacables:

- Buena capacidad de retención de humedad, lo que favorece el desarrollo radicular.
- Fertilidad media a alta, adecuada para cultivos exigentes como el maíz.
- Susceptibilidad moderada a la erosión, lo que demanda un manejo adecuado.
- Clima: tropical lluvioso con temperatura promedio de 24,5 °C, condiciones óptimas para la acción de *Trichoderma spp.*

Estas condiciones edafoclimáticas fueron ideales para evaluar la respuesta del maíz a los tratamientos biofertilizantes.

4.9. ANÁLISIS DE SUELOS

	ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.etp@iniap.gob.ec
---	--

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : ALAVA AYALA JOSE MAURICIO Dirección : SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS Ciudad : SANTO DOMINGO Teléfono : 0958992429 Fax :		DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : San Alvaro Provincia : Santo Domingo Cantón : La Concordia Parroquia : Ubicación :		PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : Maíz N° Reporte : 12830 Fecha de Muestreo : 15/1/2025 Fecha de Ingreso : 21/1/2025 Fecha de Salida : 29/1/2025
--	--	---	--	--

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm		meq/100ml			ppm					
	Identificación	Area		NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
114423	L1		5,8 MeAc	17 B	7 B	0,22 M	5 M	0,8 B	7 B	2,0 M	3,1 M	121 A	1,8 B	0,25 B



La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptaran reclamos en los resultados

INTERPRETACION				Elementos de Na B		METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH	MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	CAI = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	pH	= Suelo: agua (1:2,5)	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	Olsen Modificado
MeAc = Media. Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino		M = Medio	M = Medio	N,P,B	= Colorimetria		
	N = Neutro	Al = Alcalino		A = Alto	A = Alto	S	= Turbidimetria		Fosfato de Calcio Monobásico
						K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Absorción atómica		BS

[Signature]
RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

[Signature]
RESPONSABLE LABORATORIO

	ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.etp@iniap.gob.ec
---	--

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : ALAVA AYALA JOSE MAURICIO Dirección : SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS Ciudad : SANTO DOMINGO Teléfono : 0958992429 Fax :		DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : San Alvaro Provincia : Santo Domingo Cantón : La Concordia Parroquia : Ubicación :		PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : Maíz N° de Reporte : 12830 Fecha de Muestreo : 15/1/2025 Fecha de Ingreso : 21/1/2025 Fecha de Salida : 29/1/2025
--	--	---	--	---

N° Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l)½	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na									Arena	Limo	Arcilla	
114423					5,1 A	6,2	3,64	26,36	6,02			42	48	10	Franco



La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptaran reclamos en los resultados

INTERPRETACION				ABREVIATURAS		METODOLOGIA USADA	
Al+H, Al y Na	C.E.	M.O. y Cl		C.E.	= Conductividad Eléctrica	C.E.	= Conductimetro
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo	M.O.	= Materia Orgánica	M.O.	= Titulación de Winkley Blae
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio	RAS	= Relación de Adsorción de Sodio	Al+H	= Titulación con NaOH
T = Tóxico		A = Alto	A = Alto				

[Signature]
RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

[Signature]
RESPONSABLE LABORATORIO

CAPÍTULO V: Conclusiones, Discusión y Recomendaciones

5.1 Discusiones:

Determinar el tratamiento que permita una mayor altura y número de mazorcas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con el uso del biofertilizante.

Los datos presentados en las Tablas 12 y 13 y la Figura 2 se determinó que el tratamiento T4 (75% de *Trichoderma* spp. + 100% FulvoMax) fue el más eficaz, alcanzando los valores más altos tanto en altura de planta como en número de mazorcas por planta, en comparación con el tratamiento testigo (T1) y las otras concentraciones evidencian que el número de mazorcas aumentó significativamente con la aplicación del biofertilizante a los 60 y 65 días después de la siembra, en comparación con el testigo. Este hallazgo valida el supuesto teórico de que *Trichoderma* spp. actúa como bioestimulante, promoviendo el desarrollo de estructuras reproductivas al favorecer la absorción de nutrientes y activar rutas hormonales relacionadas con la floración y fructificación (Harman et al., 2004).

