



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,  
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO  
INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.  
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

**1. Datos del Autor:**

Apellidos y Nombres: **PACCHIONI CARRANZA SUSAN CAROLINA**

Código de alumno: 121.0103.374

Teléfono: 977896913

Correo electrónico: **susan15-96@hotmail.com**

DNI o Extranjería: 71080164

**2. Modalidad de trabajo de investigación:**

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

**3. Título profesional o grado académico:**

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

**4. Título del trabajo de investigación:**

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES DOSIS DE *Trichoderma harzianum* EN EL CONTROL DE *Fusarium verticillioides* EN MAÍZ VARIEDAD PMC 561, EN LA LOCALIDAD DE MARCARA – CALLEJÓN DE HUAYLAS”**

**5. Facultad de: Ciencias Agrarias**

**6. Escuela, Carrera o Programa: Agronomía**

**7. Asesor:**

Apellidos y Nombres: **Ing. Reyes Huamán Eusebio**

Teléfono: 943202617

Correo electrónico: **reyezeusebio@gmail.com**

D.N.I: 09002072

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

**Firma:**

D.N.I

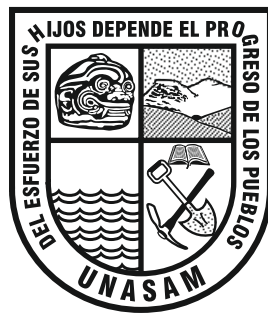
71080164

Fecha:

27 / 01 / 2020



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES DOSIS DE  
Trichoderma harzianum EN EL CONTROL DE Fusarium  
verticillioides EN MAÍZ VARIEDAD PMC 561, EN LA  
LOCALIDAD DE MARCARA – CALLEJÓN DE HUAYLAS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. PACCHIONI CARRANZA, SUSAN CAROLINA**

**ASESOR:**

**Ing. REYES HUAMÁN, EUSEBIO**

**HUARAZ, PERÚ**

**2019**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



## ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis denominada: "EFECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES DOSIS DE *Trichoderma harzianum* EN EL CONTROL DE *Fusarium verticillioides* EN MAÍZ VARIEDAD PMC 561, EN LA LOCALIDAD DE MARCARA – CALLEJÓN DE HUAYLAS", presentada por la Bachiller en Ciencias Agronomía SUSAN CAROLINA PACCHIONI CARRANZA, y sustentada el día 10 de Diciembre del 2019, por Resolución Decanatural N°520-2019-UNASAM-FCA/D, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 10 de Diciembre del 2019

Dra. Karina Soledad Vilca Mallqui

PRESIDENTA

Dr. Alejandro Zorobabel Toscano Leyva

SECRETARIO

MsC. Hugo Mendoza Vilcahuamán  
VOCAL

Ing. Eusebio Reyes Huamán  
PATROCINADOR



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de Tesis presentada por la Bachiller en Ciencias Agronomía SUSAN CAROLINA PACCHIONI CARRANZA, denominada: "EFECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES DOSIS DE *Trichoderma harzianum* EN EL CONTROL DE *Fusarium verticillioides* EN MAÍZ VARIEDAD PMC 561, EN LA LOCALIDAD DE MARCARA – CALLEJÓN DE HUAYLAS", Escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADA CON DISTINCIÓN

CON EL CALIFICATIVO (\*)

Dieciocho (18)

En consecuencia, queda en condición de ser calificado APTA por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÓNOMO** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 10 de Diciembre del 2019

Dra. KARINA SOLEDAD VILCA  
MALLQUI  
PRESIDENTA

Dr. ALEJANDRO ZOROBABEL  
TOSCANO LEYVA  
SECRETARIO

MSc. HUGO MENDOZA  
VILCAHUAMÁN  
VOCAL

Ing. EUSEBIO REYES  
HUAMAN  
PATROCINADOR

(\*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA** (19 – 20), **APROBADO CON DISTINCIÓN** (17 – 18), **APROBADO** (14 -16), **DESAPROBADO** (00 – 13).



## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

Gerardo y Nancy, por brindarme su apoyo incondicional en cada etapa de mi formación profesional.

### **AL SEÑOR JESUCRISTO**

Por guiarme y ayudarme a lograr las metas que me voy trazando día a día dándome las fuerzas necesarias para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

- 1.** Al Ing. Eusebio Reyes Huamán, patrocinador de la presente tesis, por sus orientaciones.
- 2.** A los miembros del Jurado de Tesis Dra. Karina Soledad Vilca Mallqui, Dr. Alejandro Zorobabel Toscano Leyva y al Mag. Hugo Mendoza Vilcahuaman por haberme hecho las correcciones necesarias del presente trabajo de investigación para que pueda realizarse.
- 3.** A la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo por haberme permitido ingresar a las aulas donde pude formarme profesionalmente y adquirir el conocimiento necesario para lograr mis objetivos.
- 4.** Al personal del Fundo Allpa Rumi por haberme apoyado en las labores de campo para la instalación de la presente tesis.



“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES DOSIS DE *Trichoderma harzianum* EN EL CONTROL DE *Fusarium verticillioides* EN MAÍZ VARIEDAD PMC 561, EN LA LOCALIDAD DE MARCARA – CALLEJÓN DE HUAYLAS”

## RESUMEN

El estudio del presente experimento se llevó a cabo en noviembre del 2017 a abril del 2018 en el Centro Experimental Allpa Rumi, distrito de Marcará, provincia de Carhuaz del departamento de Ancash, localizado a una altitud de 2726 m.s.n.m.; con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de tres dosis de *Trichoderma harzianum* en el control de *Fusarium verticillioides*, siendo los tratamientos de 0.3 g/l; 0.4g/l y 0.5g/l del producto Tricho D a una concentración de  $10^8$  esporas de *Trichoderma harzianum*. En este experimento se trabajó con el Diseño de Bloques complemente al azar (DBCA), teniendo como variable independiente, las dosis de *Trichoderma harzianum*, y como variable dependiente, la severidad de pudrición de la mazorca por *Fusarium verticillioides*, severidad de la pudrición radicular por *Fusarium verticillioides*, altura de las plantas, largo de las mazorcas, peso de mazorcas, peso fresco de las raíces y peso seco de las raíces. Se instaló un experimento en campo empleando el Diseño de Bloques Complemente al Azar (DBCA), en el que se evaluó diferentes parámetros como la altura de las plantas, largo de las mazorcas, peso de las mazorcas, peso fresco de las raíces, peso seco de las raíces, grado de infección radicular y grado de pudrición de mazorca en plantas de maíz variedad PMC 561 provenientes de semillas tratadas inoculadas a diferentes dosis del producto comercial Tricho D 0g/l, 0.3g/l, 0.4g/l y 0.5g/l, a concentraciones de  $10^8$  esporas de *Trichoderma harzianum*. Se realizó el análisis de varianza del DBCA, y se empleó la prueba de comparación de medias de Duncan (0.05), encontrando diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo a un nivel de significancia de 0.5, resultando que la dosis adecuada para el control de *Fusarium verticillioides* en el cultivo de maíz fue el T4 con 0.5 g/l de *Trichoderma harzianum*, en la que se obtuvo mejores resultados en promedio a comparación del testigo, el T2 (0.3g/l), y el T3 (0.4g/l), con 14.48% de pudrición de mazorca, 5% de pudrición radicular, 2.425 m de altura, 423.75 g/mazorca, 30.125 cm de mazorca, 80.05 g de peso seco de la raíz y 127 g de peso fresco de la raíz.

Palabras clave: *Fusarium verticillioides*, dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum*, severidad de pudrición.

“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES DOSIS DE *Trichoderma harzianum* EN EL CONTROL DE *Fusarium verticillioides* EN MAÍZ VARIEDAD PMC 561, EN LA LOCALIDAD DE MARCARA – CALLEJÓN DE HUAYLAS”

**ABSTRACT**

The study of this experiment It has been made in november 2017 to April 2018 at the Allpa Rumi Experimental Center, Marcará District, Carhuaz Province of the Ancash Department, located at an altitude of 2726 m.s.n.m.; with the objective of evaluating the effect of the application of three doses of *Trichoderma harzianum* in the control of *Fusarium verticillioides*, the treatments being 0.3 g / l; 0.4g / l and 0.5g / l of the Tricho D product at a concentration of 10<sup>8</sup> spores of *Trichoderma harzianum*. In this experiment worked with the Completely randomized Block Design (DBCA), having as an independent variable, the doses of Trichoderma harzianum, and as a dependent variable, the severity of rot of the ear by *Fusarium verticillioides*, severity of root rot by *Fusarium verticillioides*, height of the plants, length of the ears, weight of ears, fresh weight of the roots and dry weight of the roots. A field experiment was installed using the Completely Random Block Design (DBCA), in which different parameters were evaluated such as plant height, length of ears, weight of ears, fresh weight of roots, dry weight of roots, degree of root infection and degree of ear rot in corn plants variety PMC 561 from treated seeds inoculated at different doses of the commercial product Tricho D 0g / l, 0.3g / l, 0.4g / l, 0.5g / l, at concentrations of 10<sup>8</sup> spores of *Trichoderma harzianum*. The analysis of variance of the DBCA was performed, and the Duncan means comparison test (0.05) was used, finding significant differences between the treatments and the control at a significance level of 0.5, resulting in the appropriate dose for the control of *Fusarium verticillioides* in the corn crop was T4 with 0.5 g / l of Trichoderma harzianum, in which better results were obtained on average compared to the control, T2 (0.3g / l), and T3 (0.4g / l ), with 14.48% cob rot, 5% root rot, 2,425 m high, 423.75 g / cob, 30,125 cm cob, 80.05 g dry root weight and 127 g fresh root weight.

