



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA AGRÍCOLA



EFFECTO DE DOS MÉTODOS DE APLICACIÓN DE *Trichoderma harzianum* Rifai
COMO BIOFERTILIZANTE SOBRE EL CRECIMIENTO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN
CONDICIONES CONTROLADAS

María Josefina Mota Rodríguez

Maracay, junio 2016

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA AGRÍCOLA

EFFECTO DE DOS MÉTODOS DE APLICACIÓN DE *Trichoderma harzianum* Rifai
COMO BIOFERTILIZANTE SOBRE EL CRECIMIENTO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN
CONDICIONES CONTROLADAS

Autor: Br. María Mota

Tutor: Profa. Dayana Pérez

Trabajo presentado como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero
Agrónomo Mención Fitotecnia que otorga la Universidad Central de Venezuela

Maracay, junio de 2016

APROBACIÓN DEL JURADO

Nosotros los abajo firmantes, miembros del jurado examinador del trabajo de grado titulado: **“EFECTO DE DOS MÉTODOS DE APLICACIÓN DE *Trichoderma harzianum* Rifai COMO BIOFERTILIZANTE SOBRE EL CRECIMIENTO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN CONDICIONES CONTROLADAS”**; cuyo autor es la bachiller María Josefina Mota Rodríguez, cédula de identidad N° 20.117.227, certificamos que lo hemos leído y que en nuestra opinión reúne las condiciones necesarias de adecuada presentación y es enteramente satisfactorio en alcance y calidad como trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo de la mención

Prof. Dayana Pérez

CI: V-12.926.831

Tutora-Coordinadora

Inv. Yanelly Alfaro

CI: V-6.411.175

Jurado Principal

Prof. Helen Pérez Pivat

CI: V- 15.274.519

Jurado Principal

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grados primeramente a mis padres Maribel Rodríguez y Silvino Mota por su apoyo y esfuerzo siempre, motivándome a culminar cada actividad iniciada y a mantenerme firme ante cualquier adversidad.

A mi hermanita Wendy Mota, siempre de alguna u otra forma me ha apoyando, “mi gemela”.

A Dios padre todo poderoso.

A la memoria de Luis Miguel Hernández Castellano. Amigo siempre te recordare, tu esfuerzo y constancia eran un ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA, Facultad de Agronomía “La Casa que Vence la Sombra” agradecida estaré eternamente por este regalo que no puede ser arrebatado, conocimientos, recuerdos y experiencias en ti vividas.

A mi madre por su gran esfuerzo, mujer batalladora y tenaz, que con su gran amor da todo, dejas todo y entregas todo por nosotras...

Gracias Mami.

A mi hermanita gracias por estar siempre allí, te Amo.

A la profesora Dayana Pérez, por transmitir siempre sus conocimientos, orientación y experiencias, enseñándome la pasión por cada objetivo propuesto, y a vencer aquello que no te permita llevarlo a cabalidad.

Al CINE CLUB AGRONOMIA, el cual me ofreció una segunda familia, hermanos con los cuales conviví por unos cuantos años y quienes de ahora en adelante serán parte de mi familia.

Agradecida con muchos compañeros y amigos que hicieron posible la ejecución de este ensayo, en especial a Luis Lugo. A Wilson Zarraga y Eduardo Martínez, quienes contribuyeron al ensayo preliminar el cual fue de mucha ayuda, a los preparadores y pasantes de la cátedra de Fisiología Vegetal, a Larry el obrero de la cátedra muchas gracias.

A mis Amigos Giovanni Romano Dorante, Avamesko Carreño, Génesis Rivero, Rosvir González, Emileydi Namias, Zuney González, Lucia Gutiérrez, Leydi, Carla González, Luis Francisco Queffelec, quienes de alguna u otra forma contribuyeron a la culminación de este trabajo.

A EXPERTA en especial a el profesor Asdrúbal Arcia por su contribución y aporte del producto Trico Plus A® y al técnico de campo Javier Vásquez.

Y a todos aquellos que no mencione pero fueron parte de esto, Gracias.

RESUMEN

A fin de evaluar el efecto de dos métodos de aplicación de *Trichoderma harzianum* Rifai como biofertilizante sobre el crecimiento de maíz (*Zea mays* L.) durante la fase vegetativa en condiciones controladas, se llevó a cabo una investigación donde se establecieron cinco tratamientos, realizando aplicaciones directas al suelo de 0,4 g y 0,8 g de esporas secas de *T. harzianum* Rifai únicamente antes de sembrar, aplicaciones al suelo de 0,4 g y 0,8 g de esporas secas del hongo y 5 cc por planta de una solución de 1×10^6 UFC/g del hongo cada 15 días. Se utilizaron plantas sin aplicación del hongo, como testigo, realizando sólo fertilización química. Se realizaron evaluaciones de variables en las plantas, tales como altura, diámetro del talo, número de hojas, área foliar, peso seco de hojas, tallo y raíz, biomasa seca total con frecuencia semanal desde los 9 días después de la siembra (dds) hasta los 59 dds y para fotosíntesis a los 32 y 55 dds. Se realizó un análisis de varianza y prueba de medias. Se observó que existe un efecto de los métodos de aplicación de *Trichoderma harzianum* sobre el crecimiento de las plantas, ya que se obtuvieron diferencias ($P < 0,05$) entre los tratamientos. Las plantas que recibieron 0,8 g de esporas secas más aplicaciones de solución del hongo cada 15 días presentaron mayor altura de plantas que el resto; para número de hojas solo se observaron diferencias a los 31, 38 y 45 dds, siendo las plantas del tratamiento 4 que presentaron mayor número de hojas que el resto de los tratamientos. Los tratamientos que presentaron mayor diámetro del tallo fueron los que se les aplicó las esporas secas del hongo. Durante los primeros tres muestreos las plantas que recibieron aplicación del hongo en solución mostraron mejores valores de AF, en el cuarto y quinto muestreo las plantas con mayor AF fueron las que recibieron esporas secas a mayor dosis y a menor dosis, respectivamente; manteniendo la tendencia para los últimos muestreos las plantas con la aplicación del método en solución de mayor valor para esta variable. Adicionalmente, se observa un efecto del método de aplicación del hongo sobre la acumulación de biomasa seca total, donde de manera general de las plantas de maíz que recibieron esporas secas en el suelo son las que presentaron mayor acumulación de biomasa que los tratamientos con aplicación del hongo en solución. La fotosíntesis también se vio afectada con los tratamientos de métodos de aplicación del hongo ya que a los 31 dds las plantas que se les aplicó el hongo en solución cada 15 días presentaron mayor tasa fotosintética; en el segundo muestreo que coincide con el inicio de la fase reproductiva, las plantas que solo se les aplicó fertilizante son las que presentaron mayor tasa fotosintética, seguido por las que se les aplicó 0,4 g de esporas secas al suelo.

Palabras clave: maíz, biofertilizantes, crecimiento, aplicación, fotosíntesis.

TABLA DE CONTENIDO

Título.....	ii
Aprobación del Jurado.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Resumen.....	vi
Tabla de Contenido.....	viii
Índice de Cuadros.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos específicos.....	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
Generalidades del cultivo de maíz.....	4
Fenología del cultivo de maíz.....	4
Caracterización del género Thichoderma.....	5
Efecto del Thichoderma sobre el crecimiento de las plantas.....	5
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
Ubicación.....	8
Material vegetal.....	8
Manejo del experimento.....	8
Tratamientos.....	9
Variables evaluadas.....	10
Fotosíntesis en plantas bajo condiciones controladas.....	11
Diseño experimental.....	11
Análisis estadístico.....	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
Altura de la planta.....	13
Número de hojas.....	14
Diametro del tallo.....	16
Area Foliar.....	17
Peso seco de las hojas.....	19
Peso seco del tallo.....	20
Peso seco de la raíz.....	21
Biomasa seca total.....	23
Fotosíntesis.....	24
CONCLUSIONES.....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27
ANEXOS.....	32

ÍNDICE DE CUADROS

		Pág
Cuadro 1	Características del suelo usado en el ensayo	9
Cuadro 2	Necesidades nutricionales del cultivo de Maíz.....	9
Cuadro 3	Tratamientos de <i>Trichoderma harzianum</i> a aplicar.....	10
Cuadro 4	Efecto de dos métodos de aplicación <i>T. harzianum</i> sobre el número total de hojas de las plantas de maíz bajo condiciones controladas..	16
Cuadro 5	Efecto de dos métodos de aplicación <i>T. harzianum</i> sobre la tasa fotosintética, conductancia y transpiración de las plantas de caraota a los 32 y 51 dds de las plantas de maíz bajo condiciones controladas.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1 Efecto de dos métodos de aplicación <i>T. harzianum</i> sobre la altura de las plantas de maíz bajo condiciones controladas.....	14
Figura 2 Efecto de dos métodos de aplicación <i>T. harzianum</i> sobre el diámetro de tallo (cm) de las plantas de maíz bajo condiciones controladas.	17
Figura 3 Efecto de dos métodos de aplicación <i>T. harzianum</i> sobre el área foliar (cm ²) de las plantas de maíz bajo condiciones controladas.....	19
Figura 4 Efecto de dos métodos de aplicación <i>T. harzianum</i> sobre el número total de hojas de las plantas de maíz bajo condiciones controladas....	20
Figura 5 Efecto de dos métodos de aplicación <i>T. harzianum</i> sobre el peso seco del tallo (g) de las plantas de maíz bajo condiciones controladas.....	21
Figura 6 Efecto de dos métodos de aplicación <i>T. harzianum</i> sobre el peso seco la raíz (g) de las plantas de maíz bajo condiciones controladas...	22
Figura 7 Efecto de dos métodos de aplicación <i>T. harzianum</i> sobre la biomasa (g) de las plantas de maíz bajo condiciones controladas.....	24

INDICE DE ANEXOS

		Pág
1	Efecto de dos métodos de aplicación <i>T. harzianum</i> sobre la altura de las plantas de maíz bajo condiciones controladas.....	32
2	Efecto de aplicación de esporas secas de <i>Trichoderma harzianum</i> en raíces de plantas de maíz como biofertilizante en condiciones controladas en estadio (V7).....	33
3	Efecto de aplicación de esporas secas + y solución cada 15 días en <i>Trichoderma harzianum</i> en raíces de plantas de maíz como biofertilizante bajo condiciones controladas en estadio (V7) ...	33
4	Efecto de aplicación de esporas secas de <i>Trichoderma harzianum</i> en plantas de maíz como biofertilizante bajo condiciones controladas en estadio (V7)	34
5	Efecto de aplicación de esporas secas + y solución cada 15 días en <i>Trichoderma harzianum</i> en plantas de maíz como biofertilizante bajo condiciones controladas en estadio (V7).....	34

INTRODUCCIÓN

El uso indiscriminado de productos agroquímicos, ocasiona graves problemas de deterioro en el medio ambiente, desencadenando consecuencias negativas sobre los suelos y la producción agrícola en general; promoviendo el diseño y desarrollo de alternativas para el control de malezas, plagas y enfermedades, así como para la fertilización de los suelos, con menor impacto ambiental (Ruiz, 1994). El uso excesivo de fertilizantes perjudica el desarrollo adecuado de las plantas, provocando el acamado de los cultivos y disminuyendo el rendimiento; constituyendo además, un riesgo potencial para la salud humana y animal (Almaguer, 2013).

