

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



*Trichoderma harzianum* y su Efecto como Enraizador en Cebolla de Rabo

Por:

**LUIS ENRIQUE SERRANO MARTINEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para poder obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

*Trichoderma harzianum* y su Efecto como Enraizador en Cebolla de Rabo

Por:

**LUIS ENRIQUE SERRANO MARTINEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alberto Sandoval Rangel

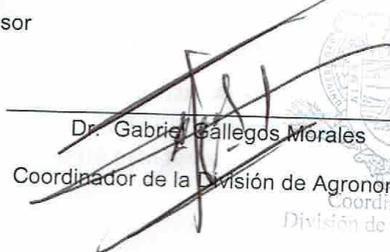
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gabriel Gallegos Morales

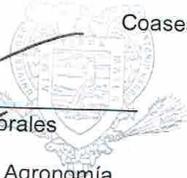
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Antonio Juárez Maldonado

Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía

  
Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2017

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios todopoderoso**, por la oportunidad de cumplir esta etapa en mi vida, gracias señor por prestarme la vida y darme salud para seguir adelante, y poder terminar con mis estudios, de corazón mil gracias.

Quiero agradecer con cariño y respeto a mis padres; **Enrique Serrano Alfaro** y **Angélica Martínez Alvarado**, ya que con su apoyo, dedicación y esfuerzo logre cumplir una de mis grandes metas.

Gracias a ustedes por ser los principales promotores de mis sueños, creer en mí y en mis expectativas, siendo para mí el mejor regalo que pudieron haberme dado, dedicaron una vida entera trabajando para darme un mejor futuro. Este nuevo logro es para ustedes, ahora me toca a mí abrirme y forjar nuevas metas.

También quiero agradecer a mis hermanos **Leonela Serrano Martínez, Edgar Serrano Martínez, y José Erik Serrano Martínez**, por el cariño y apoyo que siempre me han brindado.

Así como a mis amigos: **Emilio, Sancre, Güero, Carre, Ramón, Pechos, Xóchitl, Chuy, Jairo, Chenco, Dani, Fer, Chofin, Los güeros, Ángel, Bilse, Bina y Luisito**, gracias por los momentos de felicidad vividos y por la ayuda en aquellos momentos difíciles, gracias por ser mi segunda familia.

A mi novia: **María Candelaria Cortez Ayala**, gracias por caminar conmigo en este largo camino, por confiar y creer en mí, por tu gran apoyo y motivación incondicional, por todo el amor que me brindaste, esto es el sacrificio de ambos, gracias por todo amor.

**A mi Alma Terra Mater**, por haberme recibido y permitido formarme profesionalmente, dándome innumerables e incomparables oportunidades dentro y fuera de las aulas, así como también a mis diferentes maestros que me brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir adelante.

Agradezco a mi asesor de tesis **Dr. Alberto Sandoval Rangel** por dejarme recurrir a sus conocimientos, tener la confianza y paciencia ya que sin su apoyo no sería posible el término de esta tesis.

## DEDICATORIA

Con todo el respeto que se merecen y profundo cariño, dedico este trabajo a mis padres: **Enrique Serrano Alfaro y Angélica Martínez Alvarado.**

También a mis hermanos **Leo, Edgar, Erik**; quienes en este documento pueden ver los frutos de una semilla sembrada con esfuerzo e ilusión, ya que hoy ven forjado un anhelo, una ilusión un deseo y un sueño, porque nunca me dejaron solo y sepan que la unión de la familia, fue la fuerza que me impulso a lograr mis objetivos y ahora es un sueño que se volvió realidad.

Ustedes que fueron testigos del camino andado para llegar hasta aquí y porque sé que mi sueño era el suyo también, ahora el logro alcanzado es también de ustedes, es el resultado de sus esfuerzos y el tiempo invertido en mí.

Por lo que ha sido y será, les doy las gracias con mucho amor y admiración para ustedes queridos padres y hermanos, que dios los bendiga y los guarde para siempre...

**MIL GRACIAS A TODOS...**

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	1
<b>DEDICATORIA</b> .....	2
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	3
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	5
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	6
<b>RESUMEN</b> .....	7
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	8
Objetivo.....	9
Hipótesis.....	9
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	10
Generalidades del Cultivo.....	10
Origen.....	10
Etapas de Crecimiento Vegetativo.....	10
Etapas del Crecimiento de Bulbo.....	10
Importancia Económica.....	11
Requerimientos Climáticos.....	11
Factores de la Formación de Bulbos.....	12
Suelo Y pH.....	12
Respuesta a la Salinidad.....	13
Requerimientos Nutricionales.....	13
Impacto Económico y Ambiental del Empleo de Fertilizantes Químicos....	13
Uso de Microorganismos en la Agricultura.....	13
La Rizosfera y las Relaciones Entre las Plantas y los Microorganismos....	14
Microorganismos que Actúan Benéficamente en el Suelo.....	15
El Género <i>Trichoderma Harzianum</i> .....	15
Fisiología de <i>Trichoderma Harzianum</i> .....	16
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	17
Descripción de los Tratamientos.....	17
Aplicación de <i>Trichoderma Harzianum</i> .....	17
Actividades Realizadas para el Establecimiento del Experimento.....	18
Producción de Plántula.....	18
Preparación de Terreno y Trasplante.....	18
Riego y Fertilización.....	18
Variables Evaluadas.....	18
Enraizamiento.....	18
Longitud de Raíz.....	18
Densidad de Raíces.....	18
Peso Fresco y Seco de Raíz.....	18
Crecimiento de Hojas Verdaderas y Desarrollo del Bulbo.....	19
Numero de Hojas.....	19