Keywords: *Fusarium verticillioides*, application dose of *Trichoderma harzianum*, severity of rot.

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	01
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	03
2.1.	ORIGEN .....	03
2.2.	IMPORTANCIA DEL MAÍZ .....	03
2.3.	DESCRIPCIONES DE LA VARIEDAD DE MAÍZ PMC 561 .....	05
2.4.	CARACTERÍSTICAS CULTURALES Y BIOLOGIA DE <i>Trichoderma harzianum</i> (Rifai) .....	06
2.5.	Principales mecanismos de control biológico de <i>T. harzianum</i> sobre patógenos de plantas .....	07
2.6.	Etiología de la pudrición en maíz.....	09
2.7.	Morfología de <i>Fusarium verticillioides</i> .....	10
2.8.	Síntomas de la enfermedad causada por <i>Fusarium verticillioides</i> .....	10
2.9.	Epidemiología de la enfermedad causada por <i>Fusarium verticillioides</i> ....	11
a.	Infección .....	11
b.	Epidemiología .....	12
2.10.	Micotoxinas producidas por <i>F. verticillioides</i> .....	13
2.11.	Efectos de <i>F. verticillioides</i> sobre la salud humana y animal .....	14
2.12.	Control de la pudrición en maíz .....	15
a.	Control cultural .....	15
b.	Control genético .....	15
c.	Control químico .....	15
d.	Control biológico mediante <i>Trichoderma harzianum</i> .....	16
III.	MATERIALES Y METODOS .....	17
3.1.	UBICACIÓN POLÍTICA .....	17
3.2.	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	17
3.3.	LAS VARIABLES EN ESTUDIOS Y SUS INTERRELACIONES .....	17
3.4.	UNIVERSO MUESTRAL .....	17
3.5.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	17
3.6.	METODOLOGÍA .....	18
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
A.	PESO FRESCO DE LA RAÍZ .....	28
B.	PESO SECO DE LA RAÍZ .....	30
C.	PESO DE MAZORCA .....	31
D.	LARGO DE MAZORCA .....	33
E.	ALTURA DE PLANTA .....	35
F.	PUDRICIÓN RADICULAR .....	36

<b>G. PUDRICIÓN DE LA MAZORCA .....</b>	<b>38</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>VII. ANEXOS .....</b>	<b>43</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>47</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz, reviste gran importancia en el mundo debido a sus cualidades alimenticias para la producción de proteína animal, el consumo humano y el uso industrial, produciéndose 1036 660 000 kg por año a nivel mundial, siendo los países con mayor producción Estados Unidos seguido por China; en Sudamérica los países con mayor producción son Brasil seguido por Argentina (USDA, 2017). A nivel nacional el maíz para consumo en choclo ocupó 66 mil hectáreas de la superficie cultivada (INEI, 2017). A nivel de Ancash la producción de maíz choclo alcanzó 43000 toneladas en el año 2016 y en el año anterior fue 60684 toneladas (INEI, 2017).

El maíz, durante su desarrollo vegetativo es afectado por muchos factores bióticos entre ellos diferentes enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus, fitoplasmas y otros. Entre las enfermedades causadas por hongos se encuentra la pudrición de raíces, tallos y mazorcas causada por *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg. (Nirenberg & O'Donnell, 1998) (Syn. *F. moniliforme* J. Sheldon; telemorfo *G. moniliformis* Wineland) (FAUBA, 2019). Esta especie se encuentra distribuida en todos los lugares del mundo donde se cultiva maíz y con alta frecuencia es aislada, prácticamente de cualquier órgano de la planta. Es uno de los principales patógenos del cultivo y constituye una limitante de la productividad porque ocasiona pérdidas cuantiosas que varían año tras año. Cuando las condiciones ambientales son favorables, es capaz de provocar pudrición en órganos como la raíz, el tallo y la mazorca (De la Torre et al., 2014).

Según Ludeña (2013), el departamento de Ancash fue el segundo productor de maíz choclo con 54336 t. Sin embargo, el cultivo de maíz es afectado por muchas plagas y enfermedades, es por ello que nuestros agricultores se ven forzados a aplicar pesticidas cada 8 días, afectando al medio ambiente y elevando el costo de producción. Entre las enfermedades más comunes se encuentra la causada por *Fusarium verticillioides*.

Para el control de plagas y enfermedades en la producción agrícola se recurre a productos químicos denominados plaguicidas en general para regular el crecimiento de las plantas, sin embargo, su uso inadecuado acarrea problemas. La presencia de residuos de plaguicidas en los vegetales cultivados o en otros

alimentos plantea problemas especiales y reviste importancia tanto para el ambiente, la salud humana y en el comercio internacional (Plimmer, 2005).

Ante este problema de la pudrición de la raíz, tallo y mazorca del maíz surge como una alternativa el control biológico mediante el uso de hongos antagonistas con potencial para el control de enfermedades ocasionadas por patógenos del suelo, siendo de los más promisorios *Trichoderma spp.*

Por las condiciones expuestas, en el presente trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos:

#### **OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* en el control de *Fusarium verticillioides* en el cultivo de maíz en condiciones de campo.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la dosis adecuada de *T. harzianum* en el control de *Fusarium verticillioides*
- Evaluar la severidad de *F. verticillioides* por cada tratamiento en el cultivo de maíz comparado con el testigo.
- Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* en el peso y tamaño de la mazorca.
- Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* en el desarrollo de la masa radicular mediante el peso fresco y seco de la raíz.
- Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* en el tamaño de la planta.

## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1.ORIGEN**

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. Hoy no hay dudas del origen americano del maíz, pero nunca fue mencionado en ningún tratado antiguo, hasta el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, quien lo vio por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492 (Acosta, 2009).

### **2.2.IMPORTANCIA DEL MAÍZ**

#### **A. Importancia Mundial**

Actualmente, el maíz ocupa el primer lugar en cuanto a producción y área cultivada en el mundo, después del trigo y el arroz, seguido de la papa. Contribuye a la alimentación humana, animal y a la industria manufacturera. En la alimentación humana, el maíz opaco es igual en lisina y triptófano a la leche materna y tiene gran cantidad de metionina; en la alimentación animal se usa un aceite extraído del germen del maíz (Robutti, 2006), de la cual también es utilizada industrialmente (Paliwal, 2003).

Produciéndose 1036 660 000 kg por año a nivel mundial, siendo los países con mayor producción Estados Unidos seguido por China (USDA, 2017). En Sudamérica los países con mayor producción son Brasil seguido por Argentina. Perú ocuparía el sexto lugar en producción de maíz con 1540000 t en el ciclo comercial 2017/2018 (USDA, 2017).

#### **B. Importancia Nacional**

Según el INEI (2013), de las superficies agrícolas con cultivos (4 155 678 hectáreas), el maíz para choclo ocupó el 1,6% de la superficie total con 240,8 mil hectáreas. Siendo Ancash el segundo productor de maíz destinado para choclo con 54336 t en el año 2011.

**CUADRO 1: Superficie de Cosecha y Producción Nacional del Maíz Choclo, año 2011 (DGCA, 2012; citado por Ludeña, 2013)**

<b>Departamento</b>	<b>Superficie Cosechada (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>
<b>Junín</b>	6395	14.8%	78144	21.2%	12220
<b>Ancash</b>	5132	11.9%	54336	14.8%	10588
<b>Loreto</b>	4874	11.3%	21314	5.8%	4373
<b>Lima</b>	1699	3.9%	30642	8.3%	18035
<b>Cajamarca</b>	9641	22.3%	33451	9.1%	3470
<b>Cusco</b>	2139	4.9%	39218	10.7%	18335
<b>Lambayeque</b>	3004	7.0%	25086	6.8%	8351
<b>Arequipa</b>	901	2.1%	16073	4.4%	17839
<b>Ica</b>	1731	4.0%	15040	4.1%	8691
<b>Otras regiones</b>	7698	17.8%	54692	14.8%	7105
<b>Total</b>	<b>43214</b>	<b>100.0%</b>	<b>367995</b>	<b>100.0%</b>	

### **C. Importancia Regional**

Según el INEI (2017) a nivel de Ancash la producción de maíz choclo alcanzó 43000 toneladas en el año 2016 y en el año anterior fue 60684 toneladas, tal como se muestra en el cuadro 2.