Por otro lado, aunque se adicionen fertilizantes, una parte de estos no puede ser absorbida por las raíces; es allí cuando los microorganismos presentes en los suelos desempeñan un papel importante, pues pueden transformar estos nutrientes para que sean utilizados por la planta y permitir su crecimiento y desarrollo vegetativo de forma eficiente, evitando así su aprovechamiento por pérdidas por lixiviación y escorrentías o por falta de disponibilidad del nutriente (Sharman *et al.*, 2013; Almaguer, 2013).

Cabe destacar que el maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más cultivados en el mundo, con una producción para el año 2015 de 988,08 millones de toneladas, siendo Estados Unidos el mayor productor, con 361.091.000 de toneladas, según lo destaca el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos; en segundo lugar se encuentra China con 215.500.000 toneladas. El maíz, es uno de los cereales que posee el más alto potencial para la producción de carbohidratos, ocupando en primer lugar el arroz con un 81%, segundo lugar el maíz con un 73% y en tercer lugar el trigo con 70% (Prieto *et al.*, 2005). En Venezuela es componente esencial en la dieta, porque aporta del 20 al 30% de sus calorías totales. Su consumo per Cápita en 2010 fue de 41.6 kg/per/año (FEDEAGRO, 2014).

Un punto particularmente importante para promover el cultivo de maíz se ha enfocado en la fertilización mineral, por la eficiencia de aplicación, sinónimo de minimización de pérdidas de nutrientes en el ambiente, sin sacrificar los rendimientos del cultivo, lo contrario a una fertilización desequilibrada que produce contaminación de algunas

áreas o subfertilización, pérdida de rendimientos y/o calidad (FAO, 2000). De allí la importancia de aumentar las respuestas de la producción agrícola para la alimentación humana, disminuyendo el uso de agroquímicos y con ello, promover el desarrollo de nuevas alternativas biotecnológicas. El incremento del interés en el aprovechamiento de los microorganismos benéficos del suelo, podrá promover el crecimiento de las plantas, y en algunos casos también evitar el ataque por patógenos (De García, 1996).

Para el desarrollo de biofertilizantes es necesario considerar el mecanismo microbiano involucrado en la promoción del crecimiento de la planta (Peña y Reyes, 2007). El género *Trichoderma* puede mejorar el desarrollo del simbiote micorrizico e influir sobre el crecimiento de la planta sin alterar las condiciones naturales de los suelos ni disminuir la calidad de los nutrientes y minerales que se encuentran en los mismos, contrario a los efectos nocivos que ha venido causando el uso de agroquímicos y fertilizantes minerales (Sosa *et al.*, 2006).

Estas consideraciones han tomado importancia en las últimas décadas, buscando la estabilización de los sistemas de producción a largo plazo; mediante una alternativa de biofertilización con microorganismos en el suelo, la cual se ha considerado como un componente del manejo integrado de la nutrición vegetal (Neyra *et al.*, 2013).

En esta investigación se evaluó el efecto de dos métodos de aplicación de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre el desarrollo y crecimiento de maíz en la fase vegetativa.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el efecto de dos métodos de aplicación de *Trichoderma harzianum* Rifai como biofertilizante sobre el crecimiento de plantas de maíz (*Zea mays* L.) durante la fase vegetativa en condiciones controladas.

Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre las variables morfológicas altura, diámetro del tallo y número de hojas de plantas de maíz en etapa vegetativa utilizando dos métodos de aplicación bajo condiciones controladas.
2. Determinar el efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre las variables de de crecimiento, tales como acumulación de biomasa seca y área foliar de plantas de maíz empleando dos métodos de aplicación bajo en condiciones controladas.
3. Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre la fotosíntesis en plantas de maíz bajo en condiciones controladas.

REVISION BIBLIOGRÁFICA

Generalidades del cultivo de maíz

El maíz es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. La planta de maíz forma parte de la familia Poaceae (Gramineae) tribu Maydeae, y es la única especie cultivada del género *Zea*; otras especies de este género son comúnmente conocidas como teosinte. El maíz, es la única especie de Maydeae de gran importancia económica, además de ser una planta completamente domesticada (FAO, 2014).

En Venezuela, según FONAIAP (1990), se cultiva maíz en casi todo el territorio nacional, en distintas topografía y en distintas altitudes; es el cereal de mayor importancia como producto básico de la alimentación, con un aporte proteico de 6,5 g/persona/día y aporte calórico de 316 calorías /persona/día (Segovia y Alfaro, 2009).

Las asociaciones de productores de Venezuela para el período 2010-2014 señalaron que para el año 2012 se observa en las cifras una disminución en la producción nacional, representado por 1.752.513 toneladas, en comparación con los años anteriores 2010 y 2011 en los cuales la producción fue de 2.496.207 toneladas y 2.117.710 toneladas, respectivamente, mientras que para el año 2013 se observa un incremento en la producción, valores de 2.247.044 toneladas (FEDEAGRO, 2014).

Fenología del cultivo de maíz

Este cultivo se desarrolla en dos estadios, uno vegetativo y el otro reproductivo, el estadio vegetativo comienza al momento en que la semillas entran en contacto con el suelo húmedo y se imbebe o absorbe agua. Cabrera y García, (2007); Fassio *et al.*, (1998), definen las siguientes etapas, que corresponden los dos estadios:

E0: emergencia de la planta. E1/V4: cuatro hojas totalmente emergidas: 2 semanas después de la emergencia de la plántula. E2/V8: ocho hojas totalmente emergidas: 4 semanas después de la emergencia de la planta. E3/V12: doce hojas totalmente emergidas: 6 semanas después de la emergencia de la planta. E4/V16: dieciséis hojas totalmente emergidas: 8 semanas después de la emergencia de la planta. R1 (barba)

estadio reproductivo. R2 grano es estado de ampolla: aproximadamente 10-14 días después de emergencia de barbas. R3 grano lechoso: 18-22 días después de emergencia de barbas; R4 (pastoso) 24-28 días después de emergencia de barbas. R5 grano dentado: 35-40 días después de emergencia de barbas y R6 (madurez fisiológica): 55-65 días después de emergencia de barbas.

Caracterización del Género *Trichoderma*.

El género *Trichoderma* se clasifica en Reino Fungi, División Eumycota, Subdivisión Ascomycotina, Clase Euascomycetes, Orden Hypocreales, Familia Hypocraceae y Género *Trichoderma*. Estos hongos se caracterizan por predominar en los ecosistemas terrestres. El género *Trichoderma* se pueden encontrar en la rizosfera, donde son capaces de competir por nutrientes y espacio con otros microorganismos; algunas especies son de vida libre en el suelo, oportunistas, simbiotes de plantas, y otras son micoparásitas. Además, pueden colonizar distintos ambientes, debido a su alta capacidad reproductiva (Argumedo *et al.*, 2009). *Trichoderma* produce tres tipos de propágulos; hifas, clamidosporas y esporas (conidios). Este hongo ha despertado interés en su estudio debido a su capacidad antagonista que presenta ante hongos fitopatógenos; dentro de los mecanismos de control tenemos la competencia por nutrientes o espacio y el micoparasitismo y la antibiosis (Agamez *et al.*, 2008).

Efecto del *Trichoderma* sobre el crecimiento de las plantas

Se evaluó en plantas de maíz el efecto de dos métodos de aplicación de *T. harzianum* Rifai; el primero, aplicación de micelios secos del hongo en el suelo y el segundo fue el tratamiento de las semillas con una solución del hongo antes de siembra, sobre la promoción del crecimiento y el vigor, observándose resultados visibles y cuantificables con respecto al tratamiento control, mostrando resultados favorables en la aplicación de solución de *T. harzianum* Rifai. Se reportó que al aplicar el hongo, hubo incremento en la altura de la planta, longitud de la raíz, número de hojas por planta, área de las hojas, peso fresco y seco, aéreo y radical, en comparación con el tratamiento control. (Akladious y Abbas, 2012).

También se ha evaluado el efecto estimulante de *T. harzianum* Rifai sobre el crecimiento de la raíz de plantas de maíz, reportando que las plantas tratadas con el hongo presentaron mayor número de brotes y raíces; hasta dos veces más largas que las plántulas del tratamiento control, lo que permite un mayor alcance a los nutrientes que se encuentran en el suelo (Harman *et al.*, 2004).

Por otra parte, en trigo (*Triticum aestivum* L.), se cuantificó un aumento de 1,8 a 7 en el número de macollos a los 60 días después de la aplicación de *Trichoderma harzianum*; observándose una diferencia considerable con respecto al tratamiento control (Sharman *et al.*, 2012).

En tomate, se aplicaron distintos tratamientos para comprobar la capacidad bioestimulante del *Trichoderma*; reportando que biopreparados líquidos del hongo aplicados en las hojas, aún cuando no sean portadores de conidios, mostraron un efecto bioestimulante sobre el desarrollo de las plantas de tomate, por la presencia de metabolitos secundarios u otros subproductos de la fermentación que inducen ese efecto (Pérez *et al.*, 2013).

También en tomate, se pudo corroborar que con la aplicación de *T. harzianum* Rifai en semillero, se obtuvieron plantulas con mayor altura, biomasa aérea fresca y seca, longitud de raíces, biomasa radical fresca, contenido de humedad, volumen y densidad de raíces, al compararlas con las del tratamiento sin aplicación del hongo (Jiménez *et al.*, 2011).

Organismos del género *Trichoderma* también causan un efecto de solubilización de la roca fosfórica, presentando un efecto positivo con respecto al tratamiento sin aplicación del hongo; esta solubilización es ocasionada por un aumento en la concentración de calcio (Ca) soluble (Altomare *et al.* 1999).

Por otra parte, otros investigadores cuantificaron la solubilización del fosfato utilizando cinco tratamientos: dos cepas nativas de *Trichoderma* aisladas en suelo sembrado de caucho de una localidad (RB-NST-003 y RB-NST-028); dos cepas aisladas de campo forestal del lugar bajo estudio (FR-NST-009 y FR-NST-353) y la cepa comercial CB-Pin-01, donde; FR-NST-009 proporcionó la mayor P-solubilización (80,25%), seguido por

FR-NST-353 (77,51%), CB-Pin-01 (66,91%), lo cual muestra un efecto positivo de la solubilización del fosforo por parte de este hongo (Athakorn *et al.*, 2014)

Se pudo observar la capacidad del mencionado género para estimular la germinación de las semillas de café, las cuales presentaron un porcentaje de germinación que osciló entre 34,2 % y 39,2 % a los 50 días de la siembra mostrando diferencias significativas con respecto al testigo que presentó 31,8% de germinación (Cupull *et al.*, 2003).

