

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

“EVALUACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (*Trichoderma spp.* y
Glomus spp.) EN CULTIVO DE MAÍZ (***Zea mays***)”

CARLOS A. CEDEÑO VIGIL

4-800-1902

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2023

“EVALUACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (*Trichoderma spp.* y *Glomus spp.*) EN CULTIVO DE MAÍZ (***Zea mays***)”

TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN CULTIVOS
TROPICALES

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS

APROBADO:

DR. ALEX RÍOS MORENO

DIRECTOR

MSC. JOSÉ CARLOS URETA REYES

ASESOR

MSC. ZYDDI VISSUETTI S.

ASESOR

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2023

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios todopoderoso por todas las oportunidades dadas, también por aquellos momentos de dificultad que me ayudaron a crecer como persona y poder sobre llevar la situación, a mi señora madre Ariatnela Vigil Santamaria por siempre tener en su corazón esas ganas de superación que me ha transmitido a lo largo de los años, que no importa la situación en la que estemos, nuestro compromiso es de salir siempre adelante haciendo las cosas bien, a mi queridísimo tío Javier Vigil que de alguna manera u otra me ha brindado su apoyo para culminar mis estudios, a mi abuela Antonia Santamaria Gutiérrez QDP, a mis hermanas Yarissel y Madeline Cedeño que indirectamente también brindaron su aporte para culminar mis estudios, agradecer al profesor Javier O. Almillátegui C. por brindarme su amistad y la confianza durante mi vida universitaria, al profesor Alex Ríos por ser mi asesor en este trabajo, a los profesores Noé Aguilar, Tirso Solís y José Romero por las oportunidades brindadas, a la profesora Felícita González y el profesor Alexis Samudio, a la Lcda. Miriam Araúz, Gisela Aguirre, Iris Arjona que buscaban soluciones rápidas cuando se presentaba algún problema administrativo, a la secretaria Johana Sánchez por su dedicación y ser puntual en su trabajo, al personal de cafetería, transporte, seguridad y aseo por tan importantes labores para que podamos asistir a las instalaciones de la Universidad a recibir nuestras clases, agradecerle a mi querida amiga casi una hermana Nathaly Suñe, a mis compañeros Delvis Miranda, Alí Moreno, Roberto Sánchez y Diamantina Cisneros que algún momento compartimos ideas y poder salir adelante para ser excelentes profesionales.

DEDICATORIA

A mi madre Ariatnela Vigil Santamaria por esas veces bajo sol y agua que nunca dejó que faltara a clases independientemente la situación y a toda mi familia que en algún momento de sus vidas aportaron para que yo pudiera culminar mis estudios.

RESUMEN

Los microorganismos benéficos utilizados en la agricultura presentan una serie de beneficios con miras hacia el futuro de una producción amigable con el ambiente. Para ello, en este estudio se evaluaron el comportamiento de dos microorganismos benéficos comercial Tricho plus y Glumix irrigation actuando en las plantas. Se realizaron 4 tratamientos y se distribuyeron de la siguiente manera Tratamiento 1 tratamiento convencional solo se utilizó abono químico, Tratamiento 2 tratamiento testigo este tratamiento no se utilizó abono ni ningún microorganismo benéfico, el Tratamiento 3 tratamiento con microorganismo benéfico *Trichoderma spp.* y el Tratamiento 4 se trabajó con el otro microorganismo *Glomus spp.* En todos los tratamientos se realizaron toma de datos como altura de la planta, grosor del tallo y el peso de las raíces. La lectura se realizó cada 10 días después de la siembra durante 3 meses. Se utilizó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones para la toma de datos. Los resultados arrojaron que las plantas que fueron tratadas con *Glomus* presentaron mayor altura, grosor del tallo y peso en las raíces, aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas con el tratamiento 3 donde se utilizó *Trichoderma*, sin embargo, hubo diferencias significativas estadísticamente con los tratamiento convencional y testigo. El análisis de suelo luego de terminado el estudio nos mostró que *Trichoderma spp.* *Glomus spp.* tuvieron efecto en algunos elementos que estuvieron en menor cantidad mientras que otros fueron fijados al suelo Según el análisis foliar el tratamiento donde las plantas tuvieron mayor absorción de nutrientes fue el tratamiento con *Glomus spp.*

Palabras clave: Agricultura orgánica, desarrollo de la planta, medio ambiente, seguridad alimentaria, suelo

ABSTRACT

The beneficial microorganisms used in agriculture offer a series of benefits for the future of environmentally friendly production. In this study, the behavior of two commercial beneficial microorganisms Tricho plus and Glumix irrigation, acting on plants was evaluated. Four treatments were carried out and distributed as follows Treatment 1- conventional treatment using only chemical fertilizer, Treatment 2 - control treatment, with no fertilizer or beneficial microorganism, Treatment 3 - treatment with beneficial microorganism *Trichoderma spp.*, and Treatment 4 – treatment with the other microorganism *Glomus spp.*, Data, such as plant height, stem thickness, and root weight were collected in all treatments. Readings were taken every 10 days after planting for 3 months. A completely randomized design with three replications was used for data collection. The results showed that the plants treated with *Glomus* had greater height, stem thickness, and root weight, although there were no statistically significant differences compared to treatment 3 using *Trichoderma*. However, there were statistically significant differences compared to the conventional and control treatments. Soil analysis at the end of the study indicated that *Trichoderma spp.* and *Glomus spp.* had an effect on certain elements that were present in lower quantities, while became fixed in the soil. According to the foliar analysis, the treatment with *Glomus spp.* resulted in higher nutrient absorption by the plants.

Keywords: Organic agriculture, plant development, environment, food security, soil

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 ANTECEDENTES.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVOS.....	7
1.4.1 General.....	7
1.4.2 Específicos.....	7
1.5 HIPÓTESIS.....	7
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	8
2. REVISION DE LITERATURA.....	9
2.1 Características de los productos comerciales.....	11
2.1.1 Producto comercial Tricho-Plus.....	11
2.1.2 Producto comercial Glumix Irrigation.....	13
2.2 Características del cultivo.....	15
2.2.1 Maíz.....	15
2.3 Condiciones agroclimáticas.....	18
2.3.1 Clima.....	18
2.3.2 Requerimiento de nutrientes.....	20
2.3.3 Época de siembra.....	22
3. MATERIALES Y METODOS.....	23
3.1 Ubicación y fecha.....	23
3.2 Productos comerciales a evaluar.....	23
3.3 Siembra.....	24
3.4 Fertilización.....	24
3.5 Tratamientos	25
3.6 Parámetros evaluados.....	27

3.7 Parámetros evaluados en la planta de maíz.....	27
3.7.1 Porcentaje de germinación	27
3.7.2 Tamaño de la planta.....	27
3.7.3 Grosor del tallo.....	27
3.7.4 Peso de las raíces.....	27
3.7.5 Floración y aparición de las mazorcas.....	27
3.8 Diseño experimental y Análisis estadísticos.....	28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1 Altura de la planta.....	31
4.2 Grosor del tallo.....	34
4.3 Peso de las raíces.....	36
4.4 Aparición de flor y mazorcas.....	38
4.5 Absorción de nutrientes en las plantas.....	40
4.6 Análisis del suelo al inicio del ensayo.....	44
4.7 Análisis del suelo al final del ensayo.....	46
5. CONCLUSIONES.....	48
6. RECOMENDACIONES.....	49
7. BIBLIOGRAFÍA.....	50
8. ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS.

<i>Figura 1. Ubicación del ensayo.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 2. Productos comerciales utilizados en el ensayo.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3. Establecimiento del ensayo.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 4. Aplicación de abono.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 5. Establecimiento de los tratamientos convencional y testigo.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 6. Establecimiento del tratamiento con Trichoderma.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 7. Establecimiento del tratamiento con Micorriza.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8. Parámetros evaluados.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 9. Desarrollo de las plantas a los 50 días después de la siembra en los diferentes tratamientos.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10. Altura de la planta.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 11. Grosor del tallo.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12. Peso de las raíces.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13. Floración.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 14. Aparición de las mazorcas</i>	<i>39</i>

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla I. Precipitación Pluvial durante el ciclo del cultivo.....	30
Tabla II. Altura de la planta.....	31
Tabla III. Grosor del tallo.....	34
Tabla IV. Peso de las raíces.....	36
Tabla V. Características Fisicoquímicas del follaje a tres tratamientos luego de finalizado el estudio.....	43
Tabla VI. Requerimientos nutricionales del cultivo de maíz.....	43
Tabla VII. Características Fisicoquímicas del suelo.....	45

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1. Siembra del ensayo.....	56
Anexo 2. Establecimiento de los tratamientos con los microorganismos benéficos.....	56
Anexo 3. Primera lectura de datos 10 dds.....	57
Anexo 4. Tercera lectura de datos 30 dds.....	57
Anexo 5. Sexta lectura de datos 60 dds.....	58
Anexo 6. Novena lectura de datos 90 dds.....	58

1. INTRODUCCION.

La agricultura orgánica es un sistema de producción que excluye el uso de fertilizantes inorgánicos, pesticidas y reguladores de crecimiento. Los sistemas orgánicos dependen principalmente de la asociación y rotación de cultivos, de los residuos de cosechas, estiércoles, abonos verdes, uso de minerales de rocas, biofertilizantes y del control biológico de plagas para mantener la productividad (Pérez-Luna, 2012).

En Panamá tenemos un incremento en el uso o aplicación de fertilizantes nitrogenados para alcanzar un alto rendimiento por hectárea en el cultivo de maíz, tomando en cuenta la pérdida que se da a través de la lixiviación y de las corrientes de agua por las precipitaciones (Tasón & Barba, 2014).

Igualmente se muestran en el suelo cantidades excesivas de nitrógeno que la planta muchas veces no puede absorber por la falta de microorganismos que ayuden a descomponer la materia y hagan que este elemento esté disponible para la planta (Gordón *et al.*, 2004).

El cultivo de maíz (*Zea mays*) constituye uno de los rubros básicos de la producción agrícola del país, según el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) en el periodo 2022/2023 se sembraron unas 24,935 hectáreas en todo el país.

Los beneficios que se obtienen en la implementación de agentes como *Trichoderma* es que atacan directamente sobre hongos dañinos para las raíces de los cultivos, ayudan a generar antibióticos naturales en el suelo que protege a las plantas, estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas y ayudan a descomponer materia orgánica por lo que en este aspecto actúa de forma similar a las enzimas (Castillo-Samudio, 2007).

Los beneficios que brinda el uso de micorrizas es que hay una mayor absorción del agua y de los nutrientes como lo son N, P y K, hay mayor creación y desarrollo de raíces, mayor tolerancia al exceso de nutrientes, mayor protección contra enfermedades, hongos y nematodos (Serralde & Ramírez, 2004).

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de los microorganismos en cuanto a la disponibilidad de los nutrientes y la absorción de estos.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad se están observando problemas en torno al rendimiento del cultivo de maíz por hectárea realizando las mismas aplicaciones de fertilizantes que se vienen trabajando hace años en el país. Como consecuencia de esto aumenta el uso o la aplicación de formulaciones químicas al cultivo para alcanzar buenos rendimientos, pero la inversión económica para la compra de estos no es rentable porque las ganancias obtenidas pueden ser utilizadas en la compra adicional de fertilizantes.

Uno de los problemas que principalmente se presentan en las plantas es la falta de nitrógeno por la poca disponibilidad del nutriente en el suelo, esto agrava el problema de crecimiento y desarrollo porque se pierden moléculas del nutriente mediante la corriente de agua por precipitaciones, infiltración en el suelo o por volatilización.

El uso de productos químicos en el suelo en cuanto a preparación, control de malezas, plagas y enfermedades han contribuido a que la actividad microbiana en el suelo disminuya, ya que; estos productos aplicados al suelo no son específicos y matan todo tipo de microorganismos que se encuentra en la capa arable.