**CUADRO 2: Producción Anual de Maíz Choclo en el Departamento de Ancash según el INEI (2017)**

<b>AÑO</b>	<b>PRODUCCIÓN (TM)</b>
2011	56347
2012	48854
2013	62620
2014	55649
2015	60684
2016	43000

### **2.3.DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD DE MAÍZ PMC 561**

Según Bolaños (1999), esta variedad de maíz se caracteriza por lo siguiente:

- ✓ Mazorca cónica y grande de 12 a 16 hileras de grano.
- ✓ Blanco amiláceo
- ✓ 90% de desgrane
- ✓ Posee una altura de 1.98 m
- ✓ Vigorosa
- ✓ Ciclo vegetativo de 187 días desde la siembra.
- ✓ Usado para grano y choclo
- ✓ Recomendado entre 2300 y 3000 msnm
- ✓ Proviene del cruce de la variedad Blanco Urubamba y el Complejo Choclero Peruano.

## 2.4. CARACTERÍSTICAS CULTURALES Y BIOLÓGICAS DE *Trichoderma harzianum* (Rifai)

Las especies de *Trichoderma* pertenecen a lo que se conoce globalmente como Agentes de Control Biológico (ACB) y se usan para controlar patógenos de plantas e incrementar la inmunidad de las plantas en condiciones de campo e invernadero (Saravanakumar et al, 2017).

El hongo antagonista *T. harzianum* se caracteriza por tener crecimiento micelial rápido y una abundante producción de esporas que ayuda a la colonización de diversos sustratos del suelo (Tovar, 2008).

Estos fenómenos han sido revisados minuciosamente por Harman y otros (2004) quienes mostraron que el tratamiento de semillas de maíz sembrado en suelo con bajo contenido de nitrógeno con *T. harzianum* dió lugar a plantas que eran más verdes y más grandes a principios de la temporada de crecimiento. En la cosecha, las plantas tratadas tenían diámetros más gruesos resultando mayores rendimientos de grano y ensilaje.

En el estadio temprano de *T. harzianum* el color del micelio es blanco y eventualmente desarrolla un color verde oscuro después de la esporulación. Las colonias de *T. harzianum*, crecen y maduran rápidamente a los cinco días de incubación en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) a 25°C (Stamets & Chilton, 1983).

El ciclo de vida de *T. harzianum*, inicia cuando el organismo crece y se ramifica como una hifa fúngica típica que mide de 5-10  $\mu$  de diámetro. La esporulación asexual ocurre cuando las esporas de 3-5  $\mu$  de diámetro son liberadas en un gran número. También se forman clamidosporas intercaladas, de forma individual, aunque a veces dos o más clamidosporas se pueden fusionar (Romero et al., 2009).

El tamaño de los conidióforos es de 62,5- 69 x 3-4,7  $\mu$ m. Los conidióforos son de color verde, presentan diversas ramificaciones perpendiculares, en algunos casos se observa la formación de ramas laterales en grupos de dos a tres, ubicadas en un ángulo amplio. El sistema de ramificación tiene una

aparición piramidal. Las fiálides son largas y delgadas, solitarias a lo largo del eje, asimétricas, con un tamaño de 6,3-15,6 x 2,7-3,4 µm., con conidios de un tamaño aproximado de 3,8-4 x 3,1-3,7 µm, con forma citriforme y subglobosos. Sus Clamidosporas son intercalares y formadas por el micelio sumergido, subglobosas, de pared dentada, color verde suave y un tamaño de 12,5-10 µm. (Bissett, 1991; Hoog et al., 2000).

## 2.5. Principales mecanismos de control biológico de *T. harzianum* sobre patógenos de plantas

Según Harman et al. (2004), entre los efectos positivos de la inoculación de plantas con *Trichoderma* se incluyen:

- Control biológico de enfermedades causadas por patógenos en la raíz y en algunos foliares.
- Inducción de resistencia sistémica en las plantas.
- Cambios en la composición de la microflora de las raíces.
- Mejora la absorción de nutrientes.
- Mejora de la solubilidad de los nutrientes inorgánicos del suelo.
- Aceleración y mayor desarrollo del sistema radicular que posibilita la tolerancia al estrés por parte de la planta.
- Estimulación del crecimiento vegetal.
- Aumento de la formación de pelos radiculares.
- Más profundo enraizamiento.
- Son capaces de colonizar raíces y producir compuestos que estimulan el crecimiento como citoquininas, zeatinas y giberilinas.

### A. Mecanismos Directos

**Micoparasitismo:** *T. harzianum* es capaz de crecer hasta en el hospedador reconociéndolo mediante lectinas específicas. Es entonces cuando *T. harzianum* es capaz de crecer rodeando al patógeno, mediante la formación de ovillos y apresorios, que atraviesan la pared celular del hongo patógeno y permiten que las hifas de *Trichoderma* penetren en el huésped (Brotman et al., 2010). Como mencionan Garrido y Vilela (2019) que señalan que

entre el *Trichoderma* y *Rhizoctonia* se observó con frecuencia el enrollamiento y penetración de hifas, siendo la mayor acción de micoparasitismo que encontró en su trabajo a comparación de otros patógenos en estudio. Esto ocurre cuando la respuesta de reconocimiento es positiva, las hifas de *Trichoderma* se adhieren a las del hospedante mediante apresorios, se enrollan alrededor de estas, y se realizan procesos enzimáticos (Infante et al. 2009).

Las enzimas como las quitinasas y / o  $\beta$ -glucanasas producidas por el agente de biocontrol son responsables de la supresión del patógeno vegetal. Estas enzimas tienen la función de romper los polisacáridos, quitina y  $\beta$ -glucanos que son responsables para la rigidez de las paredes celulares de hongos, destruyendo así la integridad de la pared celular (Howell, 2003).

**Antibiosis:** Es la acción directa de antibióticos o metabolitos tóxicos producidos por un microorganismo sobre otro sensible a estos. Las cepas producen metabolitos secundarios, algunos de los cuales inhiben el desarrollo de otros microorganismos con los que no hacen contacto físico. Tales sustancias inhibidoras son consideradas "antibióticos" (Infante et al., 2009).

Infante et al. (2009), menciona que *T. harzianum* produce antibióticos como: trichodermina, suzukacilina, alameticina, dermadina, trichotecenos y trichorzianina.

**Competencia por espacio y nutrientes:** Los aislados de *T. harzianum* se caracterizan por presentar un rápido crecimiento, que les confiere mayor capacidad a la hora de colonizar un espacio. Además, su carácter saprofítico les permite utilizar un amplio rango de sustratos, compitiendo directamente por los nutrientes presentes en el medio (Sivan & Chet, 1989).

Algunos de estos nutrientes son esenciales para el desarrollo de los fitopatógenos, como el hierro, que es secuestrado del medio por la acción de sideróforos producidos por *T. harzianum* (Verma et al., 2007).

## **B. Mecanismos Indirectos**

**Estimulación del crecimiento:** Producen diferentes ácidos orgánicos que disminuyen el pH, solubilizando el fósforo del medio, así como otros nutrientes, mejorando el desarrollo de la planta. Además, las enzimas hidrolíticas producidos por estos hongos movilizan la materia orgánica del medio, mejorando igualmente la absorción de compuestos más simples por parte de la planta, y en definitiva su estado nutricional (Verma et al., 2007).

**Inducción de resistencia:** La presencia del hongo y los elicitores que produce son capaces de activar mecanismos de defensa en plantas, reprogramando la expresión de diferentes genes de la planta y activando diferentes rutas enzimáticas (Shoresh et al., 2010). Esta inducción de los mecanismos acelera la respuesta frente al ataque de un patógeno o un insecto, mejorando de este modo la resistencia de la planta (López, 2011).

### **2.6. Etiología de la pudrición en maíz**

*Fusarium verticillioides* (Saccardo) Nirenberg. (Nirenberg & O'Donnell, 1998) (Syn. *F. moniliforme* J. Sheldon; teleomorfo *G. moniliformis* Wineland) (FAUBA, 2019), pertenece a la subdivisión Deuteromycota, que agrupa a aquellos hongos en los que no hay descrita una fase sexual, sin embargo *F. verticillioides* presenta una fase sexual llamada teleomorfo, o forma perfecta. La forma teleomórfica recibe otro nombre de género y especie: para *F. verticillioides* es *Gibberella moniliformis*, ya que el apareamiento ocurre entre colonias de distintos grupos. En el estado anamorfo, o de reproducción asexual, hay abundante producción de microconidias; éstas son células ovaladas con la base aplanada y agrupadas en cadenas. Algunas cepas también generan macroconidias con apariencia larga y delgada, y con cinco o seis septos. Muestran dos células: una apical, que es curva, y otra basal, en forma de pie. Este tipo de conidias se producen con estructuras que aparentan racimos denominados esporodoquios (De la Torre et al., 2014).