Otros investigadores afirman que *Trichoderma virens* es capaz de producir los compuestos indólicos indol-3-acético (IAA) y el indol-3-etanol, que pueden desempeñar papeles en la promoción de crecimiento de la planta (Hexon *et al.*, 2009). También se ha encontrado que la germinación de semillas de pepino aumentó con la aplicación de *Trichoderma*, lo cual puede ser debido a la secreción hormonal como giberelinas y auxinas (Akhtar *et al.*, 2007).

En un experimento en condiciones de laboratorio e invernadero, con el propósito de evaluar el efecto de la cepa nativa TCN-014 y la cepa comercial TCC-005 de *Trichoderma harzianum* sobre la germinación y el crecimiento temprano de parchita, utilizando tres concentraciones del hongo en suspensión en cápsulas de petri (10^4 , 10^6 y 10^8 conidios/ml) y un tratamiento control (agua destilada) y sembrando luego las semillas germinadas bajo condiciones de invernadero. Los autores reportaron que todos los tratamientos estimularon la germinación y el desarrollo de las plántulas; sin embargo la cepa nativa en concentraciones 10^6 y 10^8 conidios/ml mostró resultados superiores frente a la cepa comercial (Cubillos *et al.*, 2009).

En otra investigación se demostró como las aplicaciones programadas de *T. harzianum* Rifai, influyeron sobre el desarrollo y crecimiento de una línea de caraota bajo condiciones controladas, donde se encontró que las aplicaciones cada 15 y 20 días fueron las que resultaron superiores en cuanto al crecimiento del cultivo (Martínez, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación: el ensayo se llevó a cabo en el Invernadero y Laboratorio de Fisiología Vegetal del Instituto de Botánica Agrícola de la Facultad de Agronomía de la UCV en Maracay, estado Aragua.

Material vegetal: se emplearon semillas híbridas de maíz blanco Sorento de Syngenta adquiridas en Agropatria. El cual se caracteriza por poseer tusa y granos de color blanco, semicristalino, el rendimiento del endospermo es de 74,31%, la altura de la planta es de 268 cm y la ubicación promedio de la mazorca en la planta es a 124 cm. Las mazorcas son de forma cónica. La inflorescencia ocurre a los 55 días; la cosecha se debe realizar a los 135 días después de la siembra aproximadamente. Este posee excelente anclaje es tolerante al volcamiento, además la mazorca cuentan buen tamaño (Syngenta, 2016).

Manejo del Experimento

Una vez realizada la prueba de germinación y la comprobación de viabilidad y vigor de las semillas, las mismas fueron esterilizadas superficialmente por inmersión en etanol al 70 % durante 2 min y luego en hipoclorito de sodio al 0.2% durante 3 min (Akladius y Abbas, 2012). Se lavaron varias veces con agua destilada estéril y luego fueron sembradas en bolsas de 30 kg con suelo homogéneo; antes de la siembra se realizó análisis físicos y químicos al mismo (Cuadro 1).

Se colocaron 3 semillas por bolsa, previamente identificadas con el tratamiento y la repetición; una vez emergidas las plántulas se realizó entesaque para dejar sólo la plántula más homogénea y vigorosa. Las plantas fueron regadas diariamente.

El ensayo se realizó hasta el estadio vegetativo E4/V16: dieciséis hojas totalmente emergidas a 8 semanas después de la emergencia de la planta.

Se aplicaron las labores de control de maleza manual, se observaron presencia de hormigas la cuales fueron controladas con PROPULXUR 2 -(1-Metiletoxi) *fenil-metilcarbonato* (PLAGATOX Mata hormigas), en el caso del cogollero se realizó de forma manual, ya que las observaciones fueron diarias.

Cuadro 1. Características del suelo usado en el ensayo

Clase Textural	N (%)	P (mg.Kg ⁻¹)	K (mg.Kg ⁻¹)	Ca (mg.Kg ⁻¹)	Mg (mg.Kg ⁻¹)
Fa	0,18	206,77 Muy alto	148,8 Muy alto	1104 Alto	116,8 Alto

Fuente: Laboratorio General de Suelos. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. 2015

Tratamientos

Se evaluó el efecto de dos métodos de aplicación del producto Trico Plus A® a la dosis comercial de 1×10^{11} UFC/gramo de *Trichoderma harzianum* (Cuadro 3).

Se realizaron aplicaciones directas al suelo de 0,4 g y 0,8 g de esporas secas de *T. harzianum* por bolsa de 30 kg antes de sembrar; aplicaciones directas al suelo al inicio de la siembra, y aplicaciones de 5 cc por planta de una solución de 1×10^6 UFC/g de *T. harzianum* cada 15 días durante todo el ensayo (Martínez, 2014). Se utilizaron plantas sin aplicación del hongo, como testigo, donde sólo se le realizó fertilización química de acuerdo con el aporte nutricional que presentó el suelo y a las necesidades del cultivo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Necesidades nutricionales del cultivo de Maíz

Cultivo	N (kg.ha ⁻¹)	P (kg.ha ⁻¹)	K (kg.ha ⁻¹)	Ca (kg.ha ⁻¹)	Mg (kg.ha ⁻¹)	S (kg.ha ⁻¹)
Maíz	100	60	40	23	25	20

Fuente: Bonilla (2009)

Cuadro 3. Tratamientos de *Trichoderma harzianum* a aplicar

Tratamientos	Método de aplicación
T0	Testigo, sólo con fertilización química
T1	Aplicación de 0,4 g de esporas secas de <i>T. harzianum</i> . 30kg suelo ⁻¹ al inicio de la siembra.
T2	Aplicación de 0,8 g de esporas secas de <i>T. harzianum</i> . 30kg suelo ⁻¹ al inicio de la siembra.
T3	0,4 g de esporas secas de <i>T. harzianum</i> . 30kg suelo ⁻¹ y aplicación de solución del hongo cada 15 días
T4	Aplicación de 0,8 g de esporas secas de <i>T. harzianum</i> .30kg suelo ⁻¹ y aplicación de solución del hongo cada 15 días.

Variables evaluadas

Variables morfo-fisiológicas y de crecimiento:

Se realizaron muestreos destructivos en las siguientes fechas: 9, 16, 24, 31, 38, 45, 52 y 59 días después de la siembra (dds) a todas las plantas de la unidad experimental de cada tratamiento:

- ✓ **Altura de la planta (cm):** se realizó la medición de la altura utilizando el siguiente criterio: desde el cuello de las plantas hasta la última hoja de la misma a tres plantas marcadas desde el inicio del ensayo en muestreo no destructivo.
- ✓ **Número de hojas totales:** se contó el número total de hojas fotosintéticas activas, totalmente expandidas de cada planta.
- ✓ **Diámetro del tallo (cm):** se determinó con el instrumento de medición vernier en el segundo entrenudo del tallo de la planta de maíz a tres plantas marcadas desde el inicio del ensayo en muestreo no destructivo.
- ✓ **Área foliar (cm²):** se determinó el área foliar (AF) a todas las hojas con un medidor automático de área marca Meter, modelo CI-2002.

- ✓ **Peso seco de las hojas (g):** una vez contadas las hojas, se procedió a separarlas del tallo para colocarlas en una estufa Memert, Mod. U40 a 70°C por 24 horas para determinar el peso seco, utilizándose una balanza analítica Marca Ainsworth, modelo 300.
- ✓ **Peso seco del tallo (g):** una vez separadas las hojas del tallo, se procedió a colocar el tallo en bolsas de papel y estas fueron colocadas en una estufa Memert, Mod. U40 a 70°C por 24 horas para determinar el peso seco, utilizándose una balanza analítica Marca Ainsworth, modelo 300.
- ✓ **Peso seco de las raíces (g):** a las raíces de las plantas se les removi6 cuidadosamente el suelo por lavado y se procedió a colocarlas en una estufa Memert, Mod. U40 a 70°C por 24 horas para determinar el peso seco utilizándose una balanza analítica Marca Ainsworth.
- ✓ **Biomasa total (g):** para la determinaci6n de la biomasa total se realiz6 la sumatoria del peso de las estructuras.

Fotosíntesis en plantas bajo condiciones controladas

Para realizar la medici6n de la fotosíntesis, se utiliz6 el equipo LCI Portable Photosynthesis System, Marca ADC BioScientific Ltd, analizador de gases infrarojo (IRGA) con sistema abierto portátil para uso en campo. Se medi6 el ambiente alrededor de la hoja dentro de la c6mara, en la tercera de la planta totalmente expandida, y se tomaron los siguientes datos: asimilaci6n de CO₂ en mmol CO₂m⁻²s⁻¹; conductancia estomática en mol H₂O m⁻² s⁻¹ y transpiraci6n en mmolH₂O m⁻² s⁻¹. Las lecturas se realizaron a los 31 y 55 días despu6s de la emergencia de la plántula (dde) a 2 repeticiones de cada tratamiento en un perío6do de luminosidad entre 8:00 a 11:00 am.

Diseño experimental

Se utiliz6 un diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos, cada uno con ocho repeticiones. Se us6 una planta por bolsa. La unidad experimental fueron tres plantas.

Análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos se realizó un análisis de varianza, una vez comprobados los supuestos del ANAVAR con el programa Statistix 8.0 y a las que resultaron con diferencias significativas se les aplicó la prueba de Tukey al 5%., según el siguiente modelo estadístico para el ANAVAR :

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = observación de i-ésimo tratamiento de las variables altura de la planta, número de hojas, diámetro del tallo, área folia, biomasa, peso de las hojas, peso de las raíces, peso del tallo.

μ = media general.

T_i = efecto del i-ésimo nivel de tratamiento (i=aplicaciones directas al suelo de 0,4 g y 0,8 g de esporas secas, aplicaciones al suelo de 0,4 g y 0,8 g de esporas secas más solución cada 15 días, testigo solo fertilización química)

E_{ij} = error experimental normalmente distribuido con media cero y varianza σ^2

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cada muestreo destructivo se pudo observar mediante el ANAVAR, que las variables área foliar, número total de hojas, peso seco de hojas, raíces, tallo, altura de la planta, diámetro del tallo, y biomasa total, mostraron de forma general diferencias significativas entre los tratamientos y para algunas fechas de muestreo (Anexo 1).

Efecto de dos métodos de aplicación de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre variables morfológicas en plantas de maíz en condiciones controladas.