Para ello, se viene realizando mejoras en cuanto a trabajos de laboreo y disminución en el uso de plaguicidas, se hacen aplicaciones de microorganismos benéficos que ayuden a la planta a tener una absorción de nutrientes, en donde sean aprovechados rápidamente y no se pierdan por las condiciones climáticas. La implementación de nuevas tecnologías en cuanto a producción y mejoras en el suelo van avanzando según las necesidades de los productores para obtener información y escritos de cómo trabaja o funcionan estos microorganismos en el suelo y los beneficios que le brinda a la planta. Un vivo ejemplo es el uso de *Trichoderma spp.* como un organismo bioestimulador que promueve el crecimiento y desarrollo de los cultivos produciendo metabolitos que estimulan los procesos de desarrollo vegetal.

1.2. ANTECEDENTES.

Trichoderma spp. son utilizados hace décadas como preventivos de hongos dañinos y enfermedades radiculares tales como *Fusarium*, *Pytium* o *Sclerotinia* (Chiriboga *et al.*, 2015). A diferencia de las micorrizas, *Trichoderma* no actúa simbióticamente con las plantas, sino que; estos se alimentan de aquellos agentes patógenos que atacan o pueden llegar a atacar a las plantas (Padilla *et al.*, 2020). Se tiene en cuenta que los *Trichoderma* son organismos que no funcionan si se añaden productos químicos ya sean fertilizantes o controladores, para conservar la población de estos organismos benéficos es importante no trabajar con productos químicos (Argumedo-Delira *et al.*, 2009; Castellanos-González *et al.*, 2015). Uno de los beneficios que se obtienen en la implementación de agentes como *Trichoderma* es que atacan directamente sobre hongos dañinos para las raíces de los cultivos, son competidores número uno de los agentes patológicos por nutriente y espacio, ayudan a generar antibióticos naturales en el suelo que protege a las plantas, estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas y ayudan a descomponer materia orgánica por lo que en este aspecto actúa de forma similar a las enzimas (Castillo-Samudio, 2007). *Trichoderma* se debe aplicar en riego aproximadamente una vez al mes para asegurar una alta población en las raíces de las plantas, se recomienda hacer aplicaciones de dos a cuatro semanas después que las micorrizas estén establecidas (Santana *et al.*, 2003).

Las micorrizas son hongos benéficos que actúan en simbiosis con las raíces de las plantas, favoreciendo en términos generales un desarrollo del sistema radicular más rápido, sano y resistente frente a condiciones desfavorables y enfermedades (Giuseppe, 2019). La mayoría de las plantas funcionan en simbiosis con las micorrizas, favoreciendo así el desarrollo y la protección de ambos (Martín & Rivera, 2015; Mora & Leblanc, 2012). Los beneficios que brinda el uso de micorrizas es que hay una mayor absorción del agua y de los nutrientes como lo son N, P y K, hay mayor creación y desarrollo de raíces, mayor tolerancia al exceso de nutrientes, mayor protección contra enfermedades, hongos y nematodos (Serralde & Ramírez, 2004). La aplicación de las micorrizas se hace cuando se siembra o se trasplanta, ya que es el momento perfecto para penetrar

en la raíz y estimular un correcto desarrollo tras estos factores estresantes para la planta (Andrade-Montalvo, 2012; Uribe-Valle & Dzib-Echeverria, 2006).

1.3. JUSTIFICACIÓN.

La implementación de microorganismos benéficos es una estrategia que se lleva a cabo con el fin de mejorar la calidad del suelo con relación a los nutrientes que la planta necesite para su desarrollo. Estudios han demostrado que el uso de microorganismos eficientes ayuda a que la planta pueda aprovechar mucho más los nutrientes que hay disponibles en el suelo

La salud del suelo, crecimiento, rendimientos y calidad de los cultivos son aspectos en los que se tiene una gran mejoría al usar estos tipos de prácticas, estas herramientas nos ayudan a no tener que estar 100% dependiendo de manejos químicos para el aprovechamiento de los nutrientes que luego pueden estar reflejados en los alimentos consumidos (Hernández-Ventura, 2013; Stefanova, 2006).

Una causa importante que influye sobre el deterioro de los recursos naturales es el cambio de uso del suelo, es decir, la transformación de ecosistemas naturales como los matorrales, la selva o el bosque de pino-encino a pastizales, a potreros o a terrenos de uso agrícola. Este cambio de uso del suelo a través de los años ha propiciado un descenso significativo en la producción agrícola (Arias *et al.*, 2001).

La agricultura orgánica es un sistema de producción que excluye el uso de fertilizantes inorgánicos, pesticidas y reguladores de crecimiento. Los sistemas orgánicos dependen principalmente de la asociación y rotación de cultivos, de los residuos de cosechas, estiércoles, abonos verdes, uso de minerales de rocas, biofertilizantes y del control biológico de plagas para mantener la productividad (Pérez-Luna, 2012).

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Generales:

- Evaluar los posibles beneficios que nos brinda el uso de *Trichoderma spp.* y *Micorriza glomus* como bioestimulantes.

1.4.2. Específicos:

- Establecer plantas de maíz en condiciones semi controladas.
- Determinar diferentes parámetros en el desarrollo de las plantas utilizando *Trichoderma spp.* y *Micorrizas glomux*.
- Analizar la influencia de *Trichoderma spp.* y *Micorrizas glomux* en las características fisicoquímicas del suelo

1.5. HIPÓTESIS.

Hipótesis (a): La aplicación de *Trichoderma spp.* y *Micorrizas glomux* mejora el desarrollo de plantas de maíz.

Hipótesis (0): La aplicación de *Trichoderma spp.* y *Micorrizas glomux* no mejora el desarrollo de plantas de maíz.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES.

Pretendemos dar a conocer en este estudio bases que impulsen una mejor producción del cultivo de maíz, que sea de gran ayuda para hacer saber de manera eficaz los resultados obtenidos en esta investigación y aportar un estudio con bases para obtener mejores rendimientos en la producción del cultivo de maíz, también podremos obtener información que sirva de gran ayuda a los productores de maíz en el país y lograr que la producción en nuestros campos se realice de manera económica y amigable con el medio ambiente, mejorando la calidad de los suelos a través; del uso de microorganismos eficientes. También se aportarán elementos importantes como el desarrollo de la planta, crecimiento radicular, grosor y cantidad de hojas de la planta utilizando microorganismos benéficos. Al igual se trabajará con especies de *Trichoderma* y *Micorrizas* para hacer la comparativa de cómo nos beneficia el uso de estas especies. Las actividades agrícolas realizadas en nuestros campos muchas veces se ven afectados los rendimientos por la falta o exceso de fertilización, mal tratamiento de la semilla antes de la siembra, exceso en el uso de plaguicidas que disminuyen los microorganismos benéficos del suelo.

2. REVISION DE LA LITERATURA.

En Panamá tenemos un incremento en el uso o aplicación de fertilizantes nitrogenados para alcanzar un alto rendimiento por hectárea en el cultivo de maíz, tomando en cuenta la pérdida que se da a través de la lixiviación y de las corrientes de agua por las precipitaciones (Tasón & Barba, 2014). Igualmente se muestran en el suelo cantidades excesivas de nitrógeno que la planta muchas veces no puede absorber por la falta de microorganismos que ayuden a descomponer la materia y hagan que este elemento esté disponible para la planta (Gordón *et al.*, 2004).

Las actividades agrícolas realizadas en nuestros campos muchas veces tienen las limitaciones de rendimientos por la falta o exceso de fertilización, mal tratamiento de la semilla antes de la siembra, exceso en el uso de plaguicidas que disminuyen los microorganismos benéficos del suelo.

En el suelo existen diversas interacciones entre los microorganismos donde influyen el comportamiento y sobrevivencia de las especies. El equilibrio microbiológico de un suelo se establece como resultado de diversos procesos que involucran una serie de interacciones tanto mutualistas como antagónicas (Feijoo, 2016). Además; del efecto bio-controlador de patógenos, se ha comprobado que los microorganismos aportan otros beneficios a las plantas. Por ejemplo, a través de la descomposición de materia orgánica se liberan nutrientes en formas disponibles para la planta; efecto que proporciona *Trichoderma spp.* como un organismo biofertilizante que promueve el crecimiento y desarrollo de los cultivos produciendo metabolitos que estimulan los procesos de desarrollo vegetal (Cano, 2011).

El papel de los hongos que infectan las raíces de las plantas no se relaciona solamente con el ataque y la descomposición de la materia orgánica, sino también con el establecimiento de complejas relaciones con la fauna y la flora del suelo, las cuales pueden ser competencia, mutualismo, depredación y parasitismo. Con respecto a la relación que establecen los hongos fitopatógenos con las raíces de las plantas, una característica es que invaden y se alimentan sobre tejidos vegetales vivos, por lo cual es muy importante que puedan rebasar todos los mecanismos de resistencia de las plantas

Los hongos micorriza aumentan la absorción de nutrientes del suelo, especialmente de aquellos que están más inmóviles como el fósforo, el zinc y el cobre. A su vez, promueven la absorción de los nutrientes presentes en formas que no están disponibles para las plantas (Pérez-Luna *et al.*, 2012).

Sin embargo, también funcionan como filtros biológicos, pues reducen la acumulación de sodio en las hojas, mejoran la tolerancia a la salinidad, moderan la absorción de elementos tales como los metales pesados y, en definitiva, promueven la resistencia de los cultivos al estrés ambiental también aumentan la tolerancia a plagas y enfermedades, ya que fomentan la eficiencia de las plantas para absorber agua y nutrientes, promueven el desarrollo de microflora benéfica en la rizosfera, incrementan la resistencia mecánica de los tejidos radiculares y elevan la defensa sistémica gracias a la prevalencia de los genes más resistentes (Giuseppe, 2019).

2.1. Características de los productos comerciales

Para este estudio elegimos dos productos principales que a continuación vamos a describir la ficha técnica de ambos para dar a conocer el funcionamiento y todos los beneficios que ofrecen al momento de aplicarlos al campo.

2.1.1. Producto comercial *TRICHO-PLUS*

Comenzaremos con el producto *TRICHO-PLUS* que actúa como un bioestimulante ya que, esta mejora la salud y el vigor de las plantas a través de la segregación de una variedad de bio-estimulantes que, mediante el fomento, inhibición o modificación de los procesos fisiológicos de las mismas, van a mejorar los principales índices morfológicos y a activar el **S.A.R.** o también conocido como Sistema Adquirido de Resistencia. Además, este producto puede actuar como un biocontrolador de enfermedades ya que compite por el espacio y los nutrientes con los principales hongos patógenos o los depreda directamente.

Composición: Está compuesto por esporas de los hongos *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* en una base de talco. Su concentración mínima garantizada es de mil millones de esporas por gramo de producto (1×10^9 U.F.C./gr).

T. harzianum, secreta una proteasa que degrada las enzimas que utiliza *B. cinerea* para atacar la pared celular de las plantas, mientras que *T. viride* produjo a-glucosidasa para degradar una fitotoxina de *R. solani*. Es posible que el potencial enzimático de *Trichoderma* para detener el proceso infeccioso de los patógenos sea mucho mayor, pues este controlador biológico secreta más de 70

metabolitos, entre ellos sustancias estimuladoras del crecimiento y desarrollo de las plantas (Harman *et al.*, 2004).

Los métodos y dosis de aplicación están sujetos según la necesidad o forma en la que el productor desea trabajar (Según instrucciones del fabricante: SOILTECH, 2021).