### **2.7. Morfología de *Fusarium verticillioides***

Las macroconidias, son hialinos, curvados cerca de las puntas, tres a cinco septados y 2,5-5 x 15-60  $\mu\text{m}$ . Los microconidias son unicelulares y abundantes, 2-3 x 5-12  $\mu\text{m}$  y en cadenas. Los conidióforos no están ramificados con monofiálides. Las conidias se producen en los fialides a través de un proceso en el que la pared interna del conidio y el fialide son continuas a las cuales se añaden posteriormente las capas media y externa. Este proceso reduce la cantidad de material disponible para bloquear las aberturas de los fialides y puede ser una de las razones por las cuales las cadenas de *F. verticillioides* son tan largas (Leslie & Summerell, 2006).

### **2.8. Síntomas de la enfermedad causada por *Fusarium verticillioides***

Los síntomas de pudrición del tallo se observan post floración y la etapa de pre-cosecha. La podredumbre se extiende desde las raíces infectadas hasta el tallo y causa el secado prematuro, la rotura del tallo y la mazorca reduciendo significativamente los rendimientos de maíz. La enfermedad causa decaimiento interno y decoloración de tejidos del tallo, reduciendo directamente el rendimiento bloqueando la translocación de agua y nutrientes, resultando en la muerte de la planta (Dodd, 1980). El desarrollo de los síntomas depende de varios factores de estrés, incluyendo un exceso o falta de humedad, nubosidad continua, alta densidad de plantas, enfermedades foliares y la infestación del barrenador del maíz (Parry et al., 1995).

La pudrición del tallo por *Fusarium* reduce la producción en maíz en un 10% y en un 30-50% en áreas severamente afectadas, mientras que la pudrición de la mazorca por *Fusarium*, está caracterizada por una decoloración y un número reducido de granos, no solo reduce el rendimiento, sino que también influye en la calidad de la semilla (Gai et al., 2018).

## 2.9. Epidemiología de la enfermedad causada por *Fusarium verticillioides*

### a. Infección

La infección del maíz por *F. verticillioides* puede ocurrir a través de varias rutas. El método más frecuente de la infección del grano es a través de conidios aerotransportados que infectan estigmas. Después de la invasión a través de las estigmas, el hongo infecta los granos. Otra vía de infección propuesta es sistemáticamente a través de la semilla. La infección sistémica puede comenzar a partir de conidios fúngicos o micelios que se transportan dentro de las semillas o en la superficie de la semilla. Las condiciones ambientales, la disponibilidad de agua, el origen genético de la planta y el patógeno pueden ser factores importantes en el desarrollo de la enfermedad (Oren et al., 2003).

- **Infección sistémica de las plántulas**

Ocurre durante y desde la germinación de la semilla, a lo largo del establecimiento de la plántula. Como el hongo sobrevive ya sea en la semilla o en el suelo para infectar a la planta, penetrando de forma directa el pericarpio y a las células de la epidermis de la raíz tres días después de que se siembran las semillas inoculadas. Las hifas colonizan las células del parénquima del escutelo y llegan hasta el córtex (Murillo et al., 1999). Entre 25 y 30 días, las raíces y el mesocotilo ya se hallan colonizados y pueden mostrar síntomas de pudrición, dependiendo de la cantidad de inóculo y de factores ambientales. En el tallo no hay muchas hifas, de ahí que la infección puede cursar de manera asintomática (De la Torre, 2014). Aunque el hongo es capaz de translocarse por el tallo y llegar a la mazorca en desarrollo; el único sitio que parece limitar su paso es el tejido de transición entre la corona de la plántula y el tallo (Kedera et al., 1994).

- **Infección de la mazorca por medio del estigma**

Esta es la vía más común, cuando el inóculo aéreo y las conidias transportadas por el agua de lluvia se depositan en el estigma. De esa forma se facilita el acceso a las células del pericarpio y la hifa del hongo crece en la superficie de la cutícula para poder acceder al grano, a través de la parte inferior del canal estilar, incluso en ausencia de lesiones mecánicas (Duncan et al., 2010).

La podredumbre causada por *Fusarium* fue observada en el cultivo después de 55 a 65 días de la siembra que coincide con la panoja y barba de choclo seguida de la etapa de formación de grano. En estas etapas, las reservas del tallo se agotan y la mayoría de los carbohidratos son trasladados a sumideros en desarrollo y los tallos son predispuestos a los hongos (Desai et al., 1992).

La podredumbre del tallo generalmente ocurre después de la etapa de floración y antes de la madurez fisiológica, lo que reduce los rendimientos de dos maneras: (i) las plantas afectadas mueren prematuramente, por lo tanto, produciendo mazorcas ligeras con granos mal rellenos y (ii) las plantas con podredumbre de tallo dificultan la cosecha (Singh et al., 2012).

- **Infección del tallo y la mazorca por daño mecánico**

Al alimentarse, varios insectos plagas del maíz horadan las mazorcas y los tallos de la planta. Este daño mecánico funciona como ruta de entrada para las conidias de *F. verticillioides*. Además, hay insectos que actúan como vectores del hongo, ya sea dispersándolo a lo largo de la superficie de la planta hacia los granos como *Ostrinia* spp., el gusano barrenador, transportándolo a través de grandes distancias como el gusano de la raíz (*Diabrotica* sp.). Otros vectores descritos son el gusano mazorquero en sus fases de larva y de adulto, los trips y los gorgojos. La función de vector se apoya en el hecho de que el hongo sobrevive en los órganos externos de los insectos mencionados. Es por ello, que los insectos favorecen en la incidencia y severidad de la infección por *F. moniliforme* que se evidencia en el control de trips con insecticida, que reduce la población de insectos y la enfermedad (De la Torre, 2014).

## **b. Epidemiología**

*F. verticillioides* a pesar de ser un hongo que no forma estructuras de supervivencia, éste puede soportar condiciones ambientales muy adversas, debido a que puede persistir en invierno con temperaturas de -30 °C en residuos de tallo de maíz incorporado por al menos 630 días. Por otra parte, los conidios que son transportados por el viento en los campos de cultivo de maíz durante el crecimiento de las plantas pueden penetrar a los tejidos del tallo a través de heridas, o infectar a los granos en desarrollo a través de los estigmas. Los granos maduros también pueden ser infectados después de la siembra, a través



de las fisuras presentes en el pericarpio; o durante la germinación, donde el pericarpio es roto por la plántula emergente (Galperin et al, 2003).

La incidencia de la enfermedad fue mayor en suelo arenoso que en suelos franco o suelo arcilloso. Hay pruebas de que los fertilizantes potásicos reducen la gravedad de la pudrición del tallo, mientras que los fertilizantes nitrogenados en exceso aumentan la gravedad de la pudrición del tallo (White et al., 1978).

*Fusarium verticillioides* es más común en regiones con condiciones de crecimiento calientes y secas, especialmente antes o durante polinización. Después de la floración, un cambio importante en los carbohidratos flujo hacia la mazorca reduce la disponibilidad a la tejidos resultando en la senescencia de las células de las raíces. Por lo tanto, agua se mueve a las hojas para la demanda de transpiración causando el marchitamiento de las plantas. Esto provoca la muerte prematura que precede a la putrefacción del tallo. Los tejidos de corteza muerta son invadidos por otros hongos (Dodd, 1980).

#### **2.10. Micotoxinas producidas por *F. verticillioides***

Las micotoxinas son toxinas producidas por hongos (Adam et al.,2015). *F. verticillioides* no genera estructuras que faciliten la entrada al tejido y a las células. Sin embargo, es capaz de producir cantidades de enzimas líticas y toxinas que contribuyen al proceso infeccioso. Entre las micotoxinas que sintetiza la especie se hallan el ácido fusárico, el fusarin C, las naftoquinonas, la moniliformina y las fumonisinas. Estas últimas son las más abundantes (De la Torre, 2014).

- **Fumonisin**

Las Fumonisin es la toxina más importante producida por *F. verticillioides*, y algunas cepas pueden producir estas micotoxinas a niveles muy altos. La fumonisin B es la más conocida y la más estudiada. La producción de toxina es mayor en los granos de maíz degenerados (Leslie & Summerell. 2006).