Altura de la planta (cm)

Se observó que la altura de las plantas de maíz fue afectada por el método de aplicación de *T. harzianum*. En la Figura 1, se muestran solo los promedios de las fechas que presentaron diferencias estadísticamente significativas. En los primeros tres muestreos (9, 16 y 24 dds) las plantas del tratamiento 4, mostraron mayores valores de altura con diferencias altamente significativas ($P < 0,0001$), con respecto al resto de los tratamientos. A los 38 y 52 dds, las plantas que no recibieron aplicación del hongo presentaron mayor altura, a los 52 dds en el caso de T4 (0,8 g esporas del hongo + solución hongo cada 15 días) se observa una semejanza estadística con respecto al tratamiento sin aplicación de hongo, resultando estas plantas biológicamente superiores que el resto de los tratamientos. El resto de los muestreos semanales se comportaron estadísticamente iguales como se puede observar en el Anexo 1.

Con estos resultados se puede inferir que existe un efecto de la aplicación de *T. harzianum* sobre la altura de las plantas, para los tratamiento T2 y T4 de manera general manifestaron mejor respuesta ante la aplicación del hongo, en el caso de T2, fue el tratamiento que recibió mayor cantidad de esporas secas al inicio de las siembra y T4 recibió la misma cantidad esporas al inicio de siembra, pero además aplicación de la solución cada 15 días, lo que quizás coadyuva a la permanencia del hongo en el medio y de esta forma quizás sean más eficiente su labor como bioestimulante del crecimiento. Los resultados obtenidos son similares a los reportados por López *et al.* (2010) que evaluaron la aplicación de este hongo en maíz, demostraron que las plantas tratadas midieron 90 cm, en comparación con el testigo con sólo 51,08 cm. De la misma

manera Akladious y Abbas, (2012), evidenciaron que las plantas de maíz tratadas con la solución mostraron mayor altura que las tratadas con esporas en el suelo. Por otra parte Guilcapi (2009), quien trabajó con café y aplicó *T. harzianum* a diferentes dosis (10 y 20 g.m⁻²) demostrando que la altura de las plantas que estuvieron en contacto con el hongo fueron superiores al testigo, obteniendo una diferencia a los 90 días de 1,84 cm con respecto al testigo. Mientras que Martínez (2014), señala en su investigación que al final del ciclo del cultivo de caraota, el tratamiento con un total de 5 aplicaciones de la solución de *T. harzianum* superó al resto de los tratamientos presentando la mayor altura.

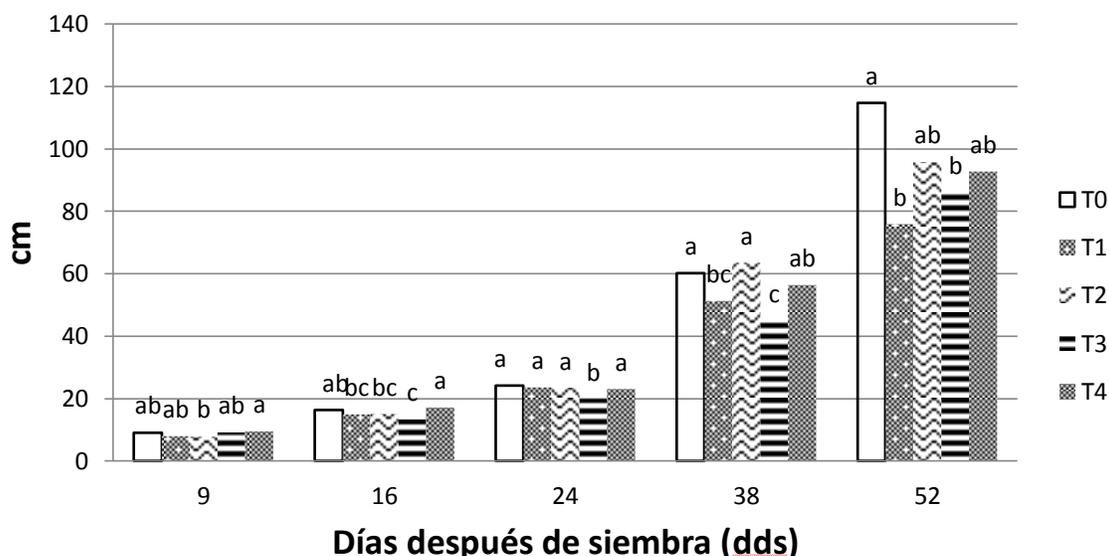


Figura 1. Altura promedio (cm) de plantas de maíz bajo condiciones controladas tratadas con dos métodos de aplicación *T. harzianum*

Letras diferentes para cada tratamiento indican diferencias a $P < 0,05$.

∴: T0: solo fertilizante; T1: 0,4 g esporas del hongo al suelo; T2: 0,8 g esporas del hongo al suelo
 T3: 0,4 g de esporas al suelo + solución hongo cada 15 días y T4: 0,8 g esporas del hongo + solución hongo cada 15 días.

Número de hojas

En el Cuadro 4, correspondiente al número de hojas, se presentan los promedios de cada muestreo, observándose en el Anexo 1 diferencias altamente significativas entre los tratamientos solamente a los 31, 38 y 45 dds, donde se evidencia el efecto de la

aplicación de *T. harzianum* sobre el número de hojas, en el cuarto muestreo, las plantas del T4 (0,8 g esporas del hongo + solución hongo cada 15 días) presentaron mayor número de hojas que el resto de los tratamientos, estos resultado quizás se deben al gran número de colonias activas presentes en suelo adyacente a la raíces, que al recibir aplicaciones de la solución cada 15 días sumado a los 0,8 g. de esporas secas al inicio de la siembras mostraron mejores resultados para esta variable. A los 38 dds todos los tratamientos con aplicación del hongo superan al tratamiento control. Para el resto de los muestreos semanales no se encontraron diferencias significativas, el cual se puede observar el Anexo 1.

Estos resultados coinciden con los reportados por Akladious y Abbas, (2012) quienes señalan que observaron un papel importante sobre la promoción del crecimiento de las plantas de maíz con la aplicación de *T. harzianum*, observándose mayor como número de hojas. Martínez (2014), también indica que en casi todos los muestreos las plantas de caraota tratadas con el hongo presentaron mayor número de hojas que el testigo.

El efecto de este hongo sobre el número de hojas fue observado por Guilcapi (2009), en plantas de café, quien señaló que obtuvo diferencias significativas a los 90 días, encontrando que las plantas tratadas con *T. harzianum* presentaron más de dos hojas que el testigo. En el cultivo de parchita Cubillos *et al.* (2009), mostraron que las plantas tratadas con el hongo presentaron un promedio de 3,5 hojas más que el testigo sin aplicación.

Cuadro 4. Valores promedio de número total de hojas de las plantas de maíz bajo condiciones controladas tratadas con dos métodos de aplicación *T. harzianum*

(dds)	Tratamientos ^y				
	T0	T1	T2	T3	T4
9	4	4	4	4	4
16	6	6	6	6	7
24	8	8	9	8	9
31	10 b	8 c	10 b	8 c	12 a
38	11 b	13 a	13 a	13 a	13 a
45	15 a	15 a	14 b	15 a	14 b
52	16	16	15	15	15
59	17	17	17	17	17

Letras diferentes en la misma fila para tratamiento indican diferencias a $P < 0,05$.

^y:T0: solo fertilizante; T1: 0,4 g esporas del hongo al suelo; T2: 0,8 g esporas del hongo al suelo T3: 0,4 g de esporas al suelo + solución hongo cada 15 días y T4: 0,8 g esporas del hongo + solución hongo cada 15 días.

Diámetro del tallo (cm)

En la Figura 2, se presentan los promedios del diámetro del tallo para los muestreos que presentaron diferencias significativas (Anexo 1). En el caso de esta variable las plantas del testigo presentaron la mejor respuesta durante todo el ensayo a excepción del muestreo realizado a los 24dds, que resultaron con el menos diámetro del tallo; sin embargo las plantas del T1 (0,4 g esporas del hongo al suelo) no manifestaron grandes de diferencias biológicas con respecto al control, inclusive superó numéricamente en ese muestreo a las plantas del testigo. Las plantas del T2 (0,8 g esporas del hongo al suelo) presentaron los mayores resultados. Para los días 45, 52 y 59 después de la siembra, los mayores valores de diámetro del tallo lo manifestaron las plantas de T0 y T1. Los resultados no siguieron un patrón por tratamiento, sin embargo de manera general, los tratamientos con mejor respuesta ante la aplicación del *T. harzianum* fueron los que recibieron el método de aplicación de esporas secas al suelo.

Estos resultados son similares a los realizados en otra investigación en maíz dulce, Castillo (2007); señala que la aplicación en solución del hongo mediante el sistema de

riego promueve el desarrollo y crecimiento del cultivo, el tratamiento que obtuvo mejor resultado para diámetro del tallo fue aquel que recibió tres aplicaciones de la solución, mientras que las que recibieron 4 aplicaciones de la solución del hongo, obtuvieron los mismos resultados que las que recibieron una aplicación de la solución.

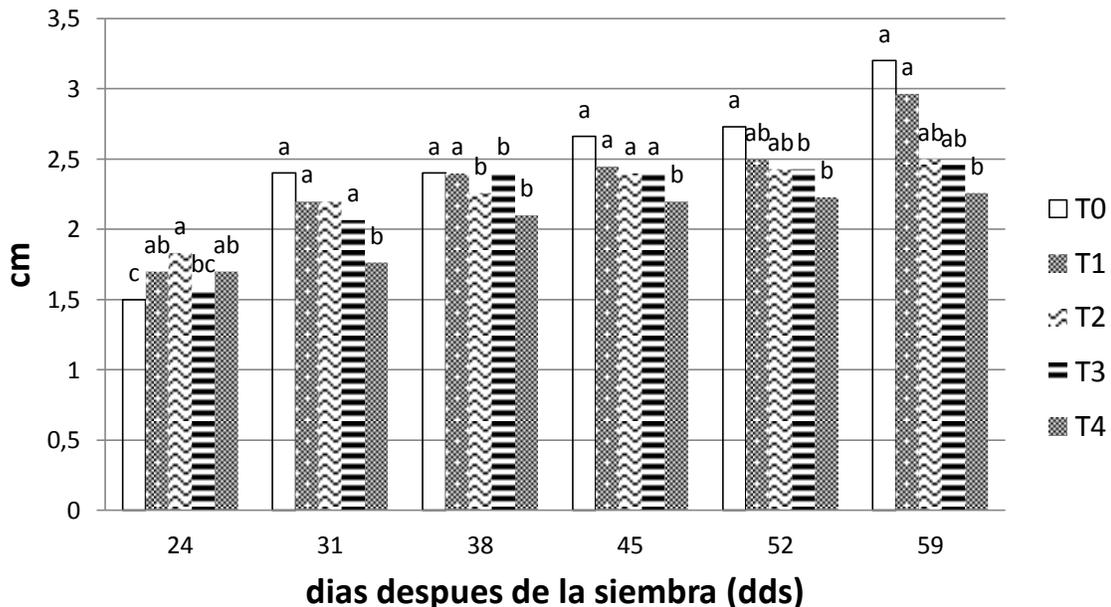


Figura 2. Diámetro de tallo (cm) promedio de plantas de maíz bajo condiciones controladas tratadas con dos métodos de aplicación *T. harzianum*

Letras diferentes en la misma fila para tratamiento indican diferencias a $P < 0,05$.