La altura de las plantas (Figura 9) también se incrementó con dosis medias y altas del biofertilizante, lo que concuerda con los trabajos de Moreira (2020) y Paredes (2022), quienes observaron un crecimiento del 18% y 22% respectivamente en cultivos tratados con *Trichoderma* spp.. Esto confirma que la producción de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas por parte de este hongo beneficia el crecimiento vertical de las plantas (Contreras-Cornejo et al., 2009).

Comparar el rendimiento del cultivo del maíz mediante el uso del biofertilizante vs. el método tradicional.

Los resultados obtenidos permiten establecer diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con biofertilizante y el control tradicional en variables clave como número y tamaño de mazorcas (Tablas 13 y 14), grados Brix (Tabla 15), peso de raíces (Tablas 16, 17 y 18) y altura de planta ($p < 0.05$) entre el tratamiento testigo (T1 – sin aplicación de biofertilizante) y los tratamientos con *Trichoderma* spp., particularmente en las variables de número de mazorcas, tamaño de mazorca, grados Brix, peso de raíces y altura de planta, lo que evidencia el impacto positivo del biofertilizante en el rendimiento del cultivo.

El tratamiento con biofertilizante no solo incrementó el número de mazorcas por planta, sino que también mejoró el tamaño (longitud), alcanzando hasta 17.5 cm en el tratamiento 4, frente a menos de 14 cm en el testigo. Esto es coherente con lo reportado por Villacís (2020) en Manabí, donde se obtuvieron mazorcas de hasta 18.3 cm con microorganismos benéficos. Según la teoría agronómica del metabolismo inducido, estos resultados se deben a la mejora en la relación fuente-destino, facilitada por un sistema radicular más eficiente que absorbe macro y micronutrientes de manera sostenida (Altomare et al., 1999).

En términos de calidad, el aumento de los grados Brix en las mazorcas tratadas implica una mayor acumulación de azúcares solubles en el grano, indicador directo de calidad comercial. Loja (2021) reportó incrementos similares al aplicar bioinsumos, validando el principio de que los metabolitos secundarios liberados por *Trichoderma spp.* actúan no solo como bioestimulantes, sino también como modificadores metabólicos a nivel celular. Aumentaron de 14.2° a 18.2°, lo que representa un incremento del 28.1%, lo cual mejora la calidad comercial y nutricional del grano

Determinar la dosis de biofertilizante más adecuada para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

A través del análisis de las diferentes dosis utilizadas en la presente investigación, se identificó que las dosis intermedias y altas mostraron mejores resultados en la mayoría de los indicadores medidos: altura de planta, grosor del tallo (Figura 8), número de hojas (Figura 7), peso seco y fresco de raíces, y grados Brix. El uso del biofertilizante a base de *Trichoderma spp.* superó significativamente al método tradicional en todas las variables de rendimiento evaluadas. El tratamiento T4 (75%) se destacó como el más efectivo, consolidando esta práctica como una estrategia agronómica sostenible, eficiente y rentable para el cultivo de maíz en Ecuador.

Este comportamiento concuerda con el principio teórico del umbral fisiológico, el cual establece que existe una dosis óptima de bioestimulantes a partir de la cual se maximiza la respuesta de la planta sin generar efectos negativos. Dosis demasiado bajas no inducen suficiente respuesta, mientras que dosis excesivas podrían saturar el medio rizosférico o alterar la microbiota nativa (Vinale et al., 2008).

Los estudios realizados por Álvarez (2023) y Gualotuña (2021) también concluyen que la respuesta positiva del maíz se estabiliza o incluso decrece cuando se sobrepasa cierta concentración de biofertilizante, por lo cual la determinación precisa de la dosis es un aspecto fundamental en la aplicación agrícola de productos biotecnológicos.

Debate sobre la Hipótesis.

Según los resultados logrados y la comparación con investigaciones parecidas, se corrobora la hipótesis de este estudio. El uso del biofertilizante basado en especies de *Trichoderma spp.* se observó un incremento notable en la productividad del cultivo de maíz en el cantón La Concordia. Este fenómeno se registró en indicadores esenciales como la cantidad de mazorcas, su tamaño y los grados Brix, todos ellos son esenciales para medir el éxito del cultivo tanto en aspectos cuantitativos como cualitativos.