Longitud de las Hojas.....	19
Diámetro de Seudotallo.....	19
Diámetro y Longitud Del Bulbo.....	19
Peso Total de la Planta.....	19
Análisis de Los Datos.....	19
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	20
Densidad de Raíces.....	20
Longitud de Raíz.....	21
Longitud, Peso Fresco y Seco de la Raíz.....	22
Desarrollo de Hojas Verdaderas y Bulbo.....	23
Desarrollo de Hojas Verdaderas.....	23
Desarrollo de Bulbo.....	24
Diámetro del Seudotallo.....	25
Peso Fresco Total de la Planta y Extrapelación a Rendimiento/ha.....	26
<b>CONCLUSIONES</b> .....	27
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	28

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1: Descripción de Tratamientos.....	17
Cuadro 2: Media y Desviación Estándar del Efecto d <i>Trichoderma Harzianum</i> Sobre el Numero, Longitud y Peso de Hojas Verdaderas de la Cebolla de Rabo.....	23
Cuadro 3: Media y Desviación Estándar del Efecto de <i>Trichoderma Harzianum</i> Sobre el Diámetro, Longitud y peso de Bulbo.....	24
Cuadro 4 Media y Desviación Estándar del Efecto de <i>Trichoderma Harzianum</i> Sobre el Diámetro, Longitud Peso y Extrapolación a Rendimiento por ha.....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Morfología de <i>Trichoderma Harzianum</i> .....	16
Figura 2. Efecto de la Aplicación de <i>Trichoderma Harzianum</i> Sobre la Densidad de Raíces .....	20
Figura 3: Efecto de la Inoculación de <i>Trichoderma Harzianum</i> en la Longitud de Raíz.....	21
Figura 4: Efecto de la Inoculación de <i>Trichoderma Harzianum</i> en el Peso Fresco y Seco de la Raíz de Cebolla de Rabo.....	22
Figura 5: Efecto de la Aplicación de <i>Trichoderma Harzianum</i> en el Diámetro de Tallo.....	25

## RESUMEN

Este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar a *Trichoderma harzianum* como enraizador en cebolla de rabo. Se evaluaron cinco tratamientos en cinco repeticiones: Testigo absoluto, Enraizador comercial y tres dosis de *Trichoderma harzianum* (2.5, 5.0 y 10.0 cc por litro de agua). Las variables evaluadas fueron, Longitud de raíz, densidad de raíz, peso fresco de raíz, peso seco de raíz, número de hojas, longitud de hojas, diámetro de tallo, diámetro de bulbo y peso de la planta completa. La aplicación exógena de *Trichoderma harzianum*, a la dosis de 5.0 cc/L, promovió una mayor densidad de raíces, la dosis de 2.5 cc/L, aumento el número y peso de hojas verdaderas y la dosis de 10 cc/L, aumento el peso total de la planta y el rendimiento.

**Palabras clave:** Reguladores, producción orgánica.

## INTRODUCCIÓN

La cebolla de rabo, cebollín, cebolla cambray, cebolla verde (*Allium sp*), es una de las variantes de la producción de cebolla. En México se siembran 7 mil has, que equivale al 20% de la producción, con una demanda económica de 1009.7 millones de pesos, que representa el 33% del valor del mercado del cultivo de la cebolla. En los últimos años la superficie sembrada de cebolla ha disminuido, pero el rendimiento muestra un crecimiento considerable, debido a la mejora de los sistemas de producción. Esta evolución en los sistemas de producción conlleva también un incremento en la demanda de insumos, particularmente los fertilizantes, se estima que la fertilización representa del 15 al 20% del costo de la producción de este cultivo. Por ello surge la necesidad de buscar estrategias que permitan hacer un uso más eficiente de este insumo.

La eficiencia de la fertilización de los cultivos depende entre otras cosas, de que los nutrimentos sean adsorbidos por la planta y dicha absorción a su vez dependerá de la cantidad, edad y sanidad de las raíces. Por ello, es de suma importancia que la planta durante su crecimiento y desarrollo mantenga también una constante formación de raíces, para lograr esto, se ha utilizado la aplicación exógena de productos a base de auxinas y la más común el ácido naftalanacético, sin embargo, su efecto es momentáneo por lo cual requiere de aplicaciones constantes para obtener un efecto adecuado. También se utilizan productos con auxinas naturales, pero con los mismos efectos temporales, lo que demanda una aplicación repetitiva de estos productos.

El género *Trichoderma sp*, está compuesto por un grupo de especies de hongos saprofitos del suelo y de la madera (Jensen y Wolffhechel, 1995). En la agricultura, se ha utilizado generalmente para el control de hongos Fitopatógenos del suelo (González et al., 2002), pero se ha observado, que aparte de mantener sanas las raíces, promueve el desarrollo de las mismas. Otros estudios reportan que este efecto está relacionado a la síntesis de auxinas que promueve en la planta (Chet et al., 1997; Sid-Ahmed et al., 2003). De ser así, el mantener poblaciones de *Trichoderma* en el área radicular, se mantendría un estímulo permanente en el crecimiento del área radicular de los cultivos y por lo tanto un sistema de absorción más activo

Por lo anterior este trabajo tuvo por **Objetivo**: Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum*, en la raíz y el crecimiento de cebolla de rabo.

### **Hipótesis**

La aplicación de *Trichoderma harzianum*, provocara un efecto positivo en el desarrollo de la raíz y el crecimiento de la cebolla de rabo.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades del cultivo de cebolla de rabo (*Allium cepa* L.)

La cebolla de rabo también conocida como cebollín, es una de las variantes de la cebolla común, cebolla bola o cebolla seca (*Allium sativum*). Es decir, la cebolla de rabo, en muchos casos es la cebolla común, cosechada al inicio del desarrollo del bulbo, aunque existen variedades taxonómicas específicas como (*Allium fistulosum*) para cebolla de rabo o cebollín (Agrotech de Colombia SAS, 2015)

El consumo de la cebolla de rabo, incluye el bulbo y las hojas verdaderas. Se emplea para preparación de sopas, ensaladas y una amplia variedad de platillos. Además, cuenta con propiedades nutricionales y medicinales (Infoagro 2001)

#### Origen

El origen primario de la cebolla se localiza en Asia central, y como centro secundario el mediterráneo, pues se trata de una de las hortalizas de consumo más antigua. Las primeras referencias se remontan hacia 3200 a.c pues fue muy cultivada por los egipcios, griegos y romanos. Durante la edad media su cultivo se desarrolló en los países mediterráneos, donde se seleccionaron las variedades de bulbo grande, que dieron origen a las variedades modernas (Infoagro 2002).