∧: T0: solo fertilizante; T1: 0,4 g esporas del hongo al suelo; T2: 0,8 g esporas del hongo al suelo
 T3: 0,4 g de esporas al suelo + solución hongo cada 15 días y T4: 0,8 g esporas del hongo + solución hongo cada 15 días.

Área Foliar (cm²)

En la Figura 3, se observa que el área foliar (AF) de las plantas de maíz se ve afectada por el método de aplicación de *T. harzianum* (Anexo 1 $P < 0,0001$); en el mismo se observa en los primeros tres muestreos (9, 16 y 24 dds) que las plantas del tratamiento 4 presentaron mayores valores de AF con diferencias significativas ($P < 0,05$), las cuales al final del ensayo (59 dds) ya habían recibido cuatro aplicaciones acumuladas de la solución del hongo. A los 9 dds los menores valores lo presentan las plantas que solo recibieron aplicación de las esporas secas directamente al suelo (T1 y T2). A los 16

dds, la menor AF se observa en las plantas con la menor dosis de esporas aplicadas al suelo y las que estaban fertilizadas químicamente. Las plantas que recibieron 0,8 g de esporas directamente en el suelo, como las que se les aplicó cada 15 días (T2 y T4, respectivamente) en la sexta evaluación, fueron las que presentaron menor AF, siendo superadas por las que solo recibieron fertilización química, probablemente asociado a que fueron las que presentaron mayor número de hojas. No se observaron diferencias estadísticas a los 59 dds.

Estos resultados coinciden con los reportados por Akladios y Abbas, (2012) quienes señalan que las plantas de maíz que recibieron aplicaciones del hongo en solución presentaron mayor AF que las que recibieron esporas secas al suelo y las del control sin aplicación del hongo.

Martínez (2014), reporta que aplicaciones programadas de *T. harzianum* influyeron sobre el crecimiento del cultivo de caraota, donde se observan que al final de ciclo las mayores áreas foliares las reflejaban los tratamientos con mayor frecuencia de la aplicación de la solución foliar del hongo.

En el cultivo de pimentón, Cruz y Cisterna (1998), mezclaron suelo con 100 g de *T. harzianum*; señalan que las plantas tratadas obtuvieron 67 cm² más AF que el testigo que sólo presentó 36,8 cm².

Guigón y González (2003), señalan que en plantas de ají a las cuales se les aplicó 250 ml de *Trichoderma* en solución, presentaron una diferencia de 250 cm², en comparación con el testigo.

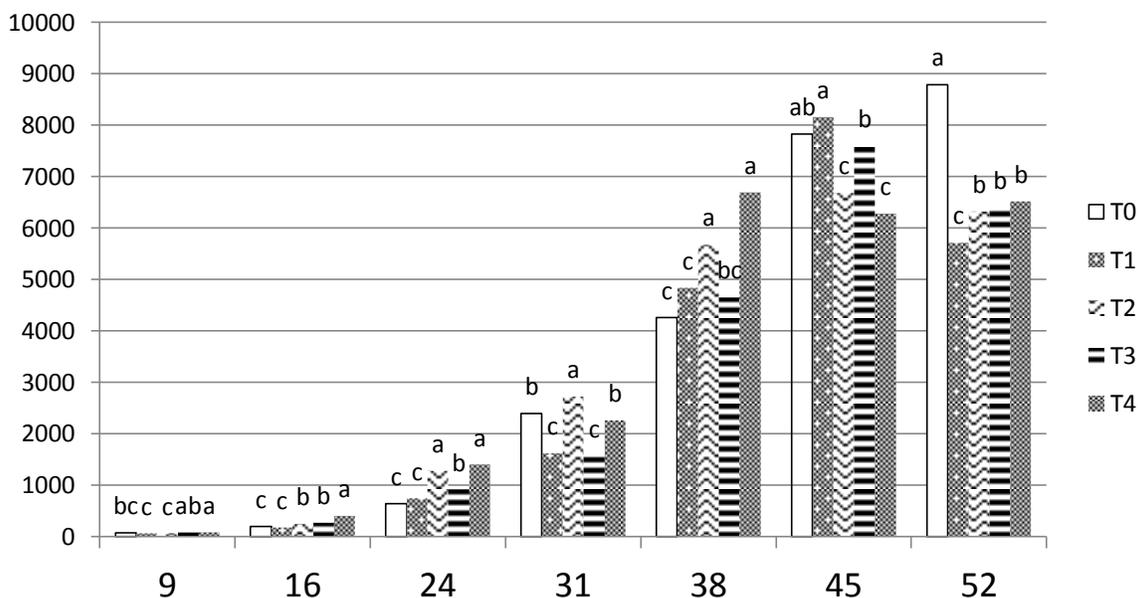


Figura 3. Área foliar (cm²) promedio de plantas de maíz bajo condiciones controladas tratadas con dos métodos de aplicación *T. harzianum*

Letras diferentes en la misma fila para tratamiento indican diferencias a $P < 0,05$.

∧: T0: solo fertilizante; T1: 0,4 g esporas del hongo al suelo; T2: 0,8 g esporas del hongo al suelo
 T3: 0,4 g de esporas al suelo + solución hongo cada 15 días y T4: 0,8 g esporas del hongo + solución hongo cada 15 días.

Peso seco de las hojas (g)

En la Figura 4, se presentan los promedios de peso seco de la hoja de cada muestreo semanal que mostraron diferencias significativas (Anexo 1). A partir de los 16 dds, correspondiente al segundo muestreo se observa que las plantas de los tratamientos que recibieron el hongo en los distintos tratamientos presentaron mayor peso seco foliar que las plantas del tratamiento control; por otra parte (T3 y T4) muestran los mayores valores, este comportamiento es similar hasta el muestreo 4 (31 dds), a partir de entonces, se observa un incremento en los valores de las plantas del testigo con respecto a los demás tratamientos en cada semana, esto puede deberse al efecto del fertilizante químico sobre las plantas. Sin embargo, se observa que las plantas del T4 presentaron un estímulo positivo por la aplicación de *T. harzianum* quincenal, manteniendo la actividad estimulante de crecimiento vegetativo.

En los parámetros de crecimiento reportados por Akladious y Abbas, (2012) en el cultivo de maíz, el peso seco de las hojas se incrementó en comparación con las plantas de tratamiento control.

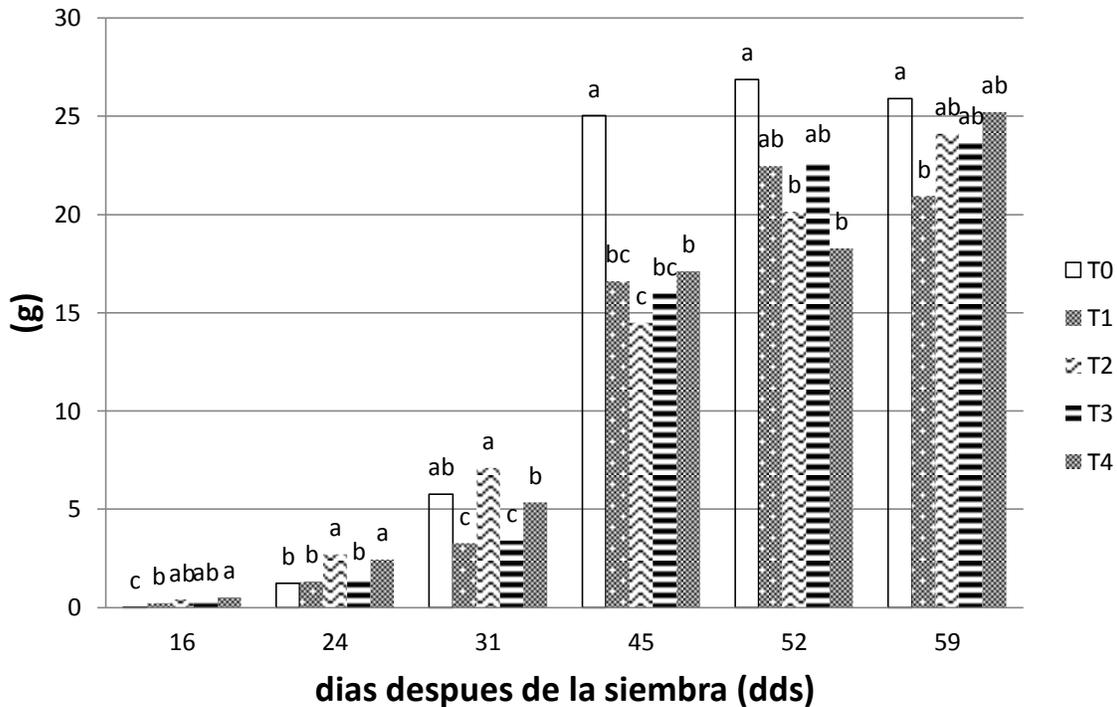


Figura 4. Peso seco (g) de las hojas promedio de plantas de maíz bajo condiciones controladas tratadas con dos métodos de aplicación *T. harzianum*.

Letras diferentes en la misma fila para tratamiento indican diferencias a $P < 0,05$.

∧: T0: solo fertilizante; T1: 0,4 g esporas del hongo al suelo; T2: 0,8 g esporas del hongo al suelo; T3: 0,4 g de esporas al suelo + solución hongo cada 15 días y T4: 0,8 g esporas del hongo + solución hongo cada 15 días.

Peso seco del tallo (g)

En la Figura 5, se presentan los promedios del peso del tallo para cada muestreo semanal con sus respectivos tratamientos. En el caso de esta variable, existe una diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos durante todos muestreos (Anexo 1). De manera general, se observa que T2 y T3 posee los valores más altos de peso seco del tallo, inclusive mayores al tratamiento control T0, el cual posee fertilización química. En este caso es posible a la cantidad de esporas presentes en el medio para el caso de T4 no afecte esta variable inhiba el desarrollo y crecimiento.

Akladious y Abbas, (2012) en maíz plantas tratadas con solución del hongo presentaron mayor peso seco del tallo, que las tratadas con esporas en el suelo.