En el norte de Italia, la clase más frecuente de micotoxinas en el maíz son las fumonisinas, principalmente las producidas por *Fusarium verticillioides*, para ello existen estudios previos de la capacidad que posee *Trichoderma harzianum* para reducir la colonización de *F. verticillioides*

en condiciones de invernadero. Se realizaron ensayos de campo en dos ubicaciones para evaluar el efecto del tratamiento de semillas con la cepa de *T. harzianum* sobre la colonización del grano de *F. verticillioides* y sobre la contaminación por fumonisina en diversas condiciones naturales. Se observó una reducción promedio del 58% en la infestación por hongos y del 53% en la contaminación por micotoxinas durante tres años de investigación (Ferrigo et al., 2014).

- **Fusarin C**

Fusarin C, inicialmente descubierto en extractos de *F. verticillioides* en Sudáfrica, es un metabolito con fuerte actividad mutagénica en el ensayo de Ames después de la activación microsomal. El Fusarin C es producido por muchas especies de *Fusarium*. Lo que indica que puede desempeñar un papel importante en la patogénesis de las plantas (Adam et al., 2015).

## **2.11. Efectos de *F. verticillioides* sobre la salud humana y de animales**

Se sabe que los humanos son alérgicos a *F. verticillioides* y es capaz de causar infecciones sistémicas como el cáncer en pacientes con VIH. El problema de salud humana más común asociado con *F. verticillioides* son las lesiones cutáneas, pero también puede infectar a través de heridas y se ha asociado con queratitis. Las infecciones con *F. verticillioides* usualmente no están asociadas con los parámetros hospitalarios, pero sí se producen brotes nosocomiales de enfermedades atribuibles a este hongo (Leslie & Summerell. 2006).

Se han encontrado fumonisinas en el cáncer de esófago humano y en los defectos de nacimiento en humanos. Las fumonisinas pueden estar asociados a numerosos alimentos, aunque el maíz y los productos de maíz suelen estar en mayor riesgo de contaminación. La producción de toxina es mayor en los granos de maíz degenerados que en el maíz normal. La fumonisina B1 es suficientemente termoestabilizable para que el calentamiento convencional durante la cocción o procesamiento del grano de maíz no destruya el compuesto (Leslie & Summerell. 2006).

Los principales síndromes que producen los fumonisinas en animales son: neurotóxicos, edema pulmonar y cerebral, hepatotóxicos y lesiones cardiacas. Los órganos afectados son: el cerebro, pulmón, hígado, riñón y corazón (Gimeno & Lígia, 2011).

## **2.12. CONTROL DE LA PUDRICIÓN EN MAÍZ**

### **a. Control cultural**

Dentro de este tipo de manejo se debe considerar lo siguiente (Tlapal, 2013):

- Selección del terreno. Para el establecimiento de la plantación se deben evitar aquellos sitios que presenten acumulación de humedad relativa, compactación y mal drenaje.
- Usar semilla certificada
- Fertilización y enmiendas. La fertilización balanceada y sustentada en un análisis de suelo favorece la baja incidencia de enfermedades. Por otra parte, la fertilización unilateral y en exceso de nitrógeno fomenta la incidencia.
- Control de malezas. La eliminación de malezas disminuye las probabilidades de supervivencia del hongo.

### **b. Control genético**

El maíz genéticamente modificado, que produce la proteína CryIa(b) la cual confiere resistencia al gusano barrenador europeo, tiene menor incidencia y severidad de pudrición de la mazorca provocado por *F. verticillioides* (De la Torre, 2014).

El maíz híbrido "BT", que es menos susceptible al gusano barrenador europeo del maíz *Ostrinia nubilalis*, presenta un menor nivel de infección con *F. verticillioides* que los híbridos comparables sin el transgénico y acumula menos fumonisinas (Leslie & Summerell, 2006)

### **c. Control químico**

Dado que la podredumbre del maíz es una enfermedad compleja involucrando a más de un organismo, es muy difícil manejar la enfermedad

con una sola medida de control. Por lo tanto, se ve la factibilidad de combinación de varias medidas de control para manejo de las podredumbres de tallo, raíz y mazorca (Khokhar et al, 2013).

Chandra et al. (2008) evaluaron dos fungicidas, tebuconazol y tiabendazol por su capacidad para inhibir el crecimiento toxigénico de *Fusarium verticillioides* y encontraron que el tebuconazol redujo eficazmente la enfermedad de la putrefacción de mazorca y la acumulación de fumonisinas en un grado máximo en comparación con otros fungicidas.

d. **Control biológico mediante *Trichoderma harzianum***

Shekhar y Kumar (2010), informaron el aislado nativo de *Trichoderma harzianum* dió como resultado un buen estado fitosanitario y redujó la pudrición del maíz después de la floración.

Además Khokhar et al, (2013) menciona que Patil y otros realizaron un tratamiento de la semilla con *Trichoderma harzianum* (4g / kg de semilla) junto con una aplicación de pasta de recino o neem al suelo (250kg/ha), 15 días antes de la siembra, proporcionó un control eficaz a la enfermedad de la podredumbre del tallo y dió una mejor relación costo-beneficio.

Se ha reportado la aplicación de estiércol de la granja y pasta de neem junto con *Trichoderma harzianum* 15-20 días antes de la siembra con dos riegos adicionales en la etapa de postfloración se redujó la enfermedad de 70.08 % a 13.24 % (Kulkarni y Anahosur, 2011).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1.UBICACIÓN POLÍTICA

- Distrito : Marcará
- Provincia : Carhuaz
- Departamento : Ancash
- Altitud : 2726 m.s.n.m.

#### 3.2.CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

La temperatura varía entre 12°C y 22°C la precipitación fluctúa entre 500 y 1000 mm; la ubicación estimada de evapotranspiración y precipitación es de 1 – 2 que corresponde a la provincia húmeda y subhúmeda.

#### 3.3.LAS VARIABLES EN ESTUDIOS Y SUS INTERRELACIONES

- Variable independiente:** Dosis de *Trichoderma harzianum*
- Variable dependiente:** severidad de pudrición de la mazorca por *Fusarium moniliforme* severidad de la pudrición radicular por *Fusarium moniliforme*, peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz, altura de la planta, tamaño de mazorca y largo de mazorca.

#### 3.4.UNIVERSO MUESTRAL

Correspondiente al cultivo de maíz variedad PMC 561 en el distrito de Marcará (2726 m.s.n.m.), provincia de Carhuaz, departamento de Ancash.

#### 3.5.MATERIALES Y EQUIPOS

##### A. Equipos

- Cámara fotográfica
- Computadora
- Calculadora
- Balanza analítica
- Estufa

- Mochila de asperjar de 20l de capacidad

#### **B. Herramientas**

- Lampas
- Picos

#### **C. Insumos**

- Fertilizantes
- Tricho D (*Trichoderma harzianum*)
- Insecticidas

#### **D. Materiales**

- Estacas de 1.2m
- Cordel
- Wincha
- Rafia

#### **E. Materiales de escritorio**

- Papel
- Lapiceros
- Lápices
- Reglas
- Etiquetas (cartulina)
- Marcador

### **3.6.MÉTODOLOGIA**

#### **+ Tipo de investigación:**

- ✓ Según la orientación del trabajo: investigación aplicada
- ✓ Según la técnica de contrastación: investigación experimental

#### **+ Diseño experimental:**

En el presente trabajo se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

### 3.6.1. MODELO ADITIVO LINEAL

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, t$  = número de tratamientos

$j = 1, 2, \dots, r$  = número de repeticiones

$Y_{ij}$  = Valor observado del  $i$ -ésimo tratamiento en el  $j$ -ésimo bloque.

$u$  = La media general

$B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloques (repetición)

$T_i$  = Efecto de  $i$ -ésimo tratamiento

$E_{ij}$  = Efecto del error experimental del  $i$ -ésimo tratamiento en el  $j$ -ésimo bloque

**Análisis de varianza:** ANVA en DBCA.

El análisis de varianza para un Diseño de Bloque Completo al Azar, se presenta en el siguiente cuadro.

**CUADRO 3: Análisis de varianza (ANVA)**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fcal</b>
Bloques	(r-1)	$\frac{\sum X^2 \cdot j}{t} - \frac{(\sum x)^2}{rt}$	$\frac{SCr}{r-1}$	$\frac{CMb}{CMe}$
Tratamientos	(t-1)	$\frac{\sum X^2 \cdot i}{r} - \frac{(\sum x)^2}{rt}$	$\frac{SCt}{t-1}$	$\frac{CMt}{CMe}$
Error	(r-1) (t-1)	Diferencia	$\frac{SCe}{(r-1)(t-1)}$	
Total	rt-1	$\sum X^2_{ij} - \frac{(\sum x)^2}{rt}$		

### 3.6.2. TRATAMIENTOS

Los tratamientos corresponden a concentraciones del hongo *T. harzianum*, bajo el nombre comercial de Tricho D. Los tratamientos se muestran en el Cuadro 4.