- Cuando se realicen inoculaciones de semillas:
 - Sumergir en una solución de 2 gramos de **TRICHO-PLUS** por litro de agua durante al menos 1 hora (semillas más duras pueden permanecer 2 horas), tras lo cual se dejan secar sin exposición a la luz directa del sol.
 - Por pulverización: Usar 2 gramos de **TRICHO-PLUS** por kilo de semillas junto con un adherente natural, asegurándose que todas las semillas queden impregnadas.
- Aplicación en almácigos: Aplicar homogéneamente una solución de 2 gramos de **TRICHO-PLUS** por litro de agua sobre las bandejas.
- Aplicación sobre podas: Aplicar una solución homogéneamente de 1 gramo de **TRICHO-PLUS** por litro de agua sobre el corte de la poda
- Aplicación directa al suelo:
 - **Pre-transplante:** Aplicar 200 gramos de **TRICHO-PLUS** por hectárea unos diez días antes del transplante.
 - **Post-transplante:** Aplicar 100 gramos de **TRICHO-PLUS** por hectárea diez días después del transplante y posteriormente, realizar aplicaciones mensuales a esta misma dosis.
- Compostaje: Aplicar 5 gramos de **TRICHO-PLUS** por tonelada de material una vez terminada la primera fase del proceso (fase térmica, de alta temperatura).

En el estudio realizamos aplicaciones directas al suelo utilizando 2 gramos del producto **TRICHO-PLUS** y posteriormente, hicimos aplicaciones mensuales con la misma dosis de 2 gramos.

Momento de aplicación: Las aplicaciones deben hacerse cuando la temperatura del suelo esté entre 10°C a 29°C. La exposición excesiva a los rayos ultravioletas (luz solar) pueden interferir con la actividad de **TRICHO-PLUS**, por lo que no se recomienda aplicar en horas centrales los días muy soleados. Esperar un mínimo de 48 horas las aplicaciones de **TRICHO-PLUS** y las de fungicidas.

Almacenaje: **TRICHO-PLUS** debe almacenarse en un lugar oscuro y fresco alejado de la exposición del sol. No necesita refrigeración.

2.1.2. Producto comercial *GLUMIX IRRIGATION*

Daremos a conocer el producto comercial **GLUMIX IRRIGATION** que contienen *Micorrizas*, biofortificantes. Es un bioactivador radicular de amplio espectro. Su novedosa composición a base de un consorcio de hongos micorrízicos vesículo arbusculares (**VAM**, siglas en inglés), hacen de Glumix irrigation un producto completo para activar los cultivos y obtener mayores rendimientos.

Este producto está compuesto por diferentes micronutrientes que a continuación colocaremos: Calcio (Ca), Hierro (Fe), Esporas de hongos endomicorrizicos (**VAM**) (*Glomus fasciculatum*, *Glomus constrictum*, *Glomus tortuosum*, *Glomus geosporum*, *Glomus intraradices*) esto tiene una equivalencia de 3000 esporas / kilogramo de producto.

Funcionamiento: Al ser aplicado al sistema radicular de las plantas, invade las raíces formando una simbiosis y activando su crecimiento de una forma armónica, de tal forma que incrementa el área de exploración de suelo; dando

como resultado un mayor anclaje de la planta he incrementado hasta un 40% más la eficiencia de absorción de nutrientes de la solución del suelo promueve en gran medida el balance nutricional en términos de macro y micronutrientes lo que conlleva a que las plantas toleren mejor las condiciones del estrés, ocasionados por sequía, exceso de humedad o ataque de plagas y enfermedades.

Externamente las raíces emiten gran cantidad de micelio e hifas de las micorrizas, quienes se extienden explorando un volumen de suelo mucho mayor, al que lo harían las raíces en condiciones normales; de esta forma **GLUMIX IRRIGATION** contribuye a un mejor desarrollo y crecimiento de la planta, expresando su máximo potencial productivo.

Adicionalmente **GLUMIX IRRIGATION** fortalece a las plantas incrementando sus defensas naturales contra la acción de los patógenos, además de mejorar las condiciones físicas, químicas y estructurales del suelo, dando mayor capacidad de aireación.

Compatibilidad: Es compatible con la mayoría de los productos biorracionales, insecticidas químicos, fertilizantes y microelementos. No se recomienda mezclarlo con amoníaco.

Las dosis están distribuidas de diferentes maneras según el género de plantas a continuación mostraremos (Según indicaciones del fabricante: BIOKRONE, 2022).

En gramíneas y leguminosas se aplica una dosis de 1-2 kg / ha la aplicación se realiza al momento de la siembra incorporado con el fertilizante.

En rosáceas, cítricos y frutales se aplica una dosis de 1-2 kg / ha se recomienda aplicar al inicio del ciclo vegetativo, en línea al centro de la cama, mezclado al fertilizante.

En solanáceas se aplica una dosis de 1-2 kg / ha se realiza en la pre-siembra mezclado con el fertilizante.

En cucurbitáceas se aplica una dosis de 1-2 kg / ha esta aplicación se hace en la siembra o en la post-emergencia, mezclado con el fertilizante

En ornamentales se aplica una dosis de 1-2 kg / ha se hace la aplicación al momento de la siembra incorporado con el fertilizante.

En nuestro estudio se realizó la aplicación del producto en donde se utilizaron 50 gramos al momento de la siembra a diferencia de **TRICHO PLUS** que se realizaron aplicaciones periódicas mensualmente **GLUMIX IRRIGATION** solo se aplicó una sola vez que fue al momento de la siembra.

2.2. Características del cultivo

2.2.1. Maíz

Está dentro de la familia de las gramíneas, es una planta anual y robusta, tiene un crecimiento entre dos a cuatro metros de altura, tiene un solo tallo dominante, pero puede producir hijos fértiles, hojas alternas son pubescentes en la parte superior de y glabra en la parte inferior. Es una planta monoica (produce flores masculinas y femeninas en distintos órganos de la planta), con flores femeninas en mazorcas laterales, con floración masculina, esta ocurre uno o dos días antes que la floración femenina. Su polinización es libre y cruzada, produce una gran cantidad de polen alrededor de unos 25 a 30 mil granos por óvulos; los granos

están incrustados en hileras en la tusa; las mazorcas están en su totalidad cubierta por hoja; el grano es una cariopsis. El maíz es una planta C₄ típica (Gordón, 2007; Jaén, 2010; Kiesselbach, 1949).

La duración de las etapas fenológicas depende de la variedad, así como la temperatura, la que a su vez está determinada por la altura sobre el nivel del mar y el fotoperiodo.

El CATIE (1990) considera que el maíz presenta diferentes etapas de desarrollo y a continuación las detallamos:

Etapa cero (cero-cinco días después de la siembra), germinación, después de la siembra, la semilla absorbe agua y empieza la germinación de la plántula. La radícula se alarga más rápidamente, seguida por la plúmula y las raíces seminales. El embrión usa las reservas alimenticias contenidas en el endospermo para todo este proceso de desarrollo. Bajo condiciones cálidas y húmedas, el ápice del coleóptilo emergerá al cabo de cuatro o cinco días de realizada la siembra; pero bajo condiciones frías y de falta de humedad esta emergencia puede demorar dos semanas.

Etapa 0.5 (una semana después de la germinación) aparecen las dos hojas formadas completamente. Las raíces primarias y principalmente la radícula desarrollan muchas ramificaciones y pelos radicales. Se inicia la alimentación de la planta por vía de la fotosíntesis.

Etapa uno (dos semanas después de la germinación) se pueden observar cuatro hojas formadas. Se alarga la segunda espiral de las raíces. Las raíces primarias crecen muy poco después de esta etapa.

Etapa dos (cuatro semanas después de la germinación) en esta etapa se observan ocho hojas formadas y se caracteriza por una rápida formación de hojas. La novena, 10^a y 11^a hojas han completado el desarrollo, pero no han emergido completamente. Se inicia la rápida absorción de N, P, K y otros nutrientes.

Etapa tres (seis semanas después de la germinación) hay 12 hojas formadas. Las hojas han completado su alargamiento, las cuatro hojas más bajas se han marchitado y perdido. El tallo muestra un crecimiento rápido. En el primer nudo aparecen las raíces adventicias. En esta etapa se inicia el incremento en peso seco de la parte aérea de la planta y continúa hasta la maduración.

Etapa cuatro (ocho semanas después de la germinación), están formado 16 hojas. Del verticilo emerge la flor masculina. Se alargan más rápidamente los entrenudos del tallo. Se pierde la quinta y sexta hoja

Etapa cinco (diez semanas después de la germinación), después de dos o tres días las hojas y la flor masculina completan su emergencia. Los estigmas iniciales emergen de la flor femenina y el polen se empieza a desprenderse. El alargamiento ente los entrenudos del tallo se detiene. Los pedúnculos de la flor masculina y las envolturas de la mazorca (tusa) casi han completado su desarrollo.

Etapa seis a diez (doce semanas o más después de la germinación), se alcanza en esta etapa el máximo desarrollo de la planta y su madurez fisiológica. Se oscurecen los estigmas, el raquis alcanza su tamaño normal; los granos pasan del estado lechoso al de grano seco. La acumulación de materia seca se detiene por fin y los granos siguen perdiendo humedad después de estas etapas.

Gordón (2007), señala que los sistemas de producción de maíz en el país son tres: maíz mecanizado, maíz a chuzo mejorado o con tecnología y el maíz a chuzo tradicional o de subsistencia.

Hay que analizar la demanda del maíz en el mercado y lo que este representa en la comercialización en el país; el 37% corresponde al maíz que se procesa para consumo humano y un 63% al consumo de la industria de alimentos balanceados para animales.

2.3. Condiciones agroclimáticas del maíz

2.3.1. Clima

Latitud: Se adapta desde 50° de latitud norte hasta 40° latitud sur, lo cual abarca varias regiones agrícolas en el mundo. En el continente americano el maíz se cultiva desde Canadá hasta el sur de Argentina, las regiones más productoras se encuentran entre el trópico de cáncer y el trópico de capricornio, que tienen la característica de altas temperaturas y suficiente radiación solar (CATIE, 1990).

En la provincia de Chiriquí existen dos zonas productoras que son la zona de costera de Alanje y Barú por otro lado en tierras altas se encuentra la zona de Caisán. En la primera zona los suelos son parecidos a los de la región de Azuero, pero en esta zona hay mayor precipitación pluvial. En la zona de Caisán los suelos se derivan de cenizas volcánicas (andisoles), la altura entre 400 y 1,000 msnm y precipitación pluvial entre 1,200 y 2,500 mm al año (Gordón, 2007).

Luz solar: Mencionan Fischer y Palmer 1984: Edmeades *et al.*, 1992 citados por Gordón, 2007 que el maíz es una planta determinada de días cortos. Esto significa que la floración se retrasa cuando el fotoperiodo no cubre el

requerimiento mínimo de horas luz, también señalan que para la mayoría de germoplasma de maíz el fotoperiodo crítico es entre 11 y 14 horas luz.

Temperatura: Los investigadores Edmeades *et al*, 1992, citados por Gordon, 2007, consideran que el maíz le afectan tres tipos de temperatura.

Temperatura base (T_{base}): Se da un detenimiento metabólico y la tasa de progreso fenológico es nula (0).

Temperatura optima (T_{opt}): El desarrollo fenológico es máximo y tiene un valor relativo de (1.0).

Temperatura crítica (T_{crt}): La tasa de progreso baja nuevamente a cero por efectos negativos de exceso de calor.

El rango de temperaturas cardinales reportadas en maíz a través de muchos experimentos es de seis a 10°C para (T_{base}), 30 a 34°C Para (T_{opt}) y 40 a 44°C para (T_{crt}).

Agua: Este es el factor más limitante en el rendimiento de grano y forraje de maíz en muchas regiones del mundo (FAO, 1993, citado por Gordón, 2007). La planta absorbe el agua del suelo y se mueve a través de la propia planta, una parte es usada y otra devuelta a la atmosfera en forma de vapor, este proceso se llama evapotranspiración. La tasa de evaporación del agua depende de varios factores, temperatura, humedad ambiental, radiación solar, viento y área foliar del cultivo (Rhoads y Yonts, 1991, citados por Gordón, 2007).

La precipitación mínima a la cual puede esperarse cosecha de granos en el cultivo de maíz es de 150 mm durante todo el ciclo del cultivo. Un estudio hecho por Laffite en México durante 1994, indicaron que el cultivo de maíz demanda de

300 a 700mm de lluvia bien distribuidos para un crecimiento normal McLarty Early, 1961, citados por (Gordón 2007).