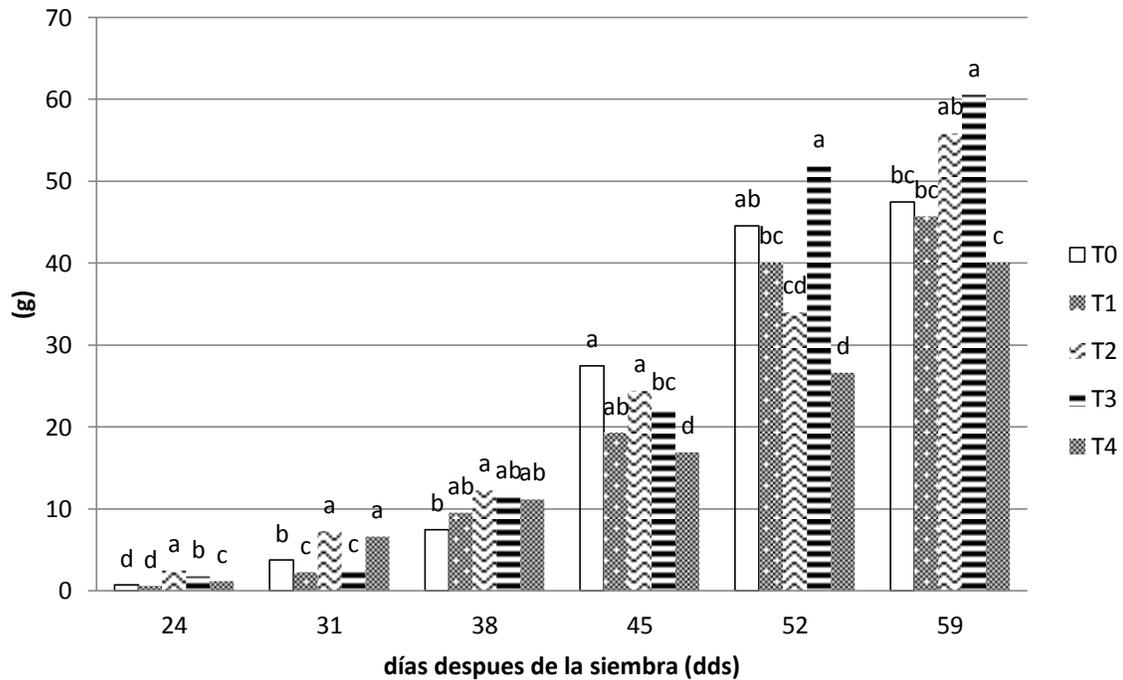


Figura 5. Peso seco (g) del tallo promedio de plantas de maíz bajo condiciones controladas tratadas con dos métodos de aplicación *T. harzianum*

Letras diferentes en la misma fila para tratamiento indican diferencias a $P < 0,05$.

∧: T0: solo fertilizante; T1: 0,4 g esporas del hongo al suelo; T2: 0,8 g esporas del hongo al suelo; T3: 0,4 g de esporas al suelo + solución hongo cada 15 días y T4: 0,8 g esporas del hongo + solución hongo cada 15 días.

Peso seco de la raíz (g)

En la Figura 6, se presentan los promedios para peso de la raíz en cada muestreo semanal con sus respectivos tratamientos. Se observa una diferencia significativa (Anexo 1) a partir del día 24 dds, donde los tratamientos T2 y T4 reflejan los mayores valores y sigue una tendencia similar hasta la culminación del ensayo. Sin embargo a las 31 dds (muestreo 4) destacan los tratamientos T0, T2 y T4; En el caso de esta investigación se observó, un aumento en el peso de la raíz de las plantas de maíz con

el tratamiento de mayor frecuencia de aplicación de la solución del hongo, y mayor dosis al inicio de la siembra de las esporas secas, que corresponden a T4 y T2.

Akladious y Abbas, (2012); manifestaron que el peso seco de la raíz aumentó en comparación con las plantas del tratamiento control.

Asimismo, Sharma *et al.*, (2012) demostraron que la aplicación de *Trichoderma* mostraron un aumento en el número de raicillas en plantas de trigo evaluadas.

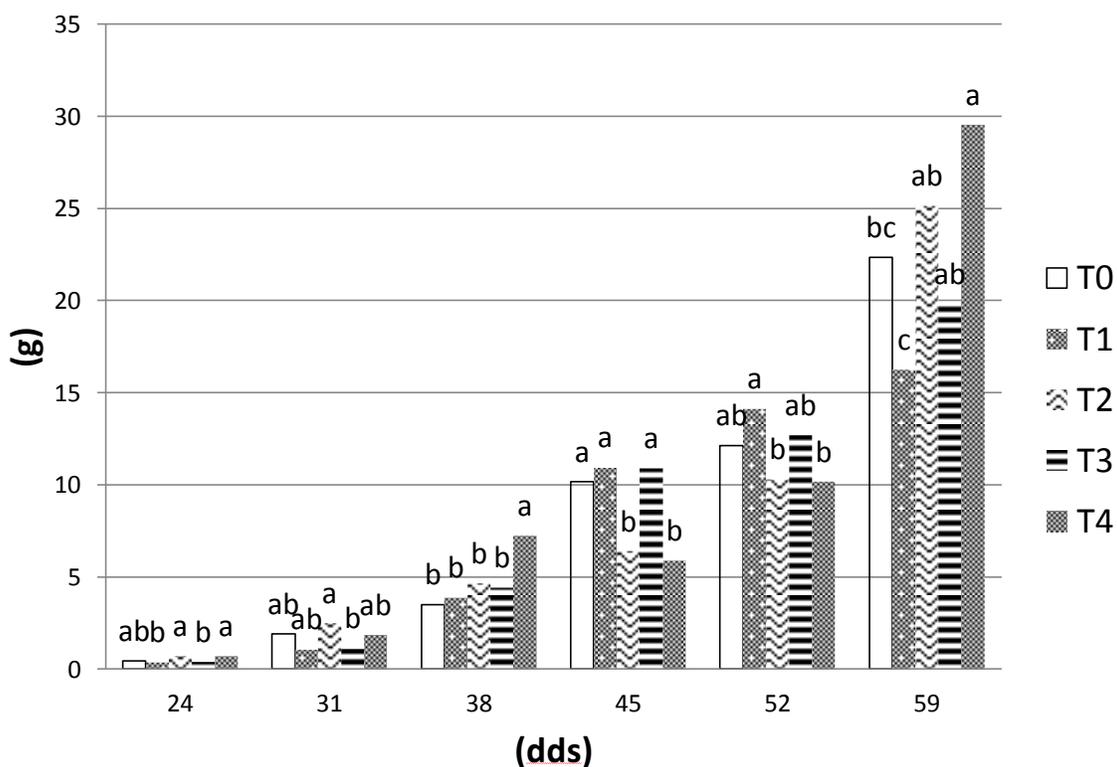


Figura 6. Peso seco (g) de la raíz promedio de plantas de maíz bajo condiciones controladas tratadas con dos métodos de aplicación *T. harzianum*.

Letras diferentes en la misma fila para tratamiento indican diferencias a $P < 0,05$.

∧: T0: solo fertilizante; T1: 0,4 g esporas del hongo al suelo; T2: 0,8 g esporas del hongo al suelo
 T3: 0,4 g de esporas al suelo + solución hongo cada 15 días y T4: 0,8 g esporas del hongo + solución hongo cada 15 días.

Biomasa total (g)

En la Figura 7, se presentan los promedios de la biomasa total y cada muestreo semanal con sus respectivos tratamientos. Esta variable semanalmente refleja un efecto positivo de la aplicación *T. harzianum*. A partir de los 16 dds se observan diferencias significativas (Anexo 1) sobre los tratamientos donde las plantas de T4 presentan la mejor respuesta con una valoración de 0,5390 g, seguidos de las plantas de T3 con 0,43 g, las plantas de estos dos tratamientos, fueron las que recibieron 4 aplicaciones de la solución *T. harzianum* durante todo el ensayo, las plantas del T3 no poseen diferencias estadísticas con T0 (Anexo 1); para el muestreo de los 24 dds, el mejor efecto lo obtuvieron las plantas del T2 con un valor de 5,90 g seguidas las del T4 con un valor 4,33 g; en el muestreo a los 38 dds destaca T4 seguido de T2 y T3. Ya para los días 45, 52 y 59 dds las plantas que recibieron fertilización química superaron a la mayoría de los tratamientos en algunos casos los igualó. En este caso el tratamiento T3 las plantas manifestaron buenos resultados a largo de todo el ensayo, podría deberse a las repetidas aplicaciones del hongo, lo cual permite una constante actividad biológica del microorganismo en el suelo.

Akladious y Abbas, (2012), reporta que de la misma manera que aumentaron aquellas variables de peso seco de hojas, tallo y raíz, efectivamente se vio reflejado en la biomasa total para aquellos tratamiento donde se realizó aplicación de la solución del hongo. En otros estudios donde se analizó el efecto de las aplicaciones *T. harzianum* sobre la biomasa total, se reporta que para el cultivo de arroz, Pérez *et al.* (2009), utilizaron aplicaciones foliares con una frecuencia de cada 12 días a diferentes dosis del hongo con una concentración $2,6 \times 10^9$ esporas.ml⁻¹; reportaron que la dosis más alta (5 kg.ha⁻¹) fue la que reflejo valores de biomasa, mostrando una diferencia con respecto al testigo de 23,51 g.

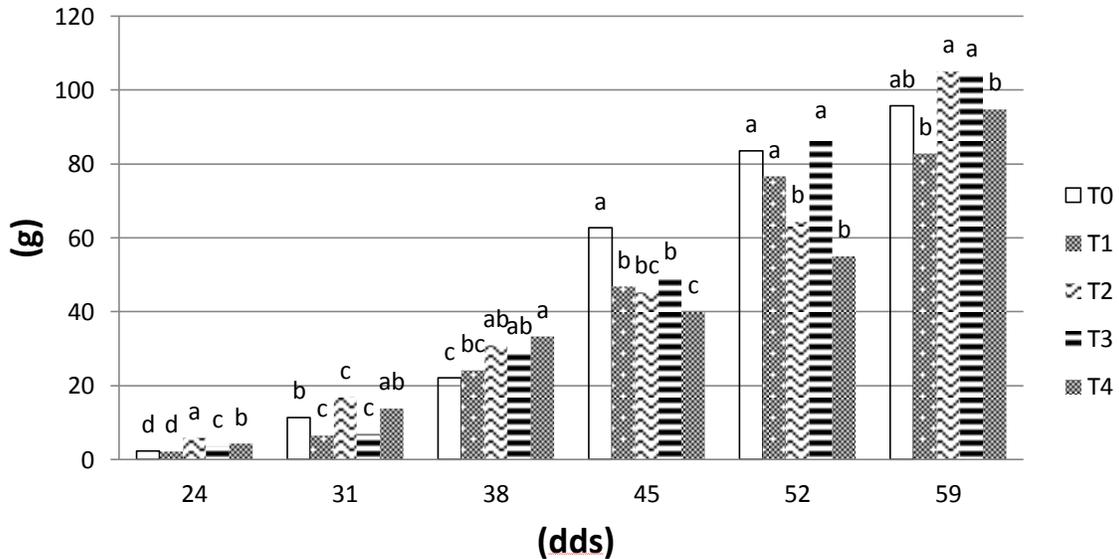


Figura 7. Biomasa seca total (g) promedio de plantas de maíz bajo condiciones controladas tratadas con dos métodos de aplicación *T. harzianum*

Letras diferentes en la misma fila para tratamiento indican diferencias a $P < 0,05$.