**CUADRO 4:** Tratamientos en Estudio

TRATAMIENTOS		
	CANTIDAD DEL PRODUCTO COMERCIAL POR LITRO DE SOLUCIÓN	CONCENTRACIÓN DE CONIDIAS POR LITRO DE SOLUCIÓN
T1	Sin aplicación de Tricho D	
T2	Aplicación de 0.3g/l de Tricho D	3 x 10 <sup>7</sup> conidias de <i>Trichoderma harzianum</i>
T3	Aplicación de 0.4g/l de Tricho D	4 x 10 <sup>7</sup> conidias de <i>Trichoderma harzianum</i>
T4	Aplicación de 0.5g/l de Tricho D	5 x 10 <sup>7</sup> conidias de <i>Trichoderma harzianum</i>

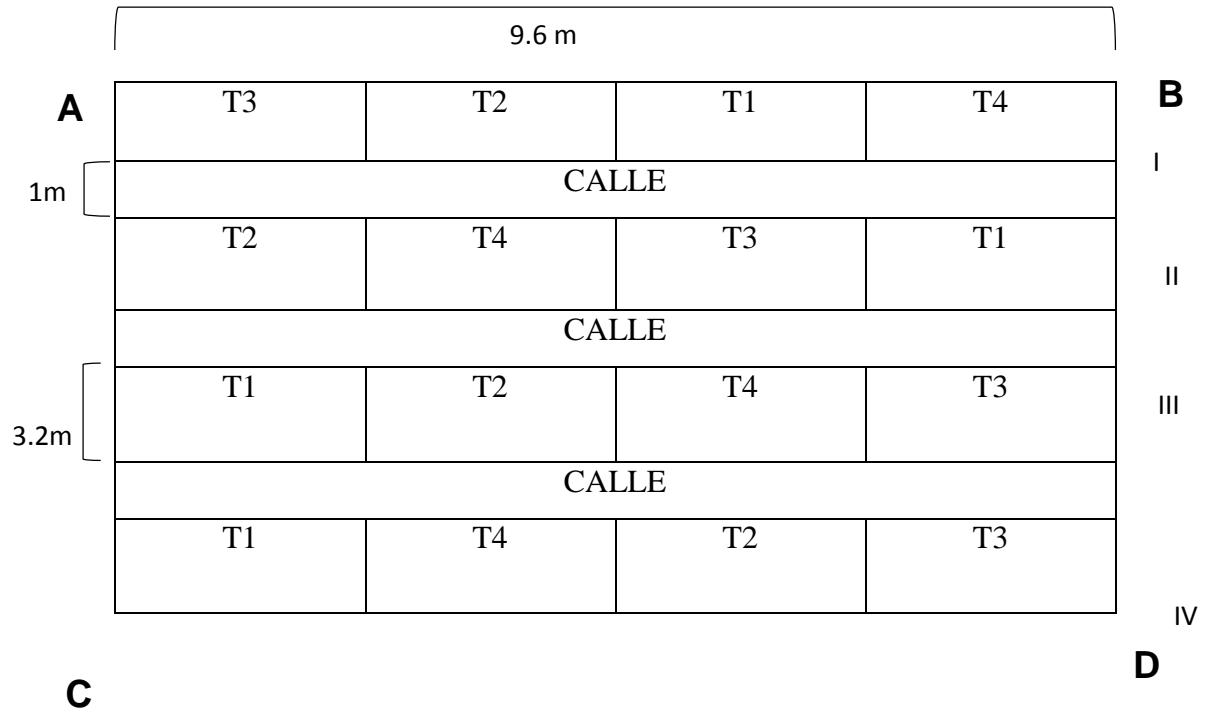
**3.6.3. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL**

Área total del experimento	:	151.68 m <sup>2</sup>
Área por bloque	:	30.72 m <sup>2</sup>
Área de parcela	:	7.68 m <sup>2</sup>
Ancho de calles	:	1.00 m
Longitud de surco	:	3.2 m
Distancia entre surcos	:	0.80 m
Distancia entre golpes	:	0.40 m
Número de golpes por surco	:	9
Numero de semillas por golpe	:	3



### 3.6.4. CROQUIS DEL EXPERIMENTO

**CUADRO 5:** Distribución de tratamientos por bloques en el campo experimental.



### 3.6.5. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

#### A. Preparación de terreno

- **Riego de Machaco:** Se realizó con la finalidad de que el suelo este a capacidad de campo y sea óptimo para la roturación.
- **Roturación:** El roturado del terreno consistió en el empleo de un tractor implementado con arado de discos.
- **Surcado:** Se realizó en forma mecánica con un tractor implementado con arado de discos. De acuerdo al distanciamiento establecido 0.80 m. entre surcos.
- **Trazado del Terreno:** Se utilizaron wincha, estacas, cordeles, para el trazado del área del experimento, dividido en cuatro bloques.

#### B. Presencia del patógeno (*Fusarium verticillioides*)

La presencia de patógeno en el campo se debe a la calidad de semilla que circula en el mercado donde ya está presente dicho hongo (semilla aparentemente sana corroborado por un análisis previo en el Laboratorio de Fitopatología de la UNASAM), además de que el hongo ya está presente en el suelo debido a campañas anteriores de maíz PMC 561 donde estuvo presente dicho patógeno y que puede expandirse de diversas maneras (agua, insectos, daños mecánicos).

#### C. Inoculación de semillas con el biocontrolador

Del producto Tricho D, se pesaron 4 sobres 0.3g, 0.4g y 0.5g respectivamente, en una balanza analítica en el Laboratorio de Fitopatología de la UNASAM, posteriormente en el campo se mezclaron en 12 recipientes que contenían un litro de agua, y en cada recipiente se remojo 108 semillas de maíz choclo con las dosis de 0.3g/l, 0.4g/l y 0.5g/l de *Trichoderma harzianum* por 15 minutos y de esa manera fueron inoculadas.

#### **D. Siembra**

Se realizó el 15 de noviembre del 2017, sembrando las semillas inoculadas con el *Trichoderma harzianum* con las diferentes dosis a un distanciamiento de 0.40 m entre golpe y en cada golpe se colocaron tres semillas a una profundidad de 5 cm en el suelo.

#### **E. Aplicación de *Trichoderma harzianum***

Se aplicó *Trichoderma harzianum* mediante aspersión por drench con las dosis de 0.5g/l (T4); 0.4 g/l(T3); 0.3 g/l(T2), la cual se llevó a cabo cuando las plantas habían alcanzado una altura promedio de 15 cm, utilizándose 37cm<sup>3</sup> por golpe, que se realizó el 12 de diciembre del 2017.

#### **F. Riego**

El riego se realizó el 18 de noviembre y el 22 de noviembre por inundación, luego el cultivo ya no necesito de los riegos debido a las frecuentes lluvias que se daban en los meses de diciembre, enero y febrero, luego en el mes de marzo las lluvias cesaron pero en abril otra vez se reanudaron las lluvias.

#### **G. Control de malezas**

Las malezas fueron eliminadas mediante el control cultural (barbecho y aporques) y control mecánico (eliminación de malezas manualmente con el uso de herramientas).

#### **H. Control de insectos**

El control de los insectos se llevó a cabo según los monitoreos semanales que se realizaron en el campo. Empleando los diversos métodos de control tales como el control cultural (riego por inundación, barbecho y aporques) y control químico.

**CUADRO 6: Fechas de aplicación de productos químicos para el control de insectos.**

<b>FECHAS DE APLICACIÓN</b>	<b>PLAGAS</b>	<b>PRODUCTOS</b>
<b>8/12/2017</b>	Lepidópteros	Alfa-cipermetrina (30ml/20lt) + adherente (20 ml/20lt).
<b>15/12/2017</b>	Lepidópteros	Alfa-cipermetrina (30ml/20lt) + adherente (20ml/20lt).
<b>27/12/2017</b>	Trips, <i>Dalbulus sp.</i> , larva de lepidópteros.	Adherente (20ml/20lt) + monofos (50ml//20lt) + methomil (20gr/20lt)
<b>2/1/2018</b>	Trips, <i>Dalbulus sp.</i> , larva de lepidópteros.	Adherente (20 ml/20lt) + monofos (50ml//20lt) + methomil (20gr/20lt)
<b>9/1/2018</b>	Trips, <i>Dalbulus sp.</i> , larva de lepidópteros.	Adherente (20 ml/20lt) + monofos (50ml//20lt) + methomil (20gr/20lt)
<b>23/1/2018</b>	larva de lepidópteros.	Adherente (20 ml/20lt) + monofos (50ml//20lt)
<b>6/2/2018</b>	larva de lepidópteros.	Alfa-cipermetrina (30ml/20lt) + adherente (20cm3) + methomil (20gr/20lt)
<b>20/2/2018</b>	larva de lepidópteros.	Adherente (20 ml/20lt) + monofos (50ml//20lt)
<b>6/3/2018</b>	larva de lepidópteros.	Alfa-cipermetrina (30ml/20lt) + adherente (20cm3) + methomil (20gr/20lt)
<b>20/3/2018</b>	larva de lepidópteros.	Adherente (20 ml/20lt) + monofos (50ml//20lt)
<b>3/4/2018</b>	larva de lepidópteros.	Alfa-cipermetrina (30ml/20lt) + adherente (20cm3) + methomil (20gr/20lt)

## I. Aporque

El primer aporque o raspada y abonado se realizó cuando la planta ha alcanzado 20 cm de altura en promedio el 19 de diciembre del año 2017 y el segundo aporque cuando la planta ha alcanzado 60 cm de altura el 23 de enero del año 2018.