Suelo: Para Laffite, 1994, citado por Gordón, 2007, los mejores suelos para el cultivo del maíz son los de textura media (Francos), fértiles, bien drenados, profundos y con una elevada capacidad de retención de agua.

Puede cultivarse en pH de 5.5 a 8, con buenos resultados, aunque lo óptimo corresponde a una ligera acidez (pH entre 6 y 7). Un pH fuera de esos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos se produce toxicidad o carencia.

El pH inferior a 5.5 tiende a causar problemas de toxicidad por aluminio (Al) y manganeso (Mn), con carencia de fósforo (P) y magnesio (Mg). Un pH superior a 8 (suelos calcáreos), presentan carencia de hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn).

2.3.2. Requerimientos de nutrientes:

Indica Gordón, 2007, que los principales nutrientes que exige el maíz son: Nitrógeno (N), potasio (K), Magnesio (Mg) y azufre (S). Los siguientes elementos son requeridos en menores cantidades y muchas veces no es necesario aplicarlos, ya sea porque se encuentran disponibles en el suelo o porque su demanda es mínima: cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B), hierro (Fe), manganeso (Mn) y molibdeno (Mo).

Según (Llanos, 1984) a continuación se indica las acciones de ciertos nutrientes:

Nitrógeno (N): La mayor parte del nitrógeno el maíz lo absorbe en forma nítrica (NO_3), cuando la planta es joven las raíces pueden absorber las formas

amoniacaes más rápido. Al principio la absorción aumenta por parte de la planta a un ritmo lento, al aproximarse el momento de la floración aumenta la absorción más rápidamente. En el primer mes, las necesidades medias de N para el maíz pueden cifrarse en tres kg/ha. Las deficiencias de este elemento se observan inicialmente como una clorosis marcada en las hojas más viejas de la planta (las que están por debajo de la mazorca); si la diferencia es severa las hojas llegan a secarse prematuramente.

Fósforo (P): La cantidad de fósforo que se encuentra en las plantas vivas es aproximadamente una décima parte del nitrógeno. Su presencia de forma asimilable en el suelo es de gran importancia en la fase de crecimiento vegetativo, y cuando las pequeñas raíces no pueden llegar a las reservas de P del suelo, compiten en desventaja con los microorganismos en su aprovechamiento. Una deficiencia en esta fase causará una formación deficiente de los órganos reproductores. Este elemento contribuye a una mejor utilización de N. la cantidad de P extraído en condiciones normales de cultivo se acerca a los 10 kg/t de grano cosechado. La falta de P se observa por un enrojecimiento en las hojas.

Potasio (K): El contenido de potasio en los tejidos de la planta depende principalmente de su edad. Las plantas jóvenes de maíz pueden contener entre 4-6% de K₂O sobre materia seca. En la planta adulta el porcentaje normal baja hasta un 2%. La velocidad de absorción del K es superior a la de N. casi todo el K que necesita el maíz es extraído durante los 80 días de desarrollo de la planta. No obstante, en el primer mes, la velocidad de absorción de K es relativamente lenta.

Azufre (S): El contenido de S en los tejidos vegetales es similar al P la necesidad del azufre es pequeña comparada con otros elementos principales. Se calcula que una cosecha de 6.5 t de grano/ha extrae 10 kg de S/ha. La deficiencia de este nutriente se observa como una clorosis general o en ocasiones una clorosis internerval en las hojas más nuevas de la planta (Gordón, 2007).

2.3.3. Época de siembra:

La época de siembra es una de las decisiones tiene mucha incidencia en el éxito o fracaso de las actividades agrícolas de cualquier cultivo. Para seleccionar determinada fecha es importante conocer las condiciones agroclimáticas de una región agrícola específica.

Los factores de mayor importancia para el cultivo del maíz son precipitación pluvial (lluvia), temperatura promedio y radiación solar.

Según Gordón, 2007, en la provincia de Chiriquí las épocas de siembra son las siguientes:

- Caisán: Se debe realizar la siembra de los meses de abril y mayo, pero es ideal realizarlas en cuanto se regularicen las lluvias.
- Barú: Según las precipitaciones que predominan en esta región es recomendable sembrar entre los meses de septiembre y octubre.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y fecha.

Este ensayo fue establecido en el mes de agosto 2022 y finalizó en diciembre 2022, en el corregimiento El Tejar de Alanje (8°25'55" N, 82°33'20" O) provincia de Chiriquí al occidente de la república de Panamá (Figura 1).

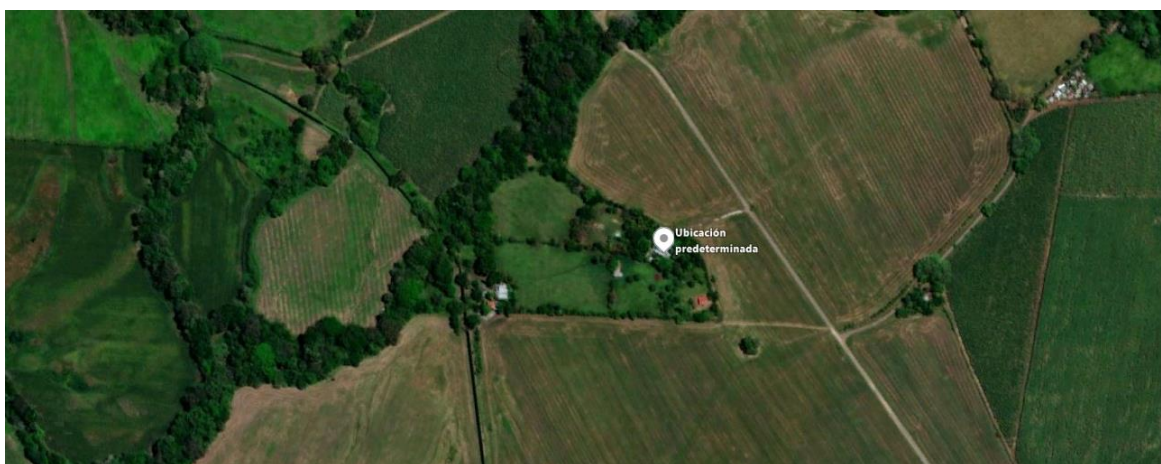


Figura 1. Ubicación del ensayo en el corregimiento de El Tejar.

3.2. Productos comerciales a evaluar.

En esta investigación se utilizaron dos productos comerciales **TRICHO-PLUS** y **GLUMIX IRRIGATION** (Figura 2).



Figura 2. Productos comerciales utilizados en el ensayo A) **GLUMIX IRRIGATION** y B) **TRICHO PLUS**.

3.3. Siembra.

Se colocaron 2.2 kg de sustrato por bolsa de siembra. Previamente se realizó la desinfección de las semillas con una solución de hipoclorito de sodio al 10%. Pasado 30 minutos se lavaron con agua, dejándolas secar para realizar la siembra. Se colocaron 3 semillas de maíz (maíz criollo) por bolsa de siembra (Figura 3).



Figura 3. Establecimiento del ensayo: A) Llenado de bolsas y B) Desinfección de las semillas.

3.4. Fertilización.

Se le aplicó a los 15 días después de la siembra a cada planta en su respectiva masetta, aproximadamente dos gramos de abono completo 12-24-12 (N P K), también se aplicó a los 30 días después de la siembra abono químico, a razón de dos gramos por planta de 40-0-0-6S, también en forma superficial cubriendo la base de cada planta (Figura 4).

Este programa de fertilización se llevó a cabo, tomando en cuenta las experiencias de los productores que trabajan con cultivo de maíz en la zona.



Figura 4. A) Aplicación de abono 15 DDS y B) Aplicación de Urea 30 DDS.

3.5. Tratamientos.

Posteriormente se realizaron los tratamientos detallados a continuación: Tratamiento 1 se trabajó de manera convencional utilizando solo abono comercial. Tratamiento 2 (testigo) donde no se utilizaron microorganismos benéficos, ni se le agregó abono (Figura 5). Tratamiento 3 (*Trichoderma spp.*) se realizaron aplicaciones de 3 g por bolsa desde el día de siembra y cada 30 días directo al suelo del producto comercial Tricho Plus (Figura 6). Tratamiento 4 (*Glomus spp.*) se aplicaron 50 g por bolsa desde el día de siembra del producto comercial Glumix Irrigation (Figura 7). Por tratamiento se utilizaron 60 bolsas de siembra.



Figura 5. Establecimiento de los tratamientos A) Tratamiento 1 Convencional, B) Tratamiento 2 Testigo.

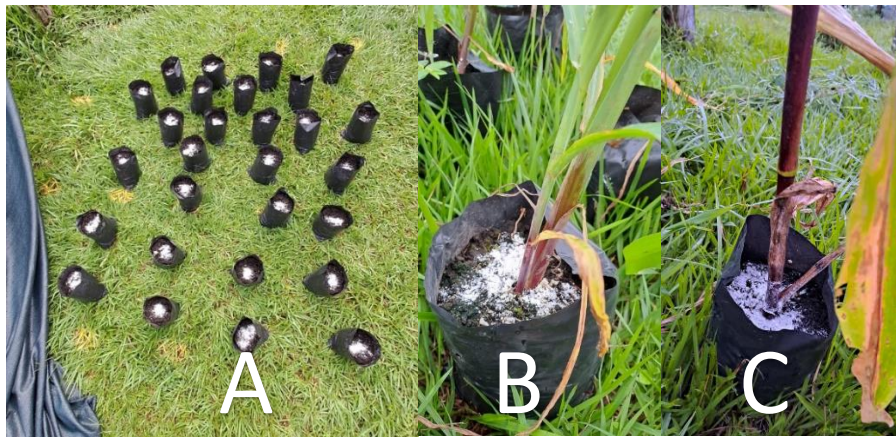


Figura 6. A) Tratamiento 3 *Trichoderma spp.* día de la siembra, B) Aplicación de *Trichoderma spp.* a los 30 dds y C) Aplicación de *Trichoderma spp.* a los 60 dds.



Figura 7. A) Tratamiento 4 *Glomus spp.* el día de la siembra y B) Tratamiento *Glomus spp.* 10 dds.

3.6. Parámetros evaluados.

En todos los ensayos se tomaron en cuenta los siguientes datos: Porcentaje de germinación, tamaño de la planta, grosor del tallo y peso de las raíces, además se realizaron observación en la floración y aparición de las mazorcas.

3.7. Parámetros evaluados en las plantas de maíz.

3.7.1. Porcentaje de germinación: Para todos los tratamientos se determinó el porcentaje en base a la siguiente fórmula: % Germinación = $[(N^{\circ} \text{ semillas germinadas}) / (N^{\circ} \text{ semillas sembradas})] \times 100$.

3.7.2. Tamaño de la planta: Cada diez días se tomaron al azar tres plantas por tratamiento y se medía en centímetros desde la base de la planta hasta el ápice. Se realizaron nueve lecturas para cada tratamiento (Figura 8-A).

3.7.3. Grosor del tallo: Para determinar el grosor del tallo en cada planta, se tomaba a una altura de 2 cm de la base de la planta con una cinta métrica, tomando el dato correspondiente en 3 repeticiones (Figura 8-B).

3.7.4. Peso de las raíces: Una vez tomado los datos del tamaño de la planta y grosor del tallo se cortaba la base de la planta quedando las raíces desprendidas, los datos del peso de las raíces se realizaron en una balanza digital (Figura 8-C). Las raíces antes de tomar el peso se lavaron con agua.

3.7.5. Floración y aparición de mazorcas: Esta fue determinada si había presencia o no de la espiga y posteriormente mazorcas en cada uno de los tratamientos.



Figura 8. parámetros evaluados A) Altura de la planta, B) Grosor del tallo y C) Peso de la raíz.