#### Etapas de crecimiento vegetativo

- 1.- Emergencia de raíces y tallos (10 a 30 días después de la siembra)
- 2.- Una o dos hojas verdaderas (30 días después de la siembra)

#### Etapas de Crecimiento de Bulbo

- 3.- Diámetro de bulbo de 2.5 a 4.0cm (110 a 120 dds) etapa para cebolla de rabo
- 4.- Diámetro de bulbo de 4.0 a 7.5 cm (130 a 150 dds) cebolla seca
- 5.- Crecimiento de bulbo completo, más del 50% cortado para secar (más de 170 dds)

Las etapas reproductivas no comienzan técnicamente hasta el segundo ciclo de crecimiento después de la invernación del bulbo adulto, entonces el bulbo produce un brote o tallo de semilla y umbela que produce semilla verdadera después de la polinización (Nault, et al; 2011)

### **Importancia Económica**

Los *Allium* comestibles constituyen un importante cultivo a nivel mundial, la cebolla *Allium* predomina en cuanto al volumen de producción y comercialización, con casi 28 millones de toneladas anuales. Solo los tomates y las coles superan en importancia a la cebolla (FAO, 1991)

La tendencia en el comercio mundial de cebollas es a disponer de una red de importadores en los países muy industrializados, en los exportadores de petróleo de Oriente Medio y también en los trópicos húmedos. Alemania, Malasia, los Emiratos Árabes y costa de Marfil son ejemplos de tales países. Los países exportadores más importantes son Holanda, España, India, México, Turquía, Estados Unidos y Polonia. (FAO, 1991)

### **Requerimientos climáticos**

La cebolla requiere una variación de temperatura fresca durante la etapa de plántula y una temperatura moderadamente alta durante la formación del bulbo. A principios de su ciclo las plantas forman sus hojas y raíces, durante el final desarrollan los bulbos. Por lo tanto, las condiciones ambientales deben permitir un amplio desarrollo de la parte aérea y de la raíz antes de que se inicie la formación de bulbos. La semilla germina a temperaturas de 7 a 30 °C siendo su óptimo de 18°C. Para el desarrollo y formación de bulbo es de 12 a 24 °C. Se conoce que la longitud crítica del día inicia la formación de bulbos, pero la velocidad del crecimiento del bulbo dependerá de la temperatura así tenemos que a temperatura alta el crecimiento del bulbo será más rápido en contraste con baja temperatura que retarda el crecimiento del mismo.

## **Factores de la Formación de Bulbos**

Se considera que la formación de bulbos en cebolla se lleva a cabo cuando el diámetro del bulbo es el doble del cuello. La formación del bulbo depende de 4 factores importantes los cuales son: Fotoperiodo, Temperatura, Tamaño de planta y aplicaciones de nitrógeno. En el caso del fotoperiodo cada variedad tiene una longitud de día crítico para la formación de bulbos.

Así tenemos que los cultivares de día largo producen mejor a latitudes altas, estos requisitos explican por qué las variedades de latitudes mayores con días largos y temperaturas bajas no desarrollan bien en días cortos. Por otro lado, la siembra de un cultivar bajo condiciones de longitud de día menor que la longitud crítica no formará bulbos y producirá más hojas en forma definida, de tal manera que bajo estas condiciones se producirá cebolla de manojo o cebollín. En caso de sembrar una variedad de día corto bajo condiciones de día largo obtendremos producción de cebollitas.

## **Suelo y pH**

Los suelos más adecuados para el cultivo de cebollas son los francos, fáciles de trabajar y muy cultivados; no obstante, las cebollas se pueden cultivar en una gran variedad de suelos, mucho mayor de lo que en un principio se supone, siempre y cuando el pH de los mismos no sea inferior a 6.5. Todos aquellos suelos que como los limosos aluviales, turbosos medios, franco-arenosos y arcillosos ligeros, se pueden trabajar precozmente, son adecuados para el cultivo de cebollas. Por el contrario, como norma general, no deben utilizarse los suelos arenosos secos, los calizos ligeros, los arcillosos viscosos ni los superficiales.

### **Respuesta a la Salinidad**

El cultivo de cebolla es sensible a las sales del suelo, en promedio muy sensible cuando se le establece en suelos arcillosos. En suelos arenosos llega a tolerar hasta 2.3 ds/m y en suelos medios 1.3 ds/m (Zamora 2016).

### **Requerimientos Nutricionales**

Una producción de 35 t/ha de cebolla extrae aproximadamente 128 kg/ha de N, 24 kg/ha de P, 99 kg/ha de K, 28 kg/ha de Ca y 6.3 kg/ha de Mg. Un desbalance en cualquiera de los nutrientes repercute en la calidad y en el rendimiento total. Algunos nutrientes que no deben faltar en un plan de fertilización (Figueroa, 1988).