Además, resalta la importancia del empleo de biofertilizantes como una práctica sustentable que disminuye la necesidad de fertilizantes sintéticos, potencia la salud del suelo y promueve una agricultura más respetuosa con el medio ambiente, aspecto particularmente significativo en entornos agrícolas como el de la región Costa del Ecuador.

El análisis de los resultados según los objetivos específicos confirma la efectividad del biofertilizante a base de *Trichoderma spp.* en múltiples parámetros de rendimiento del maíz. Los supuestos teóricos asociados al uso de microorganismos benéficos como bioestimulantes son confirmados por evidencia estadística y comparativa. La revisión teórica respalda los mecanismos fisiológicos y metabólicos activados por *Trichoderma*, y su impacto positivo ha sido validado en otras tesis realizadas en distintas zonas del Ecuador, lo cual refuerza la aplicabilidad de este insumo como alternativa sostenible frente a los fertilizantes convencionales.

5.2. Conclusiones

- El uso del biofertilizante basado en especies de *Trichoderma spp.* El rendimiento del cultivo de maíz se incrementó considerablemente, lo que se refleja en un aumento en la cantidad de mazorcas por planta, un aumento en su tamaño y una

mayor concentración de grados Brix, lo que señala un producto de superior calidad y con un valor nutricional superior.

- El uso de biofertilizantes sobrepasó al enfoque convencional, tanto en términos de crecimiento vegetal como en factores de producción, lo que respalda la utilización de estos productos como opciones factibles y sostenibles para la agricultura de pequeña y mediana escala.
- Las dosis bajas del biofertilizante demostraron ser las más eficaces, lo que posibilita lograr resultados ideales sin incurrir en gastos superfluos. Esto evidencia que no siempre una mayor dosis de biofertilizante asegura rendimientos superiores, subrayando la relevancia de una dosificación correcta.
- Se confirma la hipótesis investigativa, puesto que los datos corroboran que el biofertilizante comercial contiene *Trichoderma spp.* influye positivamente y de manera estadísticamente relevante en el desempeño del maíz bajo las condiciones agroecológicas del cantón La Concordia.

5.3. Recomendaciones

- Fomentar la utilización de biofertilizantes microbianos en un sistema de producción sustentable, particularmente en zonas como La Concordia, donde el clima y la naturaleza del suelo promueven la actividad de hongos beneficiosos como *Trichoderma spp.*
- Poner en marcha programas de formación para agricultores locales acerca de la utilización adecuada de biofertilizantes, gestión de dosis y beneficios comparativos con los fertilizantes químicos, con el objetivo de incrementar las ventajas económicas y ambientales.
- Promover estudios adicionales con varios cultivos de maíz y en otras áreas agroecológicas, con el fin de confirmar los hallazgos y formular sugerencias técnicas ajustadas a distintos entornos productivos de Ecuador.
- Analizar el efecto económico de la aplicación del biofertilizante, teniendo en cuenta no solo el incremento en la productividad, sino también la disminución de gastos en abonos químicos y la optimización de la salud del suelo a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA:

Altomare, C., Norvell, W. A., Björkman, T., & Harman, G. E. (1999). Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(7), 2926–2933.

Álvarez, M. (2023). *Evaluación de biofertilizantes microbianos en el desarrollo radicular del cultivo de maíz (Zea mays L.) en suelos franco-arenosos*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Andrade-Hoyoccs, P., Rivera-Jiménez, M. N., Landero-Valenzuela, N., Silva-Rojas, H. V., Martínez-Salgado, S. J., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005>

Barboza García, A., Pérez Cordero, A., & Chamorro Anaya, L. M. (2022). Especies nativas de *Trichoderma* aisladas de plantaciones de aguacate con actividad inhibitoria contra *Phytophthora cinnamomi*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(2), 102-116. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n2.2022.1852>

Carrasco Vargas, W., Montero Flores, P., Cobos Mora, F., & Gómez Villalva, J. (2023). *Historia del maíz desde tiempos ancestrales hasta la actualidad*. 8(4), 115. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.10002071>