3.8. Diseño experimental y análisis estadísticos.

Todos los datos de este diseño se realizaron en bloques completamente al azar se utilizó R 2.12 (R-Development-Core-Team 2021), Statistica versión 10 (StatSoftV10) y los gráficos mediante Graph Pad Prism V.8.0.2 (San Diego, CA, USA). Los datos fueron sometidos a evaluación de los supuestos utilizando la prueba de Shapiro-Wilk's, para valorar normalidad y la prueba de Levene's para analizar la homogeneidad de varianzas. Las variables que cumplieron con los dos supuestos fueron analizadas con la prueba de ANOVA y como existen diferencias se utilizó la prueba post-hoc adecuada. Las variables que no cumplieron con los supuestos fueron analizadas con la prueba de Kruskal-Wallis y las diferencias se corrigieron con la prueba de Dunn's. Los resultados se expresaron como Media \pm DE (desviación estándar).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En términos generales observamos durante todo el periodo de esta investigación diferencias entre los tratamientos donde se utilizó *Trichoderma spp.* y *Glomus spp.* en comparación con los tratamientos Convencional y Testigo en el desarrollo de las plantas como se aprecia a los 50 días después de la siembra (Figura 9).



Figura 9. Desarrollo de las plantas a los 50 días después de la siembra en los diferentes tratamientos: A) Convencional, B) Testigo, C) *Trichoderma spp.* y D) *Glomus spp.*

El promedio de precipitación durante todo el ciclo del cultivo fue de 321.2 mm (Tabla I), para el área de Alanje el promedio para los meses de agosto-noviembre, es de 303.4, 418.9, 237.8, 297.8 y 354.9 en los últimos 5 años 2021-2017 respectivamente. Según estudios realizados por Laffite (1994), indica que el cultivo de maíz demanda de 300 a 700 mm de lluvia bien distribuidas para un crecimiento normal. De igual manera hacen mención sobre la precipitación mínima que soporta el cultivo de maíz que es de 150

mm durante todo el ciclo del cultivo. Lafitte (2001) & Steduto *et al.* (2012), señalan que el cultivo de maíz requiere para un normal crecimiento de 500 a 800 mm de lluvia bien distribuida.

Tabla I. Precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo.

Mes	Total, de mm de lluvia/ mes
Agosto	354.4
Septiembre	340.5
Octubre	364.8
Noviembre	225.3
Promedio	321.2

Fuente: Estación de David, Hidrometeorología ETESA 2022.

En cuanto insectos y malezas, no se presentaron daños en este ensayo, se realizaron controles manuales a las plantas sin la necesidad del uso de herbicidas e insecticidas después de la emergencia de las semillas.

4.1. Altura de la planta.

La altura de las plantas estuvo en un rango medio de 78.7 cm hasta 240 cm en los tratamientos testigo y *Glomus* respectivamente. Nuestros datos mostraron que existe diferencia significativa según la prueba de Kruskal-Wallis ($P < 0.001$). La prueba de comparaciones múltiples de Dunn's indica que entre el tratamiento 1 y el tratamiento 2 no existen diferencias significativas donde $p = 0.203$, de igual forma no hay diferencias entre los tratamientos 3 y 4 donde $p = 0.999$. Por otro lado, entre los tratamientos 3 y 1 existen diferencias significativas donde $p < 0.001$, de igual manera en los tratamientos 4 y 1 existen diferencias donde $p < 0.001$, también existen diferencias significativas entre los tratamientos 3 y 2 y los tratamientos 4 y 2 donde $p = 0.005$ y $p = 0.002$ respectivamente (Tabla II).

Tabla II. Altura de la planta en los diferentes tratamientos al final del ensayo.

Tratamientos	Promedio en cm \pm DE
Tratamiento 1 Convencional	160.67 \pm 4.04 a
Tratamiento 2 Testigo	78.7 \pm 3.06 a
Tratamiento 3 <i>Trichoderma spp</i>	236 \pm 3.61 b
Tratamiento 4 <i>Glomus spp</i>	240 \pm 4.36 b

Letras distintas hay diferencias significativas.

La respuesta del maíz con mejor desarrollo de las plantas fue en los tratamientos con microorganismos, nuestros datos coinciden con un estudio realizado por Akhtar & Siddiqui, (2008); Franken *et al.* (2007); Gosling *et al.* (2006) y Kapoor *et al.* (2008), donde hacen mención de los beneficios de éstos debido a que permiten el incremento de absorción de agua y nutrimentos gracias a la cobertura hecha por los hongos en el suelo, mejoran la absorción iónica y acumulación eficiente del fósforo, aumentan la

capacidad fotosintética de las plantas por ello hay más producción de biomasa, incrementan la tolerancia de las plantas a toxinas del suelo o suelos con valores de pH altos. De tal manera que entre la primera lectura o recolección de datos las diferencias no son significativas, sin embargo, en las últimas lecturas ya se puede apreciar las diferencias en cuanto a tamaño y desarrollo de las plantas (Figura 10).

JSARS (2017), realizó una investigación sobre la inoculación de tres dosis de *Trichoderma harzianum* en *Zea mays* y su efecto a la adición del fertilizante nitrogenado al 50% y obtuvo en la variable tamaño de la planta a los 30 días después de la siembra un promedio de 34.44 cm de altura, en comparación a nuestro ensayo a los 30 días después de la siembra el tratamiento con *Trichoderma* presentaba un promedio de 75.67 cm de altura por planta. Otro estudio realizado por Romero (2023), muestra que las plantas de maíz presentaron una altura promedio de 183 cm a los 60 días que fueron tratadas con *Trichoderma* en comparación a nuestro estudio las plantas presentaron una altura promedio de 196 cm a los 60 días. La diferencia en el tamaño de la planta se pudiera manifestar ya que, en el estudio realizado por Romero utilizaron semillas de maíz híbrido y en nuestro estudio utilizamos semillas de maíz criollo.

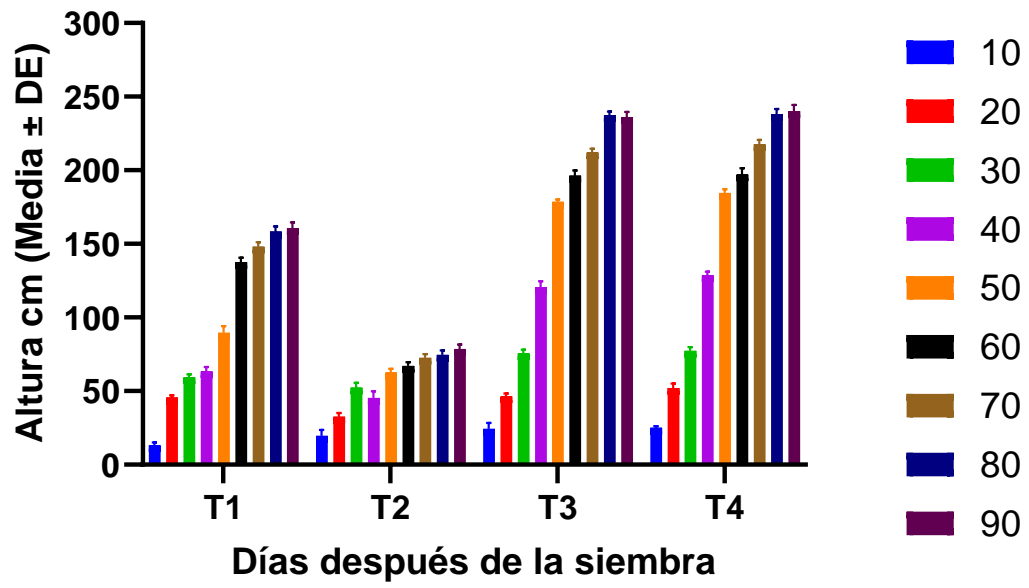


Figura 10. Altura de planta en los diferentes tratamientos en la evolución del ensayo.

4.2. Grosor del Tallo.

Los datos obtenidos en el ensayo presentaron un tamaño entre los 0.60 cm y 2.27 cm entre los tratamientos testigo y *Glomus* respectivamente. En el tratamiento convencional fue de 1.67 cm y en el tratamiento *Trichoderma* 1.83 cm. En la prueba de Kruskal-Wallis test no se encontraron diferencias significativas entre las aplicaciones con *Trichoderma* versus el convencional y *Glomus* ($P < 0.001$). En la prueba de comparación múltiples de Dunn's indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos 2 y 1 donde $p = 0.015$, de igual manera en los tratamientos 4 y 1 el valor de $p = 0.020$, en los tratamientos 3 y 2 el valor de $p < 0.001$ y en los tratamientos 4 y 2 existen diferencias donde $p < 0.001$, mientras que en los tratamientos 3 y 1 y los tratamientos 4 y 3 no existen diferencias significativas, donde $p = 0.503$ y $p > 0.999$ respectivamente (Tabla III).

Tabla III. Grosor del tallo en los diferentes tratamientos al final del ensayo.

Tratamientos	Medida en cm \pm DE
Tratamiento 1 Convencional	1.67 \pm 0.15 a
Tratamiento 2 Testigo	0.60 \pm 0.26 b
Tratamiento 3 <i>Trichoderma spp</i>	1.83 \pm 0.15 a c
Tratamiento 4 <i>Glomus spp</i>	2.27 \pm 0.15 c

Letras distintas hay diferencias significativas.

La interacción entre el simbiote (el hongo) y su hospedante (la planta) consiste en transferencia de nutrientes: la planta proporciona al hongo compuestos de carbono y el hongo suministra nutrientes, como fósforo a la planta así lo plantea Cano (2011), en su estudio sobre la interacción de

microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, *Trichoderma spp.* *Pseudomonas spp.* En nuestro estudio se puede observar en (Figura 11).

En nuestro estudio se observó en la variable del grosor del tallo la interacción de *Glomus* según Montoro (2007), estas capacitan a las plantas para su establecimiento aumentando su resistencia a las enfermedades produciendo hormonas y estimulando directamente el crecimiento de las plantas. Por otro lado, Camargo *et al.* (2020), mencionan que estos microorganismos realizan una asociación mutualista facilitando la absorción de fósforo y nitrógeno de manera más eficiente. Hernández *et al.*, (2015), afirman que los hongos micorrícicos pueden extenderse mucho más allá del alcance de las raíces de las plantas y absorber nutrientes y minerales que la planta no puede absorber por sí misma. En la investigación realizada por Romero (2023), se observa a los 50 días un grosor de tallo con media de 2.51 cm utilizando *Trichoderma* mientras que en nuestro estudio hubo una media de 1.97 cm a los 50 días.

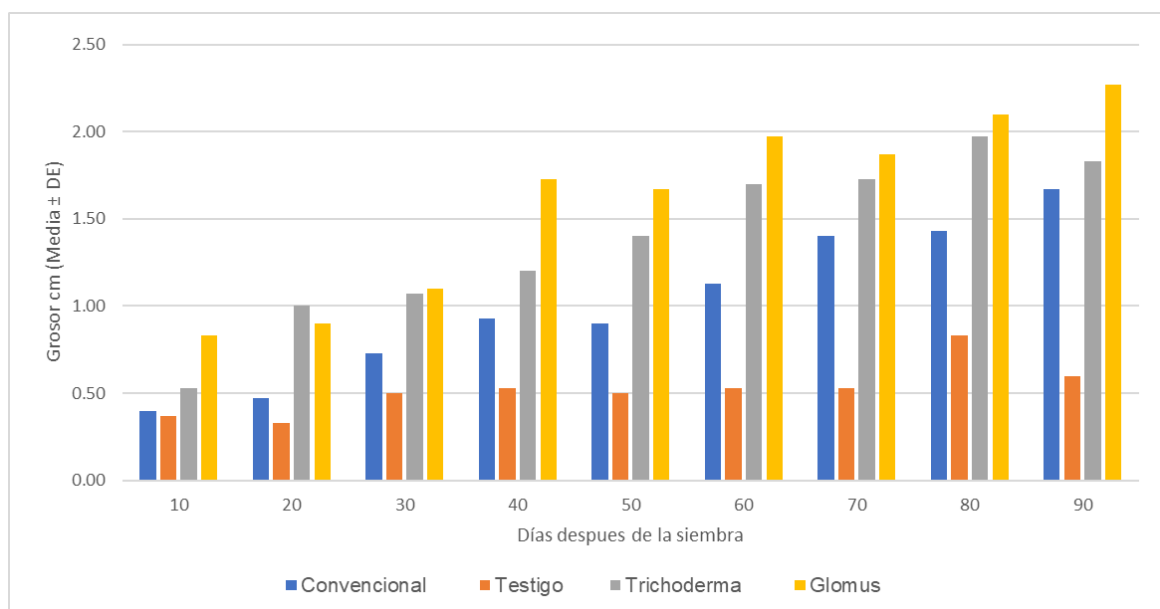


Figura 11. Grosor del tallo en los diferentes tratamientos en la evolución del estudio.