### **Impacto Económico y Ambiental del Empleo de Fertilizantes Químicos**

La agricultura juega un papel crucial en la economía de los países en desarrollo y brinda la principal fuente de alimentos, ingresos y empleos a sus poblaciones rurales. La tecnificación de la agricultura y el uso eficiente de las tierras es fundamental para alcanzar la seguridad alimentaria, reducir la pobreza y alcanzar un desarrollo integral sostenible. Desde el comienzo de la historia humana hasta los años cuarenta los cultivos eran crecidos sin la ayuda de químicos. Posteriormente se introdujo la agricultura química en gran escala que trajo como resultado un aumento en el rendimiento y calidad de los cultivos. Las tecnologías desarrolladas durante la revolución verde en los años 60's, tales como la síntesis de agroquímica (fertilizantes y pesticidas) y la utilización de variedades de alto rendimiento y elevada tasa de asimilación de nutrimentos, contribuyeron de manera significativa a incrementar la producción mundial de alimentos (Aguado et al, 2012)

### **Uso de Microorganismos en la Agricultura**

Uno de los elementos más valiosos que puede utilizar la agricultura ecológica es el uso de biofertilizantes, lo cual en los sistemas productivos es una alternativa

viable y sumamente importante para lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, ya que permite una producción a bajo costo, no contamina el medio ambiente y conserva el suelo, desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad (Terry et al 2005)

En el uso y manejo de los fertilizantes en la agricultura, uno de los principales problemas es el desconocimiento de las especies presentes en los agroecosistemas y en la rizosfera de los cultivos, para su posible utilización eficiente, desde el punto de vista ecológico, es importante conocer los integrantes de la comunidad bacteriana que favorecen su aplicación como inoculantes y propician un efecto agrobiológico positivo en los cultivos agrícolas (Terry et al., 2005)

Todas las plantas cultivadas y silvestres conviven en la rizosfera con una plétora de microorganismos, que ejercen diversas funciones. La diversidad y el tamaño de las poblaciones microbianas en la rizosfera son muy superiores a los niveles encontrados en suelo no cultivado. Estos microorganismos pueden establecer distintos grados de interacción con las plantas: asociaciones libres, endofitocas o simbióticas.

### **La Rizosfera y las Relaciones entre las Plantas y los Microorganismos**

Existen una amplia gama de interrelaciones entre especies de microorganismos en los ecosistemas, tales como sinérgicas, antagónicas, de competencia física y bioquímica, moduladas por múltiples y complejos factores bióticos y abióticos.

En la rizosfera, uno de los principales sitios donde se presentan microorganismos, específicamente funcionales, como fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfatos, promotores del crecimiento vegetal, biocontroladores y especies patogénicas, normalmente, compiten por espacio y por nutrientes. Estas interrelaciones entre microorganismos inciden en la interrelación suelo-planta-microorganismos-ambiente y repercuten de forma directa, en el crecimiento y en el desarrollo de las especies vegetales. Microorganismos rizosféricos, como los hongos formadores de micorrizas arbusculares (AMF), hongos del género *Trichoderma* y bacterias del género *Pseudomonas*,

usualmente, catalogados como agentes de control biológico (BCA) y microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPM) dependen de los factores mencionados para expresar sus potenciales efectos benéficos; sin embargo, en la interacción de estos tres tipos de microorganismos, se pueden presentar efectos sinérgicos, que potencialice los beneficios o por el contrario efectos antagónicos o simplemente que no ocurra ningún efecto en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Cano, 2011)

### **Microorganismos que actúan benéficamente en el suelo**

Microorganismos benéficos incluyen aquellas que crean asociaciones simbióticas con las raíces de las plantas (rizobios hongos micorrizicos, actinomicetos, bacterias diazotroficas), promueven la mineralización de nutrientes y disponibilidad, producen hormonas de crecimientos vegetal, y son antagonistas de plagas de las plantas, parásitos o enfermedades (agentes de control biológico) (FAO 2015).

#### **El Género *Trichoderma harzianum***

Dentro de los *Ascomycetes*, se incluyen organismos de gran importancia económica, algunos a manera de patógenos y otros como controladores biológicos (productores de antibióticos y micotoxinas). Dentro de este orden se incluye el género *Hypocrea* que generalmente se ha caracterizado como un agente de control biológico, que actúa sobre hongos patógenos de plantas e insectos (Hidalgo, 1989), además se ha visto que *Trichodermaspp.*, ha demostrado tener gran agresividad contra diversos hongos cultivados, principalmente el champiñón, seguido de las setas (Domsch, *et ál.*; 1993; Rossman, 1996).

Las especies de *Trichoderma spp.*, son hongos cosmopolitas y típicamente del suelo que pueden ser llevados a sustratos en el cultivo de hongos comestibles (Klein y Eveleigh, 1998).

La temperatura óptima para su crecimiento linear en agar y producción de micelio está entre 20 y 28 °C, aunque crece bien entre 6 a32 °C. El contenido mínimo de

humedad para su crecimiento vegetativo es del 92% y para su esporulación es de 93 al 95%. Tiene cierta respuesta a la luz, especialmente azul y la violeta. La luz promueve la formación de esporas, el crecimiento de micelio y la coloración (Hidalgo, 1989; Domsch, *et ál.*, 1993).



**Figura 1: Morfología de *Trichoderma harzianum*.**

### **Fisiología de *Trichoderma harzianum***

A *T. harzianum* se le puede encontrar en diferentes materiales orgánicos y suelos, están adaptados a diferentes condiciones ambientales lo que facilita su amplia distribución. Algunas especies prefieren localidades secas y templadas y otras templadas y frías. Estos hongos son ampliamente conocidos por su producción de toxinas y antibióticos. Se encuentran diferentes especies y cepas de *T. harzianum* en el cultivo de hongos comestibles, algunas son inofensivas y otras muy dañinas, por lo que su relación antagónica con los hongos cultivados todavía no está completamente conocida y varía entre especies y cepas (Seaby, 1996).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se realizó durante el periodo de Enero-Agosto del 2017, en el área de campo abierto del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México. A 25° 21' 21.80"

latitud Norte y 101° 02' 14.00" longitud Oeste, a una altitud de 1755 msnm (Google Earth, 2017).

### Descripción de los Tratamientos

Se evaluarán tres dosis de un producto con una cepa de *Trichoderma harzianum*, preparado en el laboratorio de fitopatología del departamento de parasitología de la UAAAN y se compararon con un producto comercial y un testigo absoluto, lo que dio un total de cinco tratamientos (Cuadro 1), que fueron evaluados en 5 repeticiones.