### 3.6.6. RECOLECCIÓN DE DATOS

#### a) Evaluación de severidad de la pudrición en el sistema radicular

Por cada tratamiento se evaluó 10 plantas de la parte central de las parcelas extrayendo la raíz completa y lavaron, para observar claramente la proporción de tejido afectado por la pudrición según la escala del Centro Internacional de Agricultura Tropical (1987) que se presenta en el cuadro 7.

**CUADRO 7: Escala de severidad para evaluar pudriciones de raíz (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1987)**

Grado de severidad	Descripción
1	Sin síntomas visibles de la enfermedad
3	Decoloración ligera, sin lesiones necróticas o con 10% de los tejidos de la raíz cubiertos con lesiones necróticas.
5	Aproximadamente 25% de la raíz están cubiertos con lesiones, con decoloración fuerte, aunque los tejidos estén firmes.
7	Aproximadamente 50% de los tejidos la raíz están cubiertos con lesiones que se combinan con pudrición y reducción considerable del sistema radical.
9	Aproximadamente 75% o más de los tejidos de la raíz están afectados por estados avanzados de pudrición, en combinación con una reducción severa del sistema radical.

Se calculó la severidad (I) de la pudrición de raíces por *Fusarium* spp., utilizando la fórmula propuesta por James (1974), donde el número de

plantas afectadas se multiplicará por el grado de severidad observada en la raíz.

$$S (\%) = \frac{(N \times 1) + (N \times 3) + (N \times 5) + (N \times 7) + (N \times 9)}{\text{No. Total de Plantas}} \times 100$$

Donde:

S = Porcentaje de la incidencia de pudrición radicular

N = Número de plantas afectadas

### b) Evaluación de pudrición de mazorca

Para la evaluación de pudrición de mazorca se ha tomado como referencia una escala utilizada en maíz por Alakonya et al. (2008), donde se evaluó 8 mazorcas por tratamiento, el daño por pudrición de mazorca, utilizando una escala de severidad de siete clases.

El total de mazorcas que fueron cosechadas se agruparon según la clase y se contabilizaron. Se calculó la severidad con la fórmula:  $P = \{[\sum(n \cdot v)]/[CM \cdot N]\} \cdot 100$ ; donde: n = número de mazorcas por cada clase en la escala; v= valor numérico de cada clase; CM= categoría mayor; N= número total de mazorcas.

**CUADRO 8**

ESCALA	PORCENTAJE DE ALOJAMIENTO
1	0% de pudrición de mazorca
2	1-3% de pudrición de mazorca
3	4-10% de pudrición de mazorca
4	11-25% de pudrición de mazorca
5	26-50% de pudrición de mazorca
6	51-75% de pudrición de mazorca
7	76-100% de pudrición de mazorca

**c) Tamaño de mazorca**

Se realizó mediciones en 10 mazorcas escogidas al azar de los dos surcos centrales de cada unidad experimental, desde la base de la mazorca con panca, en el momento de la cosecha, expresado en cm.

**d) Peso de mazorca**

Se pesó 10 mazorcas sin panca escogidas al azar de los dos surcos centrales de cada unidad experimental, en el momento de la cosecha, expresado en g.

**e) Peso fresco de la raíz**

Para determinar el peso fresco de las raíces, 10 plantas fueron escogidas al azar de los dos surcos centrales, de las que se extrajo sus raíces cuidadosamente del suelo, seguidamente se agruparon según el tratamiento y se lavaron, dejándolas escurrir para que finalmente sean pesadas en la balanza analítica.

**f) Peso seco de la raíz**

Para determinar el peso seco de las raíces, 10 plantas fueron escogidas al azar de los dos surcos centrales, de las que se extrajo sus raíces cuidadosamente del suelo, seguidamente se agruparon según el tratamiento y se lavaron, dejándolas escurrir, luego fueron llevadas al Laboratorio de Fitopatología de la UNASAM para colocarlas en la estufa a 60°C por 48 horas, y finalmente fueron pesadas en una balanza analítica.

### **3.6.7. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los datos obtenidos en las evaluaciones de la intensidad de la pudrición radicular y de mazorca, peso seco y fresco de la raíz, largo de mazorca y altura de la planta fueron sometidos al análisis de varianza según el Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA) y se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan (0.05).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el proceso de la investigación se registraron permanentemente los siguientes datos: peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz, peso de mazorca, largo de mazorca, altura de planta, pudrición radicular y pudrición de la mazorca.

##### A. PESO FRESCO DE LA RAÍZ

**CUADRO 9:** Resultados del peso fresco de la raíz

PESO FRESCO DE LA RAÍZ (g)						
TRATAMIENTOS	BLOQUES				PROMEDIO	ALS(D)=0.05
	B1	B2	B3	B4		
T4	122.5	130	115.5	139.5	126.9	A
T3	112	110.2	112.9	114.9	112.5	AB
T2	65	65	80	47.5	64.4	BC
T1	30.2	46	45.82	45.5	41.9	C

En el cuadro 10, se presenta el análisis de varianza para los resultados del peso fresco de la raíz correspondiente a plantas sometidas a los diferentes tratamientos (dosis con diferentes concentraciones de conidias de *Trichoderma harzianum*).

**CUADRO 10:** Análisis de varianza para el carácter del peso fresco de la raíz.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F tab	Sig. (0.05)
Tratamientos	3	19148	6383	5.61	3.86	*
Bloques	3	4848	1616	1.42	3.86	N.S.
Error	9	10241	1138			
TOTAL	15	34237				

CV= 39.0414%

El coeficiente de variabilidad fue de 39.04%, lo que refleja que las condiciones ambientales como: la temperatura, la humedad relativa, la precipitación entre otros, no controladas por el investigador influenciaron en el experimento en forma moderada.



Los resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan correspondiente al peso fresco de la raíz de plantas sometidas a los diferentes tratamientos, se muestran en el cuadro 11.

**CUADRO 11:** Prueba de comparación múltiple de Duncan en el carácter de peso fresco de la raíz

COMPARACIONES				/d/		ALS (d)	SIGNIFICANCIA
T4	<b>I</b>	<b>II</b>	T3	14.38	<	53.97	NS
T4	<b>I</b>	<b>III</b>	T2	62.5	>	56.34	*
T4	<b>I</b>	<b>IV</b>	T1	85	>	57.52	*
T3	<b>II</b>	<b>III</b>	T2	48.12	<	53.97	NS
T3	<b>II</b>	<b>IV</b>	T1	70.62	>	56.34	*
T2	<b>III</b>	<b>IV</b>	T1	22.5	<	53.97	NS

Se encontró que los tratamientos con aplicación del producto comercial TrichoD a una dosis de 0.4g/l(T3) y 0.5g/l(T4), frente al testigo presentan diferencias significativas, siendo los promedios de peso fresco fueron 112.5g y 126.875g, respectivamente, de manera que las dosis de 0.4g/l y 0.5g/l son las que mejor resultado dieron en cuanto al incremento de la masa radicular que se dio frente al testigo a un nivel de significancia del 5%.

Además, las dosis de 0.4g/l (T3) y 0.5g/l (T4) no presentan diferencias significativas, pero las dosis de 0.5g/l (T4) y 0.3g/l (T2) si presentan diferencias significativas, corroborando con lo que menciona Harman et al.(2004), que el *Trichoderma* induce al crecimiento radicular y al aumento de la formación de los pelos radicales, por lo que se observa claramente que las dosis de 0.4g/l (T3) y 0.5g/l (T4) mostraron mejores resultados.

## B. PESO SECO DE LA RAÍZ

**CUADRO 12:** Resultados del peso seco de la raíz de la planta de maíz

PESO SECO DE LA RAÍZ (g)						
TRATAMIENTOS	BLOQUES				PROMEDIO	ALS(D)=0.05
	B1	B2	B3	B4		
T4	79	85.4	68	87.8	80.05	A
T3	51.9	40.8	42.9	67.7	50.83	B
T2	29	30.1	36.4	32.1	31.9	C
T1	14	23.7	27.05	23.25	22	D

En el cuadro 13, se presenta el análisis de varianza para el peso seco de los tratamientos, donde se encuentra diferencias significativas entre las dosis con aplicación del producto comercial TrichoD, para el carácter del peso seco de la raíz de la planta de maíz frente al testigo.