4.3. Peso de las raíces.

Al finalizar el ensayo obtuvimos un rango promedio de 12.59 g en el tratamiento testigo mientras que en *Glomus* el promedio fue de 231.83 g. En los otros tratamientos los resultados fueron de 40.21 g en el tratamiento convencional, en *Trichoderma* se muestra una media de 210.58 g. A medida que se avanzaba en el ensayo teníamos más volumen de raíces en 3 de los tratamientos, aunque en el tratamiento convencional se observó el aumento de las raíces, pero el peso no igualaba a los tratamientos con *Trichoderma* y *Glomus*. Según la prueba Kruskal- Wallis test existe diferencia significativa entre el testigo y *Glomus* ($P < 0.0001$). Según la prueba de comparación múltiple de Dunn's no existen diferencias significativas en los tratamientos 2 y 1 donde $p = 0.694$, y en los tratamientos 4 y 3 el valor de $p > 0.999$. Mientras que en los tratamientos 4 y 1 existen diferencias significativas donde $p = 0.024$, de igual manera en los tratamientos 3 y 1 donde $p = 0.059$ en los tratamientos 3 y 2 $p = 0.002$ y los tratamientos 4 y 2 $p < 0.001$ (Tabla IV).

Tabla IV. Peso de las raíces en los diferentes tratamientos al finalizar el ensayo.

Tratamientos.	Peso en gramos \pm DE
Tratamiento 1 Convencional	40.21 \pm 1.03 a
Tratamiento 2 Testigo	12.59 \pm 0.65 a
Tratamiento 3 <i>Trichoderma spp</i>	210.58 \pm 0.71 b
Tratamiento 4 <i>Glomus spp</i>	231.83 \pm 1.77 b c

Letras distintas hay diferencias significativas.

La acción de los microorganismos en las plantas se refleja en todas sus partes, las raíces cumplen funciones en la planta en donde los

microorganismos benéficos se relacionan simbióticamente para que la planta pueda estar en mejores condiciones en el medio. Finlay (2004), menciona que, recientemente, existe una mayor atención en observar la interacción de los hongos micorrícicos con las comunidades microbianas de la rizosfera y las repercusiones en las plantas hospederas Harman *et al.*, (2004) y Harman (2006), hablan sobre los efectos positivos de la inoculación de plantas con *Trichoderma* una de ellas es el control biológico de enfermedades causada por patógenos en la raíz, inducción de resistencia sistémica en las plantas, cambios en la composición de la microflora de las raíces, mayor desarrollo de las raíces, mejoran la solubilidad de los nutrientes del suelo, aumento de la formación de pelos radiculares y más profundo enraizamiento. En nuestro estudio se pueden observar las diferencias entre los tratamientos a lo largo del estudio (Figura 12).

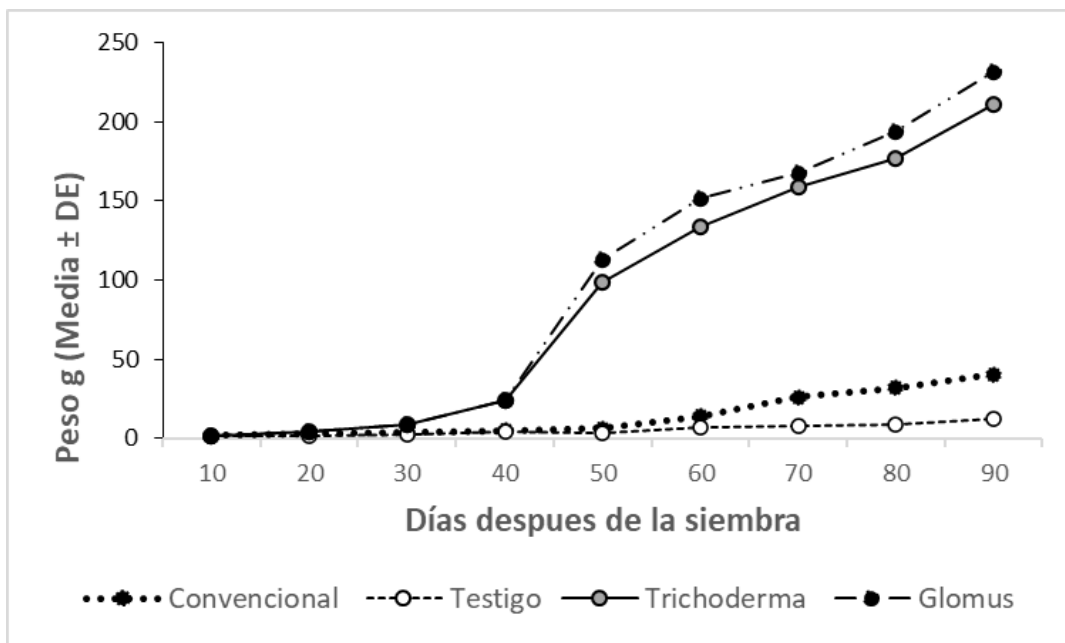


Figura 12. Peso de las raíces en los diferentes tratamientos en la evolución del estudio.

4.4. Aparición de flor y mazorcas.

Los tratamientos con los microorganismos dieron como resultados mayor crecimiento de las plantas incluso indujeron a la floración. El tratamiento con *Trichoderma* indujo la aparición de la espiga a los 60 días después de la siembra en tanto el tratamiento con *Glomus* se dio a los 63 días después de la siembra, en el tratamiento Convencional la aparición de la espiga se dio a los 80 días. (Figura 13). Estos parámetros no presentaron un análisis estadístico, pero se tomaron en cuenta durante en el ensayo. Un estudio realizado por Posada (2004), donde realizó evaluaciones sobre el efecto de Mycorol@ con tres variedades distintas de maíz obtuvieron una aparición de las flores masculinas a los 62 días en comparación a nuestros resultados que fueron a los 63 días en el tratamiento con *Glomus*, en el tratamiento con *Trichoderma* tuvimos la aparición de la flor a los 60 días mostrando también la influencia del microorganismo. En el tratamiento convencional la aparición de la espiga se dio casi a los 80 días un numero fuera de lo registrado por Quispe (2023), donde obtuvo en su estudio la aparición de la espiga a los 65 días.

En el tratamiento de *Trichoderma* nos produjo 1 mazorca en cambio el tratamiento con *Glomus* nos produjo 2 mazorcas. (Figura 14). Para la cantidad de mazorcas no se realizó análisis estadísticos, pero se hace mención sobre la presencia de dos mazorcas en el tratamiento con *Glomus* debido a la absorción adecuada de los nutrientes tal como lo especifica Bolleta *et al.*, (2005), quienes en su investigación de inoculación de plantas de maíz con hongos micorrícicos mejoraron la absorción de elementos como

nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, cobre y zinc, lo que incrementó el rendimiento del cultivo de maíz.

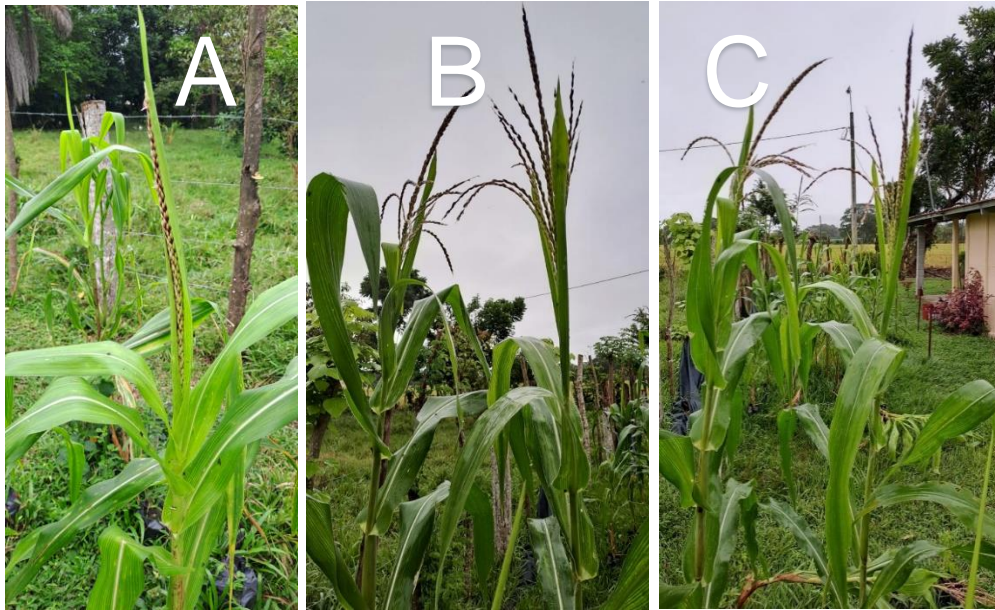


Figura 13. Floración en los diferentes tratamientos. A) floración en el tratamiento convencional, B) floración en el tratamiento con *Trichoderma* y C) floración en el tratamiento con *Glomus*.

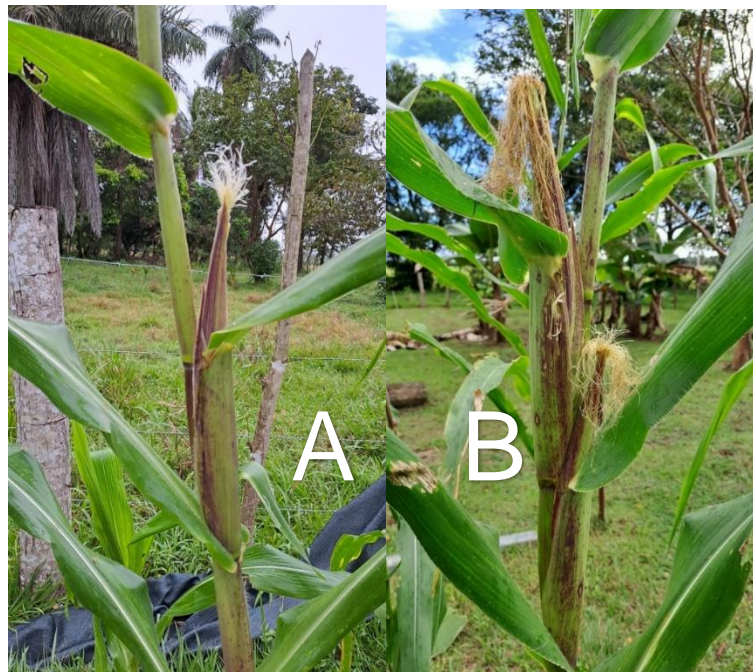


Figura 14. Aparición de mazorca en los tratamientos. A) aparición de mazorca en el tratamiento con *Trichoderma spp.* y B) aparición de mazorca en el tratamiento con *Glomus spp.*

4.5. Absorción de nutrientes en las plantas.

Los resultados que obtuvimos en los análisis foliares del laboratorio nos muestran la presencia de macro y microelementos en los tratamientos Convencional, *Trichoderma spp.* y *Glomus spp.* (Tabla V).