Cuadro 1. Descripción de Tratamientos.

No	Descripción de los Tratamientos
1	Testigo absoluto
2	Enraizador comercial Root factor®
3	<i>Trichoderma harzianum</i> 2.5 cc/lt
4	<i>Trichoderma harzianum</i> 5.0 cc/lt
5	<i>Trichoderma harzianum</i> 10.0 cc/lt

Cada repetición constó de un surco 5.0 m de largo, con una separación entre surcos de 0.9 m., plantados a doble hilera con una separación entre plantas de 5.0 cm y 20 cm entre hileras (200 plantas por repetición). Los tratamientos fueron establecidos en un diseño de bloques completos al azar (Zar, 1996).

### Aplicación de *Trichoderma harzianum*

Se utilizó una cepa de *Trichoderma harzianum*, proporcionada por el Dr. Gabriel Gallegos Morales. Las dosis se diluyeron en dos litros de agua, posteriormente se distribuyeron de forma manual a lo largo del surco y en medio de las líneas de plantación, después de continuo con el riego para su incorporación.

## Actividades Realizadas para el Establecimiento del Experimento

### Producción de Plántula

Se utilizó semilla de cebolla blanca de la variedad Cristal White. La planta se produjo en almacigo, durante el periodo del 20 de enero al 06 de abril del 2017.

### **Preparación de Terreno y Trasplante**

Se prepararon 5 surcos a suelo desnudo de 25 m de largo y 0.9 m entre surco y surco. El trasplante se realizó el 07 de abril del 2017, de forma manual.

### **Riego y Fertilización**

El riego fue por goteo, para ello se utilizó cintilla marca Toro<sup>®</sup>, calibre 6 mil, con emisores a 20 cm y un gasto de 1.13 litros por hora por emisor. La fertilización se realizó con la solución nutritiva Steiner (Steiner, 1961), reducida al 50%.

### **Enraizamiento**

Se evaluaron cada 15 días, a partir de los 45 días después de trasplante. Para ello se sacaron 5 plantas al azar de cada repetición y se midió:

**Longitud de Raíz.** Se sacó la planta haciendo un pozo de 30 cm de profundidad, se retiró el suelo agitando la raíz en agua, después se midió desde la base del bulbo hasta la punta de la raíz.

**Densidad de Raíces.** Se documentó con fotografías, comparando plantas de los diferentes tratamientos.

**Peso Fresco y Seco de Raíz.** Una vez limpia la raíz, se pesó en una balanza electrónica marca Ohaus<sup>®</sup> modelo Scout Pro. Después se colocaron en bolsas de papel extraza y se secaron en secador solar.

### **Crecimiento de Hojas Verdaderas y Desarrollo del Bulbo**

**Numero de Hojas.** Se contó el número de hojas en la planta.

**Longitud de las hojas.** Se midió la longitud de las hojas, desde el cuello, y hasta la punta de las hojas.

**Diámetro de Seudotallo.** Se conoce como Seudotallo, a la parte media del bulbo y las hojas verdaderas y este se midió con un vernier electrónico marca Autotec®.

**Diámetro y Longitud del bulbo.** Se midió el bulbo en su parte media y su longitud con un vernier electrónico marca Autotec®.

**Peso Total de la Planta.** Finalmente se pesó la planta completa, en una balanza electrónica marca Ohaus® modelo Scout Pro.

### **Análisis de los Datos**

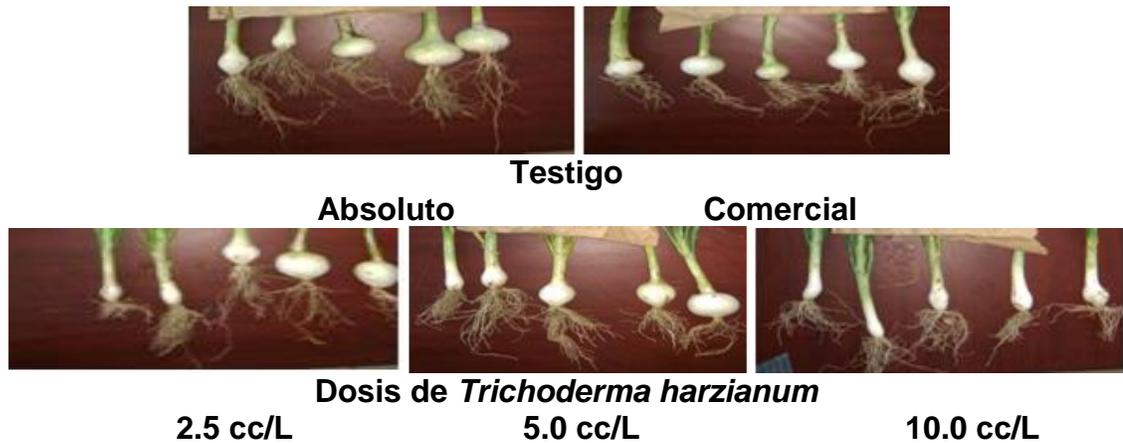
Los datos obtenidos se analizaron, con el modelo de bloques completos al azar (Zar, 1996), y se compararon las medias de los tratamientos con la prueba de Tukey al 95%. Para ello se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.0.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## Enraizamiento

### Densidad de Raíces

La adición exógena de *Trichoderma harzianum*, estimuló el desarrollo de las raíces de cebolla de rabo, evaluado como densidad de raíces mediante fotografías. En la figura 2, se observa que la dosis de 5.0 cc/L, produjo una mayor densidad. También es importante comentar que hubo una alta variación en el desarrollo de las plantas, probablemente debido al genotipo, dado que la cebolla utilizada es una variedad de polinización libre.