Chávez, A., & Escobar, F. (2022). *Estado actual de la producción de maíz en el Ecuador*. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. <file:///C:/Users/USER/Downloads/Citas%20Tesis/Estado%20actual%20de%20la%20producci%C3%B3n%20de%20ma%C3%ADz%20en%20el%20Ecuador.pdf>

- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., Cortés-Penagos, C., & López-Bucio, J. (2009). *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 149(3), 1579–1592.
- Contreras-Cornejo, H. A., Schmoll, M., Esquivel-Ayala, B. A., González-Esquivel, C. E., Rocha-Ramírez, V., & Larsen, J. (2024). Mechanisms for plant growth promotion activated by *Trichoderma* in natural and managed terrestrial ecosystems. *Microbiological Research*, 281, 127621. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127621>
- Cortés Hernández, F. D. C., Alvarado Castillo, G., & Sanchez Viveros, G. (2023). *Trichoderma* spp., una alternativa para la agricultura sostenible: Una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(2), 62-76. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384>
- Cuenca Sedamanos, J. A., Quevedo Guerrero, J. N., Tuz Guncay, I. G., & Chabla Carillo, J. E. (2022a). *Trichoderma* spp: Propagación, dosificación y aplicación en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia y Agricultura*, 19(3). <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n3.2022.14692>
- Cuenca Sedamanos, J. A., Quevedo Guerrero, J. N., Tuz Guncay, I. G., & Chabla Carillo, J. E. (2022b). *Trichoderma* spp: Propagación, dosificación y aplicación en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia y Agricultura*, 19(3), 1-3. <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n3.2022.14692>
- García, D. (2023). *Efecto de la fertilización orgánica y química en el crecimiento y productividad del cultivo de maíz (Zea mays L.), variedad tusilla, en el cantón Quilanga, provincia de Loja*. [Universidad Nacional de Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27104/1/DianaMarisol_Garc%C3%ADaGranda.pdf

Garcia, D., & Mero, J. (2020). *INCIDENCIA DE Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) E IDENTIFICACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES EN EL CULTIVO DE MAÍZ, ROCAFUERTE- SUCRE 2019* [UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ].

<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/3362/3/ULEAM-AGRO-0116.pdf>

Garcia, M. (2018). *Identificación y control de insectos plagas en el cultivo de maíz criollo en la comuna Sancan* [UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ].
file:///C:/Users/USER/Downloads/Citas%20Tesis/control%20de%20insectos_problema.pdf

Gomez, C. (2020). *INFLUENCIA DEL MAÍZ AMARILLO (Zea mays) Y AVENA (Avena sativa) EN EL CONTENIDO NUTRICIONAL DE UNA BEBIDA DE MALTA* [UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR].
<file:///C:/Users/USER/Downloads/Citas%20Tesis/historia%20del%20maiz.pdf>

Gomez, J. (2023). *INFLUENCIA DEL MAÍZ AMARILLO (Zea mays) Y AVENA (Avena sativa) EN EL CONTENIDO NUTRICIONAL DE UNA BEBIDA DE MALTA* [UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR].
<https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10002071>

Gonzalez Chingaté, E. J., Liévano, K. S., & Cubillos, D. D. (2020). Evaluación de la efectividad de antagonismo de Trichoderma sp. Sobre diferentes hongos Fitopatógenos presentes en el cultivo de maíz (Zea mays). *Ciencias agropecuarias*, 6(1), 19-34. <https://doi.org/10.36436/24223484.279>

Gualotuña, P. (2021). *Efecto de biofertilizantes orgánicos en el rendimiento del maíz variedad INIAP 122 en condiciones de la Sierra ecuatoriana*. Universidad Central del Ecuador.

Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). Trichoderma

species—Opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43–56.