Para determinar cuál de los tratamientos estuvieron o no dentro del rango de absorción, hemos tomado como referencia el libro de Floria Bertsch (1995), donde establece los requerimientos nutricionales por planta en el cultivo de maíz.

Nuestros resultados demuestran que el tratamiento con *Glomus spp.* la absorción de los elementos estuvo dentro del rango establecido, pero en el tratamiento con *Trichoderma spp.* se obtuvieron resultados que no alcanzaron el rango, pero esto no impidió el desarrollo y crecimiento de las plantas, en el tratamiento convencional no alcanzo los rangos establecidos, esto se pudo observar en el crecimiento y desarrollo de las plantas, grosor del tallo y peso de las raíces.

Los resultados obtenidos con *Glomus spp.* estuvieron todos dentro del rango de absorción descritos por Bertsch, esto se debe a la simbiosis que realizan las *Micorrizas* con las raíces de las plantas. Así lo mencionan Carrillo *et al.* (2022), en donde las micorrizas forman un micelio que penetra las raíces de las plantas y ayudan a absorber los nutrientes. Hernández *et al.* (2015), también aseguran que las *Micorrizas* se pueden extender muchos más en el suelo absorbiendo minerales que las plantas no puede por sí misma, es por ello, que en nuestro estudio el tratamiento con *Micorrizas* presentó buenos resultados gracias a la interacción de los hongos con el suelo. Se concuerda

con Navarrete *et al.* (2015), en donde mencionan que el maíz obtiene de manera más eficiente los nutrientes esenciales con el uso de *Micorrizas* como el fósforo y el nitrógeno. En otro estudio realizado por Ninabanba (2017), evaluó el efecto de la aplicación de dos especies de hongos micorrícicos arbusculares sobre el crecimiento y la absorción de nutrientes del maíz. Los resultados mostraron que la inoculación con micorrizas aumentó significativamente la altura y el diámetro del tallo del maíz, así como la absorción de fósforo y nitrógeno. Jiménez *et al.*, (2019), aseguran que la micorrización puede mejorar significativamente el crecimiento y la absorción de nutrientes en el maíz al aumentar la superficie de absorción de las raíces y mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Los resultados de absorción obtenidos en el tratamiento con *Trichoderma spp.* se pudieron observar elementos que no estuvieron dentro del rango de absorción, pero se acercaban a este y la planta presentó buen desarrollo y crecimiento. En el elemento Cu se observa que hubo una mínima absorción de este elemento en el tratamiento *Trichoderma* debido a que los microorganismos benéficos tienen la capacidad de ajustar las necesidades hídricas del cultivo, incrementa la fotosíntesis e inmovilizan los metales pesados en este caso Cu. *Trichoderma* una de sus funciones principales es el de protección de las plantas así lo menciona Trigozo (2012), el uso de *Trichoderma spp* podría ser una alternativa para solucionar problemas en la agricultura, ya que existen reportes que indican que estos organismos tienen los beneficios de desarrollar resistencia al estrés hídrico en la planta. Es por lo que en cuanto a absorción de nutrientes el tratamiento *Trichoderma* en nuestro estudio no se presentaron dentro del rango establecido por Bertsch.

En el tratamiento Convencional tenemos algunos elementos que se mantuvieron dentro del rango de absorción como en el caso del elemento Mn sobresaliendo a diferencia de los tratamientos *Micorrizas* y *Trichoderma* debido a que este microelemento considerado un metal se absorbió en gran cantidad por las plantas dentro del rango de absorción y al no estar presente ningún microorganismo que impidiera el movimiento de este, se puede decir que influyo en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Tabla V. Características fisicoquímicas del follaje a tres tratamientos, luego de finalizado el estudio.

Tratamientos	Convencional	<i>Trichoderma</i>	<i>Glomus</i>
Nitrógeno	1.18 %	1.81 %	2.78 %
Fósforo	0.27 %	0.22 %	0.29 %
Potasio	1.42 %	1.47 %	2.08 %
Calcio	0.47 %	1.56 %	2.27 %
Magnesio	0.02 %	0.27 %	0.28 %
Hierro	162.76 ppm	175.16 ppm	184.93 ppm
Cobre	7.44 ppm	0.51 ppm	6.32 ppm
Manganeso	101.69 ppm	1.50 ppm	42.62 ppm
Zinc	25.65 ppm	14.98 ppm	34.97 ppm

Fuente: Laboratorio de Suelos y Afines de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

Tabla VI. Requerimientos nutricionales del cultivo de maíz.

Elemento	%					ppm			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
Rango	2.7 – 4.0	0.25 – 0.5	1.7-3.0	0.2-1.0	0.2-1.0	21-250	6-20	20-200	25-100

Fuente: Floria Bertsch (1995).

4.6. Análisis de Suelo al inicio del ensayo.

En la tabla VII observamos un análisis inicial del sustrato (Tierra negra) que utilizamos en la elaboración del proyecto con el fin de tener un dato general de lo que ofrecía este suelo con un porcentaje de saturación de Al alto y un desbalance en la relación Ca/Mg, con relación a los macros y micronutrientes que ofrecía el suelo estuvieron en un porcentaje adecuado, en el ensayo no hubo problemas en las plantas de acuerdo con los resultados del análisis.

El suelo es un recurso natural y un sistema muy complejo; que permite el sostenimiento de las actividades productivas, pero por su amplia variabilidad, es difícil establecer una sola medida física, química o biológica que refleje su calidad Bandick & Dick (1999).

La calidad física del suelo se asocia con el uso eficiente del agua, nutrientes, y pesticidas; lo cual reduce las emisiones de gases que genera el efecto invernadero. Como consecuencia, se presenta un incremento en la producción agrícola Lal *et al.* (1998).

La mayoría de las micorrizas tienen una preferencia por suelos con un pH cercano a la neutralidad o ligeramente ácido. Un pH óptimo generalmente se encuentra en el rango de 5.5 a 7.5. Sin embargo, hay excepciones, ya que algunos tipos de micorrizas pueden tolerar suelos más ácidos o alcalinos Navarrete *et al.*, (2015). Nuestro suelo presentó un pH inicial de 4.6 que no afectó la ejecución del ensayo.

Tabla VII. Características fisicoquímicas del suelo.

Parámetros evaluados	Antes de la aplicación	Después de la aplicación de <i>Trchoderma spp.</i>	Después de la aplicación de <i>Glomus spp.</i>
Textura	Franco Arcilloso Arenoso	Franco Arcilloso Arenoso	Franco Arcilloso Arenoso
Arena	62.3 %	64.4 %	59.7 %
Limo	15.5 %	19.3 %	24.0 %
Arcilla	22.2 %	16.3 %	16.4 %
pH (H₂O)	4.6	5.4	4.4
Fósforo	6.22 ppm	4.87 ppm	2.70 ppm
Potasio	18.4 ppm	117 ppm	117 ppm
Sodio	28.65 ppm	117 ppm	117 ppm
Hierro	2.8 ppm	0.2 ppm	1.9 ppm
Cobre	3.5 ppm	0.90 ppm	0.49 ppm
Manganeso	16.8 ppm	18.83 ppm	61.26 ppm
Zinc	8.4 ppm	4.3 ppm	9.5 ppm
Calcio	0.11 meq/100g	9.37 meq/100g	3.03 meq/100g
Magnesio	0.37 meq/100g	18.83 meq/100g	0.7 meq/100g
Acidez	2.70	2.60	6.60
Aluminio	2.00 meq/100g	1.10 meq/100g	2.80 meq/100g
Materia Orgánica	14.46 %	13.74 %	5.63 %

Fuente: Laboratorio de Suelos y Afines de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

4.7. Análisis de suelo luego de finalizado el estudio.

Este análisis nos muestra como se encuentra el suelo luego de aplicar los microorganismos y determinar si hubo un cambio en la composición del sustrato que beneficie la planta (Tabla VII). Para el tratamiento donde se aplicó *Trichoderma* tuvimos una variación en el pH de 4,6 a 5,4. En *Glomus* no tuvimos esta variación en el pH el mismo se mantuvo en 4,4. En el tratamiento de *Glomus* obtuvimos menos cantidad de P, K, Fe, Cu y Mn quiere decir que los hongos en este tratamiento influyeron para que la planta pudiera absorber y aprovechar más los nutrientes, pero en ambos tratamientos tuvimos un elevado porcentaje de Mg.

Los beneficios en el suelo cuando se trabaja con Micorrizas según Finlay, (2008); Guadarrama *et al.*, (2004) es que mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo mediante el enriquecimiento de materia orgánica y la formación de agregados por medio de la adhesión de partículas debida a una proteína exudada por el micelio, la glomalina, contribuyendo a darle estructura y estabilidad al suelo, lo que reduce su erosión y mejora su capacidad de retención de agua.

Resulta importante considerar que el manejo de las plantas mediante la rotación de cultivos es un aspecto que favorece a *Trichoderma* a librar el suelo de los propágulos del fitopatógeno así lo mencionan Stefanova *et al.*, (2004) (las estructuras de resistencia que el patógeno deja en el suelo con el fin de que cuando vuelvas a sembrar te vuelva a infectar la cosecha), vulnerables durante su latencia en ausencia del hospedante, por esta razón la utilización del biopreparado en los cultivos a rotar en las áreas altamente infectadas será una forma para contribuir en la reducción de la población

del patógeno en un menor plazo de tiempo. Además la preparación adecuada del terreno, la mejor fecha de plantación, fertilización y riego actúan a favor de la combinación Planta-Trichoderma asociadas.

En un estudio realizado en un periodo de cinco años consecutivos se evaluaron las poblaciones nativas de hongos micorrícicos arbusculares, asociados con dos variedades de maíz, al igual que nuestro estudio donde el suelo presentaba altas porcentajes de saturación, la colonización de los hongos micorrícicos en las raíces de las plantas era sumamente alta así lo expusieron Serralde & Ramírez, (2004) en su estudio sobre Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz.

La disminución de algunos elementos en el suelo utilizado se puede manifestar de esta manera debido a que nuestro ensayo se llevó a cabo en un ambiente semi controlado en bolsas plásticas y los nutrientes que fueron absorbidos por la planta se obtuvieron de un área determinada donde no se podía obtener más nutrientes a través de escorrentías que las raíces viajaran más y pudieran extraer nutrientes de otros lugares.

5. CONCLUSIONES.

1. Se estableció con éxito un sistema de siembra semi controlado, en donde hubo compatibilidad funcional a través de nuestra investigación entre los microorganismos benéficos utilizados, el suelo y las plantas.
2. Los parámetros determinados (grosor del tallo, altura y peso de las raíces) en nuestra investigación mostraron que los tratamientos donde se utilizó *Trichoderma spp.* y *Glomus spp.* hubo mejor desarrollo de las plantas.
3. *Trichoderma spp.* y *Glomus spp.* Favorecen en la absorción por parte de las plantas de algunos nutrientes, fundamental para generar procesos agrícolas más productivos.