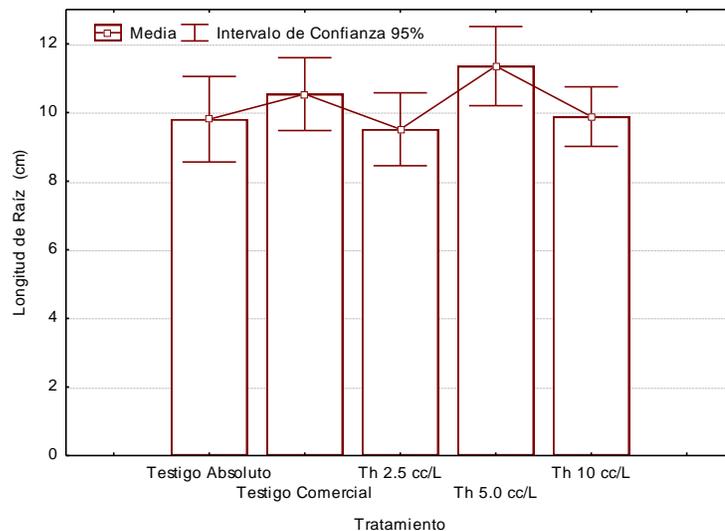


**Figura 2:** Efecto de la Aplicación de *Trichoderma harzianum* sobre la densidad de raíces.

### Longitud de Raíz

La aplicación exógena de *Trichoderma harzianum*, no afectó la longitud de la raíz de la cebolla de rabo, tampoco se observó que el enraizador comercial tuviera

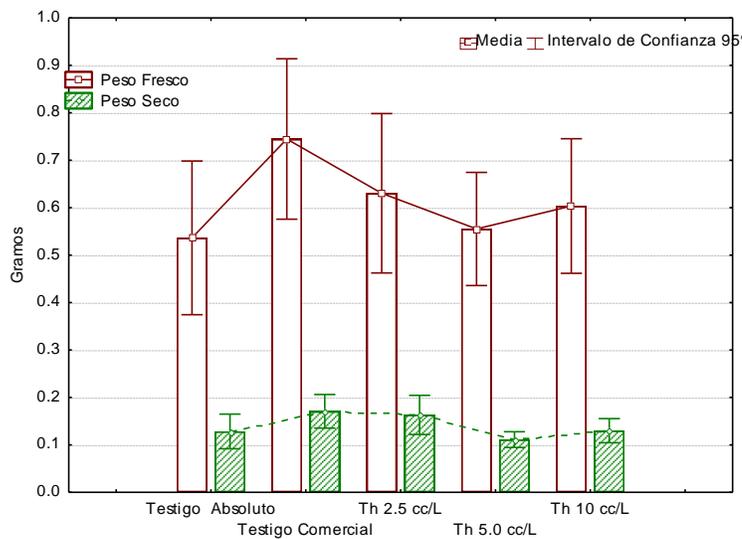
efecto (Figura 3). Este resultado se debe tal vez a la forma de sacar la raíz del suelo, dado que se extrajo siempre a la misma profundidad y probablemente se haya cortado la raíz. Por otro lado, en riego por goteo, donde se manejan pulsos continuos de riego y se mantienen perfiles poco profundos de humedad, normalmente la raíz no crece verticalmente, sino más bien se ramifica. Estos resultados no coinciden con lo reportado en la literatura, donde se menciona que la aplicación de *Trichoderma* (Chang et al., 1986, Gams&Bisset, 1998), al igual que los enraizadores auxínicos. (Hartman y Kester) promueven el crecimiento de raíces, aunque tampoco indican si es crecimiento longitudinal.



**Figura 3:** Efecto de la inoculación de *Trichoderma harzianum* en la longitud de raíz.

### Peso Fresco y Seco de la Raíz

El peso fresco y seco de la raíz, tampoco fue afectado por la aplicación de *Trichoderma*, ni con la aplicación de enraizador (Figura 4) sin embargo, se observa una tendencia a incrementar el peso cuando se aplican estos microorganismos y es más notorio cuando se aplica el enraizador. Como se comentó anteriormente este resultado, puede ser tal vez a la forma de extraer la raíz, porque aparte de cortar la raíz al momento de extraerla del suelo, al retirar el suelo agitando la raíz en el agua, se observó que se desprendió una gran cantidad de las raíces más pequeñas. Además, se puede observar que existe una alta variación en los datos, esto se puede deber a que se utilizó una variedad de polinización libre con una alta variación del genotipo, para reducir esta variación se evaluaron cinco repeticiones y cinco muestras por repetición, que en suma son 125 plantas, sin embargo, aun prevaleció muy alta la amplitud de la medida de dispersión o intervalo de confianza.



**Figura 4:** Efecto de la inoculación de *Trichoderma harzianum* en el peso fresco y seco de la raíz de cebolla de rabo.

### Desarrollo de Hojas Verdaderas y Bulbo

## Desarrollo de Hojas verdaderas

La aplicación de *Trichoderma harzianum*, aumento la cantidad de hojas verdaderas a la dosis de 5.0 cc/L y fue igual al tratamiento con enraizador comercial (Cuadro 2), mientras que la longitud y el peso no fue afectado, por la aplicación de *Trichoderma* y el enraizador. Aun y cuando, se observa una tendencia a incrementar el peso de las hojas a las dosis de 2.5 y 10.0 cc/L. Por lo general cuando se tiene un estímulo en el desarrollo de las raíces, este se manifiesta posteriormente en un desarrollo del área foliar, es decir hojas con mayor desarrollo también (Chang et al., 1986). Por lo que sería de esperar que este desarrollo se diera en la dosis de 5.0 cc/L, que fue la dosis que muestra una tendencia a incrementar el desarrollo de la raíz.