∴ T0: solo fertilizante; T1: 0,4 g esporas del hongo al suelo; T2: 0,8 g esporas del hongo al suelo
 T3: 0,4 g de esporas al suelo + solución hongo cada 15 días y T4: 0,8 g esporas del hongo + solución hongo cada 15 días.

Fotosíntesis

En el Cuadro 5, se muestran los promedios de la tasa fotosintética en $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, con sus días de medición y su respectivo tratamiento. Donde se puede observar que la tasa fotosintética para las plantas que recibieron aplicaciones de esporas en seco y semanal (T3 y T4), son superiores al resto de los tratamientos. Para la medición realizada a los 51 días, la mejor respuesta la posee T0 seguida de T2, T3 y T4. En el caso de la Conductancia $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, se observa que para la primera medición a los 32 dds, los tratamientos que mostraron los valores más altos de conductancia fueron T1 y T2, y en cuanto a la transpiración para esta medición los valores más altos los obtuvieron T1 seguido de T4.

Según lo reportado por Sánchez *et al.*, (2000); el incremento de la concentración atmosférica de CO₂, puede influenciar la respuesta en las plantas C4 aumentando la producción de biomasa aun cuando no se observe efecto sobre la tasa instantánea de fotosíntesis.

Según Martínez (2014), en un estudio realizado en caraota, mostró que los tratamientos que recibieron las aplicaciones del hongo *T. harzianum*, obtuvieron resultados superiores con respecto al testigo. Los mismos observaron que existe un efecto de las aplicaciones programadas de *T. harzianum* sobre la asimilación de CO₂, transpiración y conductancia estomática.

Cuadro 5. Valores promedio de tasa fotosintética, conductancia y transpiración de las plantas de maíz a los 32 y 51 dds bajo condiciones controladas tratadas con dos métodos de aplicación *T. harzianum*

Tratamientos ^y	Edad de la planta (días después de la siembra)	Tasa fotosintética $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Conductancia $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Transpiración $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
T0	32	45,34 ab	5,88 c	0,11 d
T1		12,25 c	33,87 a	0,39 a
T2		27,85 bc	21,10 ab	0,23 bc
T3		68,10 a	14,25 ab	0,31 ab
T4		61,79 a	14,07 ab	0,17 cd
T0	51	64,64 a	7,91 ab	0,38
T1		36,47 ab	4,7 b	0,28
T2		23,67 b	6,05 b	0,25
T3		21,64 b	20,80 a	0,46
T4		12,76 b	16,57 ab	0,54

Letras diferentes en la misma fila para tratamiento indican diferencias a $P < 0,05$.

^y:T0: solo fertilizante; T1: 0,4 g esporas del hongo al suelo; T2: 0,8 g esporas del hongo al suelo T3: 0,4 g de esporas al suelo + solución hongo cada 15 días y T4: 0,8 g esporas del hongo + solución hongo cada 15 días.

CONCLUSIONES

- Las aplicaciones de los dos métodos de *Trichoderma harzianum* afectaron de forma positiva el crecimiento de plantas de maíz durante la etapa vegetativa bajo condiciones controladas, obteniendo de manera general resultados superiores a las plantas tratadas con la solución del hongo cada 15 días.
- Se observó un efecto del método de aplicación del hongo sobre la acumulación de biomasa seca total y área foliar de las plantas de maíz. De manera general las plantas que recibieron la aplicación de esporas secas al suelo son las que presentaron mejor respuesta que los tratamientos con aplicación en solución.
- La fotosíntesis se vio afectada con los tratamientos de métodos de aplicación del hongo, a los 31 dds, las plantas que se les aplicó el hongo en solución cada 15 días presentaron mayor tasa fotosintética; en el segundo muestreo que coincide con el inicio de la fase reproductiva las plantas que solo se les aplicó fertilizante fueron las que presentaron mayor tasa fotosintética, seguido por las que recibieron sólo 0,4 g de esporas secas al suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agamez, E.; R. Zapata; L. Oviedo; J. Berrera. 2008. Evaluación de sustrato y proceso de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma* sp. Colomb. Biotecnol (España) 10(2): 23-24.
- Akhtar, K.; M. Akhtar, A. Khalid. 2007. Removal and recovery of uranium from aqueous solutions by *Trichoderma harzianum*. Water Res. (EEUU) 41(6):1366-1378.
- Akladios, S.; S. Abbas. 2012. Application of *Trichoderma harziunum* T22 as a biofertilizer supporting maize growth. African Journal of Biotechnology (Egipto) 11(35): 8672-8683.
- Almaguer, L. 2013. Fertilización nitrogenada, impacto sobre los rendimientos y el medio ambiente. DELOS (España) 6(16):1-8.
- Altomare, C.; W. Norvell; T. Bjorkman; G. Harman. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol Fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. Applied and Environmental (Estados Unidos de Norte America) 65(7): 2926–2933.
- Athakorn,P.; M. Issarakraisila; W. Intana; C. Chamswarng; P. Yenjit (2014). Phosphate Solubilization and Growth Promotion of Rubber Tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) by *Trichoderma* Strains. Journal of Agricultural Science. (Thailand) 6(9): 8-20.
- Bonilla, N. 2009. Cultivo de Maíz (*Zea mays*). San José, Costa Rica, Instituto Nacional de Innovaciones y Transferencias Tecnológicas Agropecuarias.68p.
- Cabrera, S.; P. García. 2007. Fisiología del Cultivo, Crecimiento y desarrollo de la planta de maíz, Memorias XII Curso sobre producción de maíz, ASOPORTUGUESA Araure Portuguesa, Venezuela.
- Castillo, R. 2007. Efecto de la aplicación de (*Trichoderma harzianum*) en la producción de maíz dulce (*Zea mays*) variedad Golden baby. Tesis de grado. Zamorano, Honduras; Escuela agrícola Zamorano. 17p.

Cruz, M.; V., Cisterna. 1998. Control Integrado de *Phytophthora capsici* en Pimiento y Efecto de hongos antagonistas sobre el crecimiento de las plantas. Agricultura Técnica 58 (2): 81-92.

Contreras, A.; L. Rodríguez; C. Penagos; J. Bucio. 2009. *Trichoderma virens*, a Plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in Arabidopsis. Plant Physiology. (México) 149(6): 1549-1592.

Cubillos, J.; N. Valero; L. Mejía. 2009. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del Maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa* degener). Agronomía Colombiana (Colombia). 27(7): 81-86.

Cupull, R.; C. Andreu; C. Navarro; Y. Delgado; M. Cupull. 2003. Efecto del *Trichoderma viride* como estimulantes de la geminación, en el desarrollo de posturas de cafetos y el control de *Rhizoctonia solani* Kuhn. Centro agrícola (Venezuela) 30(1): 21-25.

De García, E. 1996. Importancia de la biotecnología en el desarrollo agrícola. Énfasis en América Latina. Tribuna de Investigador (Venezuela) 3(1): 7-21.

FAO (2000). Deterioro del abastecimiento del agua. [Artículo en Línea] Disponible en la página web: www.fao.org/docrep/008/y4690s/y4690s07.htm Consulta: 29-01-2015

FAO (2014). Introducción al maíz y su importancia. [Artículo en Línea] Disponible en la página web: www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s02.htm Consulta: 29-01-2015

Fassio, A.; A. Carriquiry; C. Tojo; R. Romero. 1998. Desarrollo de la planta y ciclo del cultivo. En: Difusión e información Tecnológica del INIA. MAIZ: Aspectos sobre fenología. Montevideo. Uruguay. INIA. 59p.

FEDEAGRO (2014). Consumo de cereales [Artículo en Línea] Disponible en la página web: <http://www.fedeagro.org/consumo/cereales.asp> Consulta: 29-01-2015

FONAIAP (1990). Cultivo de maíz en Venezuela. [Artículo en Línea] Disponible en la página web: sisbiv.bnv.gob.ve/cgi.../opac-search.pl?q...pb%3AFONAIAP%2C Consulta: 29-01-2015

Guigón, C. y P. González. 2003. Selección de Cepas Nativas de *Trichoderma* spp. con Actividad Antagónica sobre *Phytophthora capsici* Leonian y Promotoras de Crecimiento en el Cultivo de Chile (*Capsicum annum* L.). Revista Mexicana de fitopatología 22 (1): 118-120.

Guilcapi, E. 2009. Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, en la producción de plantas de café (*Coffea arabica*) variedad caturra a nivel de vivero. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad De Recursos Naturales, Escuela De Ingeniería Agronómica, Riobamba, Ecuador. 15-18 p.

Harman, G.; R. Petzoldt; A. Comis; J. Chen. 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*. Biological Control. (EEUU) 94(2): 147-153.

Hexon, A.; L. Macías; C. Cortez; J. López. 2009. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. Plant Physiology (EEUU) 149 (21): 1579-1592.

Jiménez, C.; N. Sanabria de Albarracin; G. Altuna; M. Alcano. 2011. Efecto de *Trichoderma harzianum* (Rifai) sobre el crecimiento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). Rev. Fac. Agron (LUZ). (Venezuela) 28(1):1-10.

López, Y.; Pineda, J.; Hernández, A. y D., Ulacio. 2010. Efecto diferencial de seis aislamientos de *Trichoderma* sobre la severidad de *Rhizoctonia solani*, desarrollo radical y crecimiento de plantas de maíz. Bioagro 22(1): 37-42.

Martínez, E. 2014. Efecto de aplicaciones de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre el desarrollo y crecimiento de una línea de *Phaseolus vulgaris* L. en condiciones controladas. Trabajo de Grado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 63 p.

Neyra, S.; L. Torrones; L. Toro; B. Zarate; B. Soriano. 2013. Efecto de la inoculación de *Rizobium etli* y *Trichoderma viride* sobre el crecimiento aéreo y radicular de la *Capsicum anum* var. *Longum*. Rebiolest (Perú) 1(1): 11-21

Peña, H.; I. Reyes; 2007. Aislamiento y evaluación de nitrógeno y disolventes de fosfatos en la promoción del crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa L.*). Interciencia (Venezuela) 32(8): 560-565.

Pérez, E.; Milanés, P.; Rodríguez, N.; García, G.; Torres, O.; Martínez, H.; Viamontes, R.; Tamayo, Y.; Pérez, E. y Y., Prada. 2009. Acción de *Trichoderma harzianum* Rifai en el incremento de biomasa en el cultivo del arroz (*Oryza sativa L.*). Revista de Producción Animal 21 (2): 127-130.