6. RECOMENDACIONES.

1. Incluir dentro de las variables a evaluar en futuros estudios el aspecto de rendimiento con relación a QQ/Ha.
2. Realizar ensayos en campo donde se puedan tomar datos bajo las condiciones del medio.
3. Hacer estudios donde solo se trabaje con microorganismos benéficos en la producción agrícola.
4. Incentivar a los productores y enseñarles estas nuevas tecnologías para obtener buenos rendimientos en sus parcelas.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Akhtar, M.S.; Siddiqui, Z.A. 2008. Biocontrol of a root-rot disease complex of chickpea by *Glomus* intraradices, *Rhizobium* sp. And *Pseudomonas* straita. Crop prot. 27: 410-417.
- Andrade-Montalvo, C. M. (2012). *Evaluación del efecto de la aplicación de Trichoderma harzianum y Trichoderma viride para el control de marchitez en mora de castilla (Rubus glaucus Benth) en el cantón Píllaro, provincia de Tungurahua* (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Argumedo-Delira, R., Alarcón, A., Ferrera-Cerrato, R., & Peña-Cabrales, J. J. (2009). El género fúngico *Trichoderma* y su relación con los contaminantes orgánicos e inorgánicos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(4), 257-269.
- Arias, N. M. M., García, V. Q., & Flores, G. C. (2001). Colonización micorrízica arbuscular y fertilización mineral de genotipos de maíz y trigo cultivados en un Andisol. *Terra Latinoamericana*, 19(4), 337-344.
- Bandick, A. K. y Dick, R. P. 1999. Efecto del manejo del campo sobre las actividades de las enzimas del suelo. *Biología y Bioquímica del Suelo*. 31 (11): 1471–1479.
- Bertsch F. (1995). La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 pág.
- Bolleta, A., Rodríguez, C., Kruger, H. (2005). Interacciones entre hongos micorrízicos y estrés hídrico: su efecto sobre el rendimiento de trigo. INTA. *Revista Técnica INTA* 4(2):28-32.
- Caguana Méndez, R. E. (2021). *“Aplicación de Trichoderma harzianum y su relación con la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz (Zea mays, L.) en el recinto Vainillo, cantón El Triunfo”* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).
- Camargo S; Arias, N. 2020. Micorrizas: una gran unión debajo del suelo.

- Cano, M. A. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15-31.
- Carrillo-Saucedo, S; Puente-Rivera, J; Montes-Recinas, S; Cruz-Ortega, R. 2022. Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta botánica mexicana*, (129).
- Castellanos González, L., Lorenzo Nicao, M. E., Muiño, B. L., Hernández Pérez, R., & Guillen Sánchez, D. (2015). Efecto in vitro de plaguicidas comerciales sobre *Trichoderma harzianum* cepa A-34. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 47(2), 185-196.
- Castillo-Samudio, R. (2007). *Efecto de la aplicación de (Trichoderma harzianum) en la producción de maíz dulce (Zea mays) variedad Golden Baby*. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Honduras.
- CATIE. (1990). *Guía para el Manejo Integrado de Plagas del cultivo de maíz*. Costa Rica.
- Chiriboga, H., Gómez, G., & Garcés, K. (2015). *Trichoderma* spp. para el control biológico de enfermedades. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Paraguay.
- Feijoo, M. A. L. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), 31-40.
- Finlay, R.D. 2004. Mycorrhizal fungi and their multifunctional roles. *Mycologist*. 18:91-96.
- Finlay R.D. 2008. Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. *Journal of Experimental Botany*, 59:1115-1126.
- Franken, P.; Donges, K.; Grunwald, U.; Kost, G.; Rexer, K.H.; Tamasloukh, M.; Waschke, A.; Zeuske, D. 2007. Gene expression analysis of arbuscule development and functioning *Phytochem.* 68:68-74.

- Giuseppe C. (2019). *Los beneficios del uso de micorrizas y trichodermas*.
- Gordon, R., Camargo, I., Franco, J., González, A, 2006. Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. *Agronomía Mesoamérica*, 17(29:189-199).
- Gordon, R. 2007. Manejo integrado de cultivo de maíz. Panamá IDIAP. 2007.
- Gordon, R., Franco, J., Camargo, I., 2010. Adaptabilidad y estabilidad de 20 variedades de maíz, Panamá, *Agronomía Mesoamericana* 21(1):11-20.
- Gosling, P.; Hodge, A.; Goodlass, G.; Bending, G.D. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming *Agric. Ecosyst. Environ.* 113:17-35.
- Guadarrama P, Sánchez-Gallén I, Álvarez-Sánchez J, Ramos-Zapata J (2004) Hongos y plantas, beneficios a diferentes escalas en micorrizas arbusculares. *Ciencias* 73:38-45.
- Harman, G.E. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopath.* 96:190-194.
- 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.
- Harman, G.E.; Petzoldt, R.; Comis, A.; Chen, J. 2004. Interactions Between *Trichoderma harzianum* strain T22 and maize inbred line Mo17 and effects of these interactions on diseases caused by *Pythium ultimum* and *Colletotrichum graminicola*. *Phytopath.* 94:147-153.
- Hernández, M; Terán, G; Albornoz, P. 2015. Morfología, anatomía y endomicorrizas en el esporofito de *Doryopteris concolor* (Pteridaceae). *Lilloa*, 74-84.
- Hernández-Ventura, J. (2013). Difusión del uso de microorganismos eficaces como innovación tecnológica en el cultivo de maíz (*Zea mays*) para pequeños productores de la región sur occidente de Honduras. Colomoncagua, Intibuca. Honduras.

- Jiménez Ortiz, M; Gómez Álvarez, R; Oliva Hernández, J; Granados Zurita, L; Pat Fernández, J; Aranda Ibáñez, E. 2019. Influencia del estiércol composteado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento 27 productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Nova scientia*, 11(23).
- Journal of the Selva Andina Research Society (JSARS). (2017). *Inoculación de tres dosis de Trichoderma harzianum en Zea mays y su efecto a la adición del fertilizante nitrogenado al 50%*. (S. A. Society, Ed.) Bolivia.
- Kapoor, R.; Sharma, D.; Bhatnagar, A.K. 2008. Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications. *Scientia Horticulturae*. 116:227-239.
- Laffite, H.R, 1994. identificación de problemas en la producción de maíz tropical. *Guía de Campo*. México D.F. CIMMYT. 122 p.
- Lafitte, H.R., 2001. Estreses abióticos que afectan al maíz. En: *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. R. Paliwal, G. Granados, H.R. Lafitte y A. Violic (eds.). FAO.
- Lal, R.; Kimble, J. M.; Follett, R. F. y Cole, C. V. 1998. El potencial de las tierras de cultivo estadounidenses para secuestrar carbono y mitigar el efecto invernadero. *Ann Arbor Press, Chelsea, MI*. 457 pág.
- Martín, G. M., & Rivera, R. (2015). Influencia de la inoculación micorrízica en los abonos verdes. Efecto sobre el cultivo principal. Estudio de caso: el maíz. *Cultivos tropicales*, 36, 34-50.
- Montoro, P. (2007). Efecto de tres niveles de EM microorganismos eficaces en el rendimiento de cultivo de espinaca (*Spinaceae oleracea* L.)-Perú. 72 p.
- Mora, A. N., & Leblanc, H. (2012). Evaluación del uso de micorrizas arbusculares para disminuir la aplicación de fertilizantes fosforados en el cultivo del maíz. *Tierra Tropical*, 8(2), 245-255.
- Navarrete, E; Peña, G; Menéndez, M; Laíño, A; Rodríguez, G; Vaca, C; Burgos, J. 2015. Financiamiento del cultivo de maíz en el cantón Mocache-

Ecuador. UEA| Revista Amazónica Ciencia y Tecnología (RACYT)|, 4(3), 270-300.

Neyra Paredes, I. A., & Portilla Rivas, J. J. (2021). Evaluación y optimización de la remoción de arsénico total en medio acuoso sobre residuos biomásicos de marlo de maíz (*Zea mays*) inertes y modificados con óxido de manganeso.

Ninabanda Guaman, N. 2017. Evaluación de cuatro niveles de micorrizas en tres híbridos de maíz bajo invernadero. \Conocoto-Pichincha 401 Quito (Ecuador).

Padilla, G. D., Izquierdo, G. A. R., Montana, L., Salas, T. C. M., Basso, C., & Montesuma, M. A. A. (2020). Efecto de la aplicación de bioestimulantes y trichoderma sobre el crecimiento en plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en vivero. *Bioagro*, 32(3), 195-204.

Pérez-Luna, Y. D. C. (2012). *Impacto de la biofertilización y aplicación de abonos orgánicos en la productividad de maíz (Zea mays L.) en Chiapas* (Doctoral dissertation, El Colegio de la Frontera Sur).

Pérez-Luna, Y. D. C., Álvarez-Solís, J. D., Mendoza-Vega, J., Pat-Fernández, J. M., Gómez-Álvarez, R., y Cuevas, L. (2012). Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en maíz con cultivo de cobertura y biofertilizantes en Chiapas, México. *Gayana. Botánica*, 69(1), 46-56.

Posada, L. P. (2004). *Efecto de tres niveles de fósforo sobre la Asociación de Mycoral@ con tres genotipos de Maíz* (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2014).

Quispe Arone, J. C. (2023). Comportamiento agronómico de cuatro híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en Lucre–Curasco, Grau 2020.

Romero. J. T. J. (2023). Efecto de biofertilizantes como complemento de la nutrición en la productividad del cultivo del maíz. (*Zea mays* L.) Los Lojas, Guayas (Doctoral dissertation, Universidad Agraria Del Ecuador).

- Santana, R. C., Rodríguez, C. M. A., Navarro, C. P., Pérez, Y. D., & Santana, M. D. C. C. (2003). Efecto de *Trichoderma viride* como estimulante de la germinación, en el desarrollo de posturas de cafetos. *Centro Agrícola*, 30(1).
- Serralde, A. M., y Ramírez, M. M. (2004). Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (*Zea mays*) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 5(1), 31-40.
- Steduto, P., T.C. Hsiao, E. Fereres y D. Raes. 2012. Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. FAO. Roma, Italia, 510 p.
- Stefanova, M. (2006). Aplicación de *Trichoderma* y otros antagonistas. *Fitosanidad*, 10(2), 151-163.
- Tasón, J. A. E., y Barba, A. (2014). Reseña histórica de la problemática de contaminación por agroquímicos y mecanismos de regulación en Panamá. *Visión Antataura*, 2(1).
- Trigozo Bartra, E. (2012). Influencia de trichoderma spp endófito sobre el crecimiento e inducción de resistencia al estrés hídrico en cacao (*Theobroma cacao* L.).
- Uribe-Valle, G., y Dzib-Echeverría, R. (2006). Micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*), *Azospirillum brasilense* y Brasinoesteroide en la producción de maíz en suelo luvisol. *Agricultura técnica en México*, 32(1), 67-76.

8. ANEXOS.

Anexo 1. SIEMBRA DEL ENSAYO.



Establecimiento del ensayo: Fuente: El autor (2022).

Anexo 2. ESTABLECIMIENTO DE LOS TRATAMIENTOS CON MICRORGANISMOS BENÉFICOS.



La aplicación de los microorganismos se realizó siguiendo las indicaciones de cada producto comercial, donde especifica la cantidad por planta y familia.
Fuente: El autor (2022).

Anexo 3. PRIMERA LECTURA.



La primera lectura se tomó a los 10 días después de la siembra donde se tomaron los datos de altura de la planta, grosor del tallo, peso de las raíces y cantidad de hojas. Las letras nos representan los tratamientos donde A) es el tratamiento convencional, B) es el tratamiento testigo, C) el tratamiento con *Trichoderma spp.* D) tratamiento con *Glomus spp.*

Anexo 4. TERCERA LECTURA.



La tercera lectura se tomó a los 30 días después de la siembra donde se tomaron los datos de altura de la planta, grosor del tallo, peso de las raíces y cantidad de hojas. Las letras nos representan los tratamientos donde A) es el tratamiento convencional, B) es el tratamiento testigo, C) el tratamiento con *Trichoderma spp.* D) tratamiento con *Glomus spp.*

Anexo 5. SEXTA LECTURA.



La sexta lectura se tomó a los 60 días después de la siembra donde se tomaron los datos de altura de la planta, grosor del tallo, peso de las raíces y cantidad de hojas. Las letras nos representan los tratamientos donde A) es el tratamiento convencional, B) es el tratamiento testigo, C) el tratamiento con *Trichoderma spp.* D) tratamiento con *Glomus spp.*

Anexo 6. NOVENA LECTURA.



La novena y última lectura se tomó a los 90 días después de la siembra donde se tomaron los datos de altura de la planta, grosor del tallo, peso de las raíces y cantidad de hojas. Las letras nos representan los tratamientos donde A) es el tratamiento convencional, B) es el tratamiento testigo, C) el tratamiento con *Trichoderma spp.* D) tratamiento con *Glomus spp.*