TRATAMIENTOS	Hojas Verdaderas		
	Numero	Longitud (cm)	Peso (g)
Testigo Absoluto	6.56 ± 1.41 a	42.64 ± 6.78 a	17.94 ± 8.28b
Testigo Comercial	7.24 ± 1.66 b	42.35 ± 9.09 a	18.46 ± 8.54b
Th 2.5 cc/L	7.28 ± 1.88 b	44.81 ± 9.06 a	20.21 ± 11.48 a
Th 5.0 cc/L	6.40 ± 2.43 a	42.79 ± 8.68 a	16.19 ± 9.98b
Th 10.0 cc/L	6.60 ± 1.89 a	42.91 ± 12.47 a	20.28 ± 10.37a
P≤0.05	1.19 -0.31	0.27 – 0.89	0.79 -0.53

Literales diferentes en la misma columna indican diferencia estadística (Tukey 95%). Th = *Trichoderma harzianum*.

**Cuadro 2:** Media y desviación estándar del efecto de *Trichoderma harzianum* sobre el número, longitud y peso de hojas verdaderas de la cebolla de Rabo.

## Desarrollo de Bulbo

La aplicación de *Trichoderma harzianum*, no afectó el desarrollo ni la calidad del bulbo de la cebolla de rabo, medidas como diámetro, longitud y peso (Cuadro 3). Un buen desarrollo de hojas verdaderas, generalmente se traduce en bulbos grandes, por lo que, al no haber efecto en el desarrollo de las hojas verdaderas, tampoco hubo efecto en los bulbos. Además, hay que tomar en cuenta que esta cebolla es de día corto, y se plantó en días largos, por lo cual no hubo desarrollo de bulbos de forma normal. Adicionalmente se observa que la desviación estándar es muy alta, lo cual indica una alta variación en el desarrollo de los bulbos.

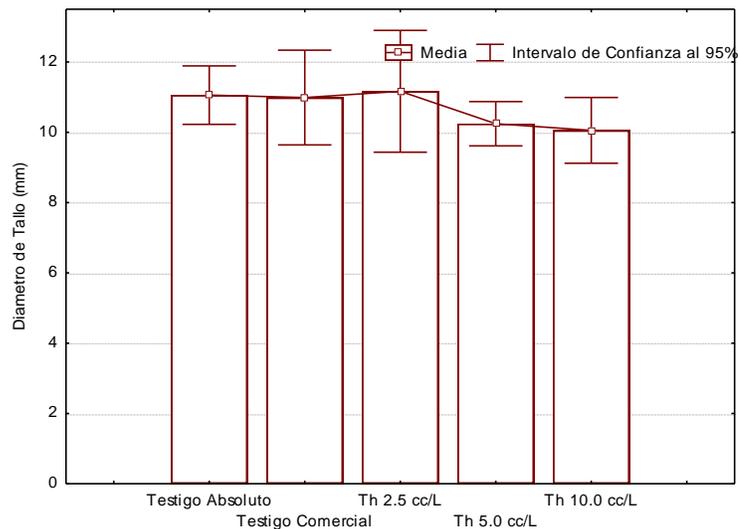
**Cuadro 3:** Media y desviación estándar del efecto de *Trichoderma harzianum* sobre el diámetro, longitud y peso.

TRATAMIENTOS	Bulbo ±		
	Diámetro (mm)	Longitud (cm)	Peso (g)
Testigo Absoluto	30.48 ± 11.76 a	28.77 ± 5.36 a	24.99 ± 16.69 a
Testigo Comercial	31.78 ± 13.16 a	28.67 ± 6.61 a	25.06 ± 21.30 a
Th 2.5 cc/L	26.06 ± 11.04 a	26.52 ± 5.64 a	17.58 ± 14.29 a
Th 5.0 cc/L	27.61 ± 19.65 a	28.97 ± 6.43 a	21.98 ± 14.18 a
Th 10.0 cc/L	28.17 ± 10.05 a	29.55 ± 6.08 a	24.19 ± 15.61 a
P≤0.05	0.84 - 0.38	0.91 - 0.45	0.89 - 0.46

Literales diferentes en la misma columna indican diferencia estadística (Tukey 95%). Th = *Trichoderma harzianum*

## Diámetro del Seudotallo

La aplicación de *Trichoderma harzianum*, no afecto el desarrollo del Seudotallo de la cebolla de rabo (Figura 5). El Seudotallo es la parte media entre el bulbo y las hojas verdaderas, y constituye un indicador de cosecha tanto para cebollas de rabo y cebollas secas. En cebollas de rabo se busca que le tallo sea grueso y firme para evitar que al hacer lo manojos la cebolla se doble, además que prolonga la vida de anaquel. El grosor del Seudotallo, está relacionado el desarrollo de las hojas verdaderas, es decir hojas con mayor diámetro dan lugar a Seudotallo más gruesos. Por lo cual al no haber diferencia en el desarrollo de las hojas, tampoco se observó desarrollo del Seudotallo.



**Figura 5:** Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* en el diámetro de tallo.



## CONCLUSIONES

La aplicación exógena de *Trichoderma harzianum*, a la dosis de 5.0 cc/L, promovió una mayor densidad de raíces, la dosis de 2.5 cc/L, aumento el número y peso de hojas verdaderas y la dosis de 10 cc/L, aumento el peso total de la planta y en ambos casos fueron similares al tratamiento con enraizador.

## LITERATURA CITADA

**Agrotech** de Colombia SAS. (2015) Agrotech de Colombia SAS (ONLINE) Available at: <http://cebollalarga.com/Fichas tecnicas> (Accessed 12 Mar. 2017)

**Ahmed**, S. A., Perez Sanchez, C. & Candela, M. E. 2000. Evaluation Of Induction Of Systematic Resistance In Pepper Plants (*Casicum Annum*) To *Phytophthora Capsici* Using *Trichoderma Harzianum* And Itsrelationwith *Capsidiol* Accumulation. *Eur. J. Plant Pathol.*, 106: 817-824

**AlcantarGómez**, G. and Trejo-Téllez, L (2010) *Nutrición de cultivos*. 1<sup>sted</sup> México: Mandí-Prensa

**Bashan** Y, G. Holguin, R. F. Cerrato. 1996. Interactions between Plants Beneficial Microorganisms. *Revista.Azospirillum*.pp.2