Hernández, D., Ferreira, R., & Alarcón, A. (2019). Trichoderma: IMPORTANCIA AGRÍCOLA, BIOTECNOLÓGICA, Y SISTEMAS DE FERMENTACIÓN PARA PRODUCIR BIOMASA Y ENZIMAS DE INTERÉS INDUSTRIAL. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(1), 1-2. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>

Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). Trichoderma: IMPORTANCIA AGRÍCOLA, BIOTECNOLÓGICA, Y SISTEMAS DE FERMENTACIÓN PARA PRODUCIR BIOMASA Y ENZIMAS DE INTERÉS INDUSTRIAL. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 1(35), 0-0. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>

Herrera, C. P. O., & Salazar, H. O. V. (2018). EFECTOS DE LA APLICACIÓN DEL PLAN DE MEJORA COMPETITIVA AÑO 2017 EJECUTADO POR EL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA EN EL ÁREA DE MAÍZ DURO EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS [ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20054/1/CD-9483.pdf>

Loja, D. (2021). *Aplicación de bioinsumos en el contenido de azúcares del grano de maíz (Zea mays L.) en la zona Sur del Ecuador*. Universidad Nacional de Loja.

Mejías, S. H., Sordo, R. N., Pérez, M. A. M., Mederos, A. I., & Rodríguez, D. H. (2017). Capacidad de *Trichoderma* spp. Como estimulante de la germinación en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). 4(1), 1-2.

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

- Montero, E. (2024). *Evaluación agronómica de tres híbridos de maíz (Zea mays L.) sembrados a dos distancias en la zona de Paján, Manabí* [UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO].
<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/17184/PI-UTB-FACIAG-AGRONOMIA-REDISE%C3%91ADA-000044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreira, L. (2020). *Efecto del hongo Trichoderma spp. en el crecimiento vegetativo del cultivo de maíz (Zea mays L.) en suelos aluviales de Babahoyo*. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Paredes, A. (2022). *Uso de Trichoderma harzianum como biofertilizante en la producción de maíz en la provincia de Cotopaxi*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Peñafiel, I. (2021). *DETERMINACIÓN DEL CICLO DE CULTIVO DEL MAÍZ (Zea mays) VAR. BLANCO HARINOSO TIPO CHAZO* [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO].
<file:///C:/Users/USER/Downloads/Citas%20Tesis/historia%20del%20maiz.pdf>
- Ponce, M., Germania, M., Miranda, C., Kevin, J., Bermeo, G., Andrey, A., Sánchez, H., & Estalin, D. (2023). Efecto antagonista de cepas de Trichoderma sobre agentes causales en el cultivo de maíz. *Pro Sciences*, 7(47), 1-5.
<https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss41.2022pp388-399>
- Sigcho, M. (2020). *CURVA DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES DEL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays), EN SUELOS ENTISOLES DE PUERTO INCA, NARANJAL – ECUADOR* [UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR].
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SIGCHO%20FIGUEROA%20MILENA%20ALEJANDRA.pdf>
- Silveira-Gramont, M. I., Aldana-Madrid, M. L., Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora, Piri-Santana, J., Departamento

de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora, Departamento de Ciencias Químico Biológicas, Universidad de Sonora, Valenzuela-Quintanar, A. I., Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Jasa-Silveira, G., Human Rights Research and Education Centre, University of Ottawa, Rodríguez-Olibarria, G., & Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora. (2018). PLAGUICIDAS AGRICOLAS: UN MARCO DE REFERENCIA PARA EVALUAR RIESGOS A LA SALUD EN COMUNIDADES RURALES EN EL ESTADO DE SONORA, MÉXICO. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(1), 7-21. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.01.01>

Tavera, D., Hernández, J., Ulibarri, G., & Sánchez, J. (2017). *Inoculación de Trichoderma harzianum en Zea mays y su efecto a la adición del fertilizante nitrogenado al 50%* *Inoculation of Trichoderma harzianum on Zea mays its effect on the addition of nitrogen fertilizer at 50%*. 8(2).