Pérez, Y.; J. Ayala.; A. Calero. 2013. Efecto bioestimulante de dos formulados líquidos de *Trichoderma harzianum* Rifai A-34 en la producción protegida de tomate el cultivo de tomate protegida. Centro Agrícola (Venezuela) 40(3): 53-56.

Producción de maíz mundial 2014/2015 [artículo en línea] disponible en la página web: <https://www.produccionmundialmaiz.com/> Consulta: 29-01-2015

Prieto, J.; M. Mendez; A. Roman; F. Prieto. 2005. Estudio comparative de características Físicoquímica de cereales Kellogg's. Chile. Revista Chilena de Nutrición. 31(1): 9-22

Ruiz, J. 1994. La agricultura sostenible como alternativa a la agricultura convencional: conceptos y principales métodos y sistemas. ERIA (España). 173 p.

Sánchez, P; A. Larque; T. Nava; C. Trejo. 2000. Respuesta de plantas de Maíz y frijol al enriquecimiento de dióxido de carbono. Agrociencia. (Mexico). 34: 311-420

Segovia, V.; Y. Alfaro. 2009. El maíz: Un rubro estratégico para la soberanía agroalimentaria de los venezolanos. Agron Trop. (Venezuela) 59(3): 237-247.

Sharman, P.; A. Nath.; M. kumar.; S. Deep. 2012. Demostración Campo de *Trichoderma harzianum* como un crecimiento de las plantas promotor en trigo. División de patología vegetal, instituto indio de investigación agrícola (IARI), Nueva Delhi 110012, Indiana. [Documento en Línea] Disponible en la página web: [repositorio.educacionsuperior.gob.ec/.../260/.../T-SENESCYT-0029\(2\).p](repositorio.educacionsuperior.gob.ec/.../260/.../T-SENESCYT-0029(2).p) 29-01-2015

Sharman, S.; R. Sayyed; M. Trivedi; T. Gobi. 2013. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. SpringerPlus (India) 2(587): 1-14.

Sosa, T.; J. Sánchez; E. Morales; F. Cruz. 2006. Interacción Arbusculares- *Trichoderma harzianum* (Moniliaceae) y efectos sobre el crecimiento de *Brachiaria decumbens* (Poaceae). Acta Biologica (Colombia) 11(1): 43-54.

Statistix. 2009. Statistix Program. Ver. 8.0. Analytical Software. Tallahassee, EEUU.

Syngenta (5 mayo 2016) Catalogo de Syngenta [en Línea]
http://www3.syngenta.com/country/ve/sp/Soluciones/Semillas/Semillas_Maiz/Hibridos_Blancos/Paginas/Sorento.aspx

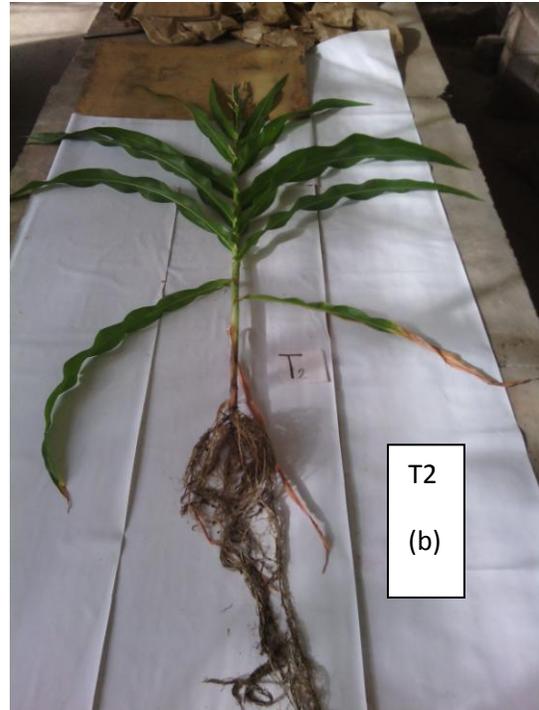
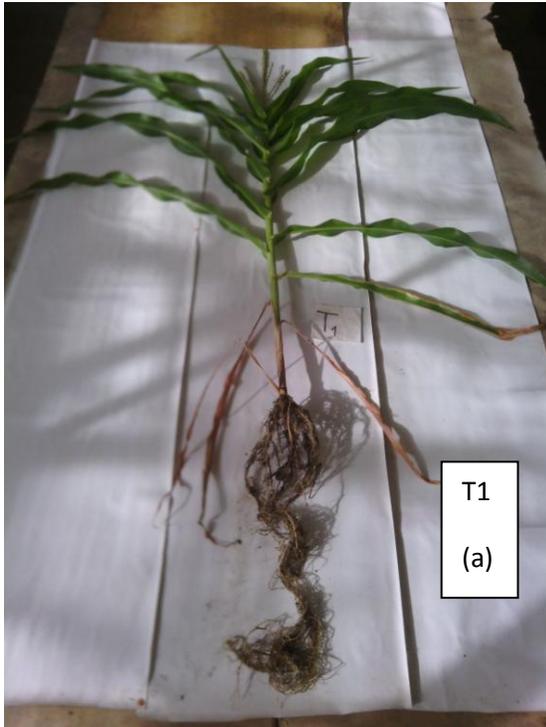
ANEXOS

Anexo 1. Valores de probabilidad reportados en el Análisis de la varianza de las variables altura de la planta, número de hojas, peso de seco de hojas, tallo, raíz; área foliar, biomasa seca total, diámetro del tallo, tasa fotosintética, conductancia y transpiración de plantas de maíz evaluadas a los 9, 16, 24, 31, 38, 45, 52 y 59 días después de la siembra (dds) bajo condiciones controladas tratadas con dos métodos de aplicación *T. harzianum*

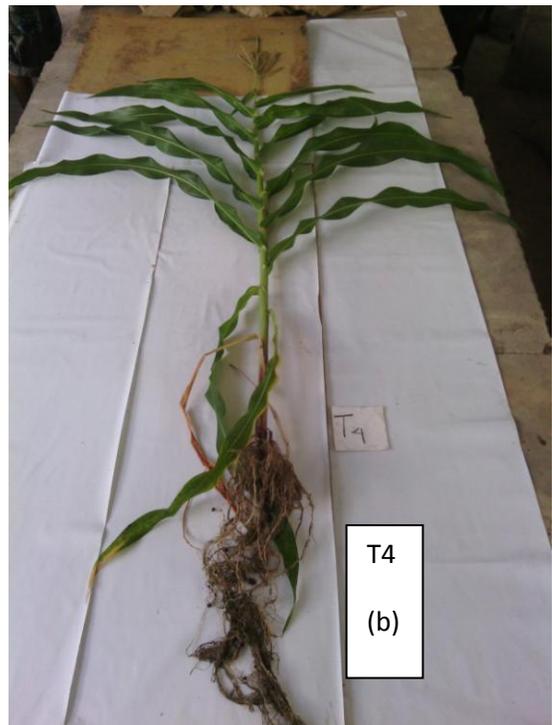
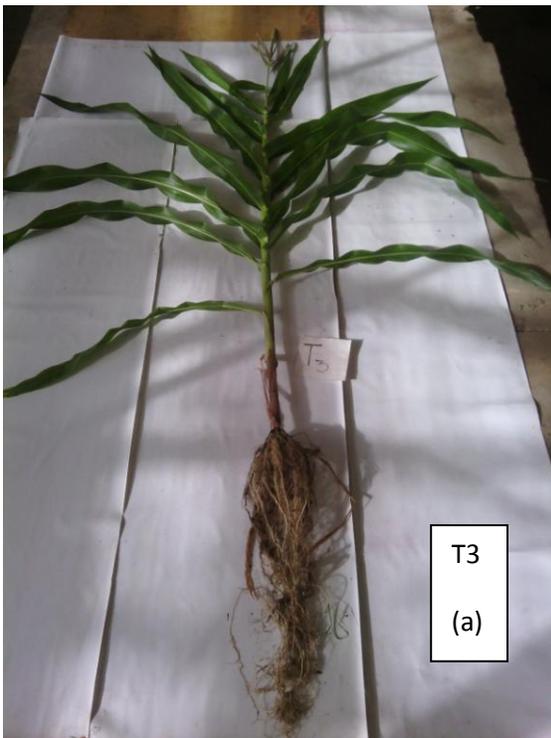
Variables	Días después de la siembra							
	9	16	24	31	38	45	52	59
AF	0,0002*	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0010*	0,0000**	0,0000**	0,1866 ns
H	0,4516	0,2055	0,7931 ns	0,0000**	0,0000**	0,0001**	0,0800 ns	0,2179 ns
PH	0,8341 ns	0,0001**	0,0000**	0,0001**	0,0355*	0,0000**	0,0021*	0,0489*
PR	0,3332 ns	0,3029 ns	0,0051*	0,0023*	0,0008*	0,0000**	0,0117*	0,0011*
PT	0,0002*	0,0049*	0,0000**	0,0000**	0,0351*	0,0001**	0,0000**	0,0009*
A	0,0160*	0,0013*	0,0003*	0,0609	0,0001**	0,1817	0,0059*	0,0540 ns
D	0,4083 ns	0,3713 ns	0,0019*	0,1866	0,2000 ns	0,0188*	0,0000**	0,0267*
Biomasa	0,3300 ns	0,0029*	0,0001**	0,0003**	0,0008*	0,0000**	0,0115*	0,0010*
FS				0,0005**			0,0010**	
C				0,0454*			0,0066*	
T				0,0000**			0,0700ns	

AF: área foliar (cm²); H: número de hojas; PH: peso de la hoja (g); PR: peso seco de la raíz (g); PT: peso seco del tallo (g); A: altura de la planta (cm); D: Diámetro del tallo (cm); FS: Tasa fotosintética ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$); C: Conductancia ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y T: Transpiración ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Ns: no significativo $P > 0,05$; * significativo $P < 0,05$ y ** altamente significativo $P < 0,0001$



Anexo 2. Efecto de aplicación de esporas secas de *Trichoderma harzianum* en raíces de plantas de maíz como biofertilizante en condiciones controladas en estadio (V7)



Anexo 3. Efecto de aplicación de esporas secas + y solución cada 15 días en *Trichoderma harzianum* en raíces de plantas de maíz como biofertilizante bajo condiciones controladas en estadio (V7)



Anexo 4. Efecto de aplicación de esporas secas de *Trichoderma harzianum* en plantas de maíz como biofertilizante bajo condiciones controladas en estadio (V7)



Anexo 5. Efecto de aplicación de esporas secas + y solución cada 15 días en *Trichoderma harzianum* en plantas de maíz como biofertilizante bajo condiciones controladas en estadio (V7)