**Bashan**, L.E., Holguin, G., Glick, B.R And Bashan,. 2007. Bacterias Promotoras De Crecimientoen Plantas para Propósitos Agrícolas Y Ambientales. *Microbiología Agrícola: Hongos, Bacterias, Micro Y Macro fauna, Control Biológico, Plantas-Microorganismo*. Ferrero-Cerrato, R., And Alarcón, A. Chapter 8. Editorial Trillas, México. Pp. 162-170

**Benitez**, T., Limon, J. DelgadoJarana, J. &Rey, M. (1998). Glucanolytic And Other Enzymes And Their Control. In: *Trichoderma And Gliocladium*. Vol. 2. 101- 127 Pp. Eds. Taylor & Francis. London

**Burges**, A. 1968. *Introducción a la Microbiología del Suelo*. 1era Edición. Ed. La Habana. Cuba. 200p

**Cano**, M 2011. A Review Of Interactionofbeneficial Microorganisms In Plants: Mycorrhizae, *Trichoderma*spp, And *Pseudomonas* Spp. *Revisa. U.D.C.A* 14 (2): 15-31

**Calvet**, C., Pera, J. & Barea, J. M. 1993. Growth Response Of Marigold (*Tagetes Erecta* L.) To Inoculum With *Glomus Mosseae*, *Trichoderma Aureoviridae* And *Pythium Ultimum* In A Peat-Perlite Mixture. *Plant Soil*, 148: 1-6

**Carrasco**, O. 2001. *Guía Completa Para el Cultivo y Cuidado de Hortalizas*. Pág. 71-73

**Chang, Y. C. , Baker, R. , Kleifeld, O. & Chet, I. 1986.** Increased Growth Of Plants In The Presence Of The Biological Control Agent *Trichoderma Harzianum*. *Plant Dis.*, 70: 145-148.

**ECUARURAL.** 2001. Diagnostico Participativo: Valida con, Transferencia de Tecnología y Capacitación para el Mejoramiento de la Producción, Productividad y Calidad de la Cebolla Perla en Manabí.

**FAO.**2015. AGP-Soil Biological Management with Beneficial Microorganisms.Responsible FAO.Disponible en: <http://Www.Fao.Org/Aggricuture/Crops/Thematic-Sitemap/Theme/Spi/Soil-Diversity/Case-Studies/Soil-Biological-Managemet-With-Benefical-Microorganisms/>

**Gams, w & Bissett, J. (1998).** Morphology And Identification Of *Trichoderma*. In: *Trichoderma And Gliocladium*. Vol. 1. 3-34 Pp. Eds. Taylor & Francis. London

**Garza, L. 1985.** Las hortalizas cultivadas en México, características botánicas. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. P.

**Harman, G. E. 2000.** Myths and Dogmas of Biocontrol. Changes in Perceptions Derived from Research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Dis.*, 84(4):377-393.

**Harman, G. E., Latorre, B., Agosin, E., San Martín, R., Riegel, D. G., Nielsen, P. A., Transom, A. & Pearson, R. C. 1996.** Biological And Integrated Control Of *Botrytis* bunch rot Of Grape Using *Trichoderma* Spp. *Biol. Control*, 7: 259- 266.

**Heissen y Rodríguez (1998).** Factores Condicionantes de la Calidad de la Cebolla Perla. Venezuela. Consultado 20 de nov 2007. <http://www.odepa.cl/wpcontent/filesmf/138850693mercadocebolla2013>

**INFOAGRO** (Sistema de Información del Sector Agropecuario Costarricense) 2000. El Cultivo de la Cebolla <http://www.infoagro.com/hortalizas/cebolla.htm> consultado del 2015

**INIFAP.** Gob.Mx (2016).INIFAP. (Online) Available at: <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/historicos.aspx?est=27&edo=5&m=1&an=2016> (Accessed 10 Mar. 2017)

**INIFAP**(Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas Y Pesqueras) 2006. Manejo de Densidades Para Producir el Tamaño y el Peso de Cebollarequerida por el Mercado. Fichas Tecnológicas en Sistema De Producción Cebolla . 1-2 Pp. Consultado en abril del 2015

**Lewis**, J. A., Fravel, D. R. & Lumsden, R. D. (1995). Application Of Biocontrol Fungí In Granular Formulation Of Pregelatinized Starch-Flour To Control Damping-Off Diseases Caused by *Rhizoctonia Solani*. *Biol. Control*, 5: 397-404.

**ODEPA** (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias) 2013 Situación del Mercado de la Cebolla, Diciembre 2013

**Ruiz S.**, R. and Escaff G., M., Nutrición y Fertilización de la Cebolla. 1<sup>st</sup>ed: (book) p.3 Available at: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/seriesinia/NR15335.PDF> (Accessed 11 Feb. 2017)

**Schwartz** H.F y C, S. Cramer 2011. Etapas de Desarrollo del Bulbo en Cebolla. Onion ipmPIPE Diagnostic Pocket. Series (2);1-16.

**SIAP** (Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera). 2013. Producción Agrícola de Cebolla 2013.

**Steiner**, A. a. (1961). A Universal Method for Preparing Nutrient Solutions of a Certain Desired Composition. *Plant and Soil*, XV(2), 134–154. <https://doi.org/10.1007/BF01347224>

**Steiner**, A. A. 1961. Un Método Universal para la Preparación de Soluciones Nutritivas de una Cierta Composición Deseada. *El Suelo de la Planta*. 15:134-15

**SIAP**(Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera).2013 Producción Agrícola De Cebolla 2013.<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. Consultado en Febrero del 2015.

**Zamora**, E. (2016). El Cultivo de la Cebolla. Universidad de Sonora, (online) pp.1-3. Available at: <http://www.agricultura.uson.mx/> (Accessed 15 Jan. 2017).

**Zar**J. H., 1996. Biostatistical Analysis. Third ed. Prentice-Hall Inc. New Jersey, USA