Tomalá, L. (2024). *DENSIDAD POBLACIONAL Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE MAÍZ EN EL VALLE DEL RIO JAVITA* [UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA]. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/11094/1/UPSE-MAG-2024-0007.pdf>

Tyśkiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., & Jaroszuć-Ścisł, J. (2022). Trichoderma: The Current Status of Its Application in Agriculture for the Biocontrol of Fungal Phytopathogens and Stimulation of Plant Growth. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 2329. <https://doi.org/10.3390/ijms23042329>

Valenzuela, M. (2024). *EVALUACIÓN DE CEPAS DE Trichoderma spp. NATIVAS DEL NORTE DE SINALOA COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays L.)* [Universidad Autónoma de Sinaloa].

file:///C:/Users/USER/Downloads/Evaluaci%C3%B3n%20de%20cepas%20de%20Trichoderma%20spp.%20Nativas%20del%20norte%20de%20Sinaloa%20como%20promotoras%20de%20crecimiento%20en%20el%20cultivo%20de%20ma%C3%ADZ%20(Zea%20mays%20L.)%E2%80%9D.pdf

Villacís, J. (2020). *Evaluación agronómica del cultivo de maíz con microorganismos benéficos en condiciones edafoclimáticas de Portoviejo*. Universidad Técnica de Manabí.

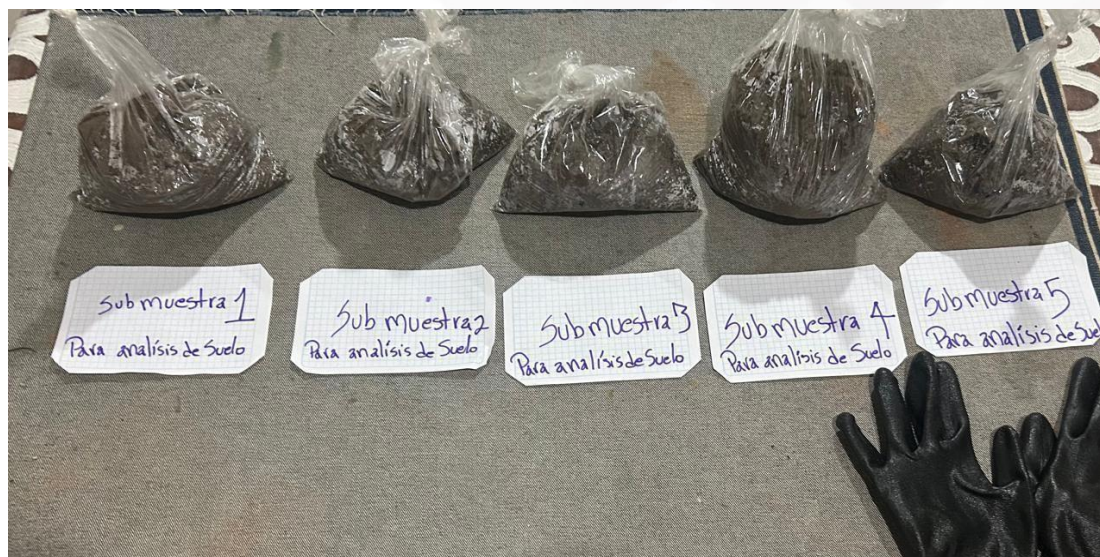
Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L., & Lorito, M. (2008). *Trichoderma-plant-pathogen interactions. Soil Biology and Biochemistry*, 40(1), 1–10.

Yépez, C. (2018). “Evaluación del *Trichoderma* spp., como acondicionador de suelos cultivado con maíz (*Zea mays* L.), en la zona de Pueblo Viejo” [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO].
<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5036/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000119.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zambrano, L., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., & Villacrés, E. (2021). *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana* (Chang Hwan Park, Alicia Villavicencio (KOPIA, Ecuador)).
Universidad San Francisco de Quito.
file:///C:/Users/USER/Downloads/Citas%20Tesis/GUIA%20CULTIVO%20DE%20MAIZ%202021-1.pdf

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:



Fotografía 1: Toma de muestra de suelo.



Fotografía 2: Preparación de suelo y delimitación de parcelas.



Fotografía 3: Preparación del Biofertilizante.



Fotografía 4: Toma de datos en campo.



Fotografía 5: Parcelas experimentales.



Fotografía 6: Peso de Mazorcas.



Fotografía 7: Grados Brix de las Mazorcas.



Fotografía 8: Peso húmedo y peso seco del sistema radicular.