**CUADRO 13:** Análisis de varianza para el carácter del peso seco de la raíz del cultivo de maíz.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F tab	Sig. (0.05)
Tratamientos	3	7829.4	2609.8	22.68	3.86	*
Bloques	3	196.7	65.6	0.57	3.86	N.S.
Error	9	1035.8	115.1			
TOTAL	15	9061.9				

CV= 23.2249%

Para el caso de peso seco, el coeficiente de variabilidad fue de 23.22%, lo que refleja que las condiciones ambientales como: la temperatura, la humedad relativa, la precipitación entre otros, no controladas por el investigador influenciaron en el experimento en forma moderada a un nivel de significación del 5%.

**CUADRO 14:** Prueba de comparación múltiple de Duncan en el carácter de peso seco de la raíz a un nivel de significancia del 5%.

COMPARACIONES				/d/		ALS (d)	SIGNIFICANCIA
T4	I	II	T3	29.225	>	17.16544	*
T4	I	III	T2	48.15	>	17.92	*
T4	I	IV	T1	58.05	>	18.29	*
T3	II	III	T2	18.925	>	17.16544	*
T3	II	IV	T1	28.825	>	17.92	*
T2	III	IV	T1	9.9	>	17.16544	*

En la comparación múltiple de Duncan del cuadro 14 se encontró que los tratamientos con aplicación de *Trichoderma harzianum* frente al testigo presentan diferencia significativa, cuyos promedios de peso seco del 0.3 g/l (T2), 0.4 g/l (T3), 0.5 g/l (T4) fueron 31.9g, 50.825g y 80.05g, respectivamente.

Además, la dosis de 0.5 g/l (T4) y las demás dosis presentan diferencias significativas, ya que a las raíces en estado fresco se les extrajo la humedad sometiéndolas a 60°C por 48 horas, de esta manera se observa que la mejor dosis fue del 0.5 g/l.

### C. PESO DE MAZORCA

**CUADRO 15:** Resultados del peso de mazorca de la planta de maíz

PESO DE MAZORCA (g)						
TRATAMIENTOS	BLOQUES				PROMEDIO	ALS(D)=0.05
	B1	B2	B3	B4		
T4	424.93	420.60	430.70	418.80	423.76	A
T3	364.90	354.01	379.80	363.79	365.63	AB
T2	270.29	278.13	270.00	261.59	270.00	BC
T1	252.87	255.27	249.27	250.10	251.88	C

En el cuadro 16, se presenta el análisis de varianza para el peso de mazorca de los tratamientos, donde se encuentra diferencias significativas entre las dosis

con aplicación del producto comercial TrichoD, para el carácter del peso de mazorca de la planta de maíz.

**CUADRO 16:** Análisis de varianza para el carácter del peso de mazorca del cultivo de maíz.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F cal</b>	<b>F tab</b>	<b>Sig. (0.05)</b>
Tratamientos	3	78970	26323	7.17	3.86	*
Bloques	3	29208	9736	2.65	3.86	N.S.
Error	9	33033	3670			
TOTAL	15	141211				

CV= 18.48%

Para el caso de peso de mazorca, el coeficiente de variabilidad es de 18.48%, lo que indica que posee una precisión regular, debido a que las condiciones ambientales influenciaron en el experimento en forma moderada a un nivel de significancia del 5%.

**CUADRO 17:** Prueba de comparación múltiple de Duncan en el carácter de peso de mazorca de la planta de maíz a un nivel de significancia del 5%.

<b>COMPARACIONES</b>				<b>/d/</b>		<b>ALS (d)</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
T4	<b>I</b>	<b>II</b>	T3	58.125	<	96.928	NS
T4	<b>I</b>	<b>III</b>	T2	153.75	>	101.17	*
T4	<b>I</b>	<b>IV</b>	T1	171.875	>	103.29	*
T3	<b>II</b>	<b>III</b>	T2	95.625	<	96.93	NS
T3	<b>II</b>	<b>IV</b>	T1	113.75	>	101.17	*
T2	<b>III</b>	<b>IV</b>	T1	18.125	<	96.93	NS

En la comparación múltiple de Duncan del cuadro 17 se encontró que los tratamientos a una dosis de 0.4 g/l (T3) y 0.5g/l (T4), frente al testigo presentan diferencia significativa, cuyos promedios de peso de mazorca

fueron 365.625g y 423.75g, respectivamente, por lo que las dosis de 0.4g/l (T3) y 0.5g/l (T4) son las que dieron mejor resultado.

Además, las dosis de 0.5 g/l (T4) y 0.4 g/l (T3) no presentan diferencias significativas, pero las dosis 0.5 g/l (T4) y 0.3 g/l (T2) si presentan diferencias significativas, ya que Harman et al. (2004) y Verma et al. (2007) coinciden en que mejoran la absorción de los nutrientes que van a ser aprovechados por la planta para obtener un buen producto con un buen peso.

#### D. LARGO DE MAZORCA

**CUADRO 18:** Resultados del largo de mazorca por tratamiento

<b>LARGO DE MAZORCA (cm)</b>						
<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>BLOQUES</b>				<b>PROMEDIO</b>	<b>ALS(D)=0.05</b>
	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>		
<b>T4</b>	28.5	30	29	33	30.13	A
<b>T3</b>	27	28.5	27.5	32.5	28.88	A
<b>T2</b>	26	26.5	25	25.8	25.83	BC
<b>T1</b>	25.5	25	24	24.5	24.75	C

**CUADRO 19:** Análisis de varianza para el carácter del largo de mazorca

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F cal</b>	<b>F tab</b>	<b>Sig. (0.05)</b>
Tratamientos	3	76.417	25.472	12.92	3.86	*
Bloques	3	15.542	5.181	2.63	3.86	N.S.
Error	9	17.751	1.972			
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>109.709</b>				

CV= 5.126%

En el cuadro 19, se presenta el análisis de varianza para el largo de mazorca de los tratamientos, donde se encuentra diferencias significativas entre las dosis de aplicación.

Para el caso del largo de mazorca, el coeficiente de variabilidad es de 5.126%, lo que indica que las estimaciones realizadas son precisas, y los diferentes factores climáticos afectaron al experimento mínimamente, a un nivel de significancia del 5%.

**CUADRO 20:** Prueba de comparación múltiple de Duncan en el carácter del largo de mazorca de la planta de maíz a un nivel de significancia del 5%.

COMPARACIONES				/d/		ALS (d)	SIGNIFICANCIA
T4	<b>I</b>	<b>II</b>	T3	1.25	<	2.24672	NS
T4	<b>I</b>	<b>III</b>	T2	4.3	>	2.35	*
T4	<b>I</b>	<b>IV</b>	T1	5.375	>	2.39	*
T3	<b>II</b>	<b>III</b>	T2	3.05	>	2.25	*
T3	<b>II</b>	<b>IV</b>	T1	4.125	>	2.35	*
T2	<b>III</b>	<b>IV</b>	T1	1.075	<	2.25	NS

En la comparación múltiple de Duncan del cuadro 20 se encontró que los tratamientos T3 (0.4g/l) y T4 (0.5g/l), frente al testigo presentan diferencia significativa, cuyos promedios del largo de mazorca fueron 28.875 cm y 30.125 cm, respectivamente, por lo que las dosis 0.4g/l (T3) y 0.5g/l (T4) son las que dieron mejor resultado.

Además, las dosis de 0.4g/l (T3) y 0.5g/l (T4) no presentan diferencias significativas, pero estos tratamientos frente al T1 y 0.3g/l (T2) si presentan diferencias significativas, ya que menciona Verma et al. (2007), producen diferentes ácidos orgánicos que disminuyen el pH, solubilizando el fósforo del medio; por lo que el fósforo es un elemento nutricional que le brindará la energía necesaria a la planta para la buena formación de la mazorca.

## E. ALTURA DE PLANTA

**CUADRO 21:** Resultados de la altura de planta

ALTURA DE PLANTA (m)						
TRATAMIENTOS	BLOQUES				PROMEDIO	ALS(D)=0.05
	B1	B2	B3	B4		
<b>T4</b>	2.50	2.45	2.35	2.40	2.425	A
<b>T3</b>	2.00	2.22	2.14	2.19	2.138	AB
<b>T2</b>	1.92	1.92	1.93	1.92	1.923	B
<b>T1</b>	1.93	1.92	1.92	1.92	1.923	B

En el cuadro 22, se presenta el análisis de varianza para la altura de la planta de los tratamientos, donde se encuentra diferencias significativas entre las dosis con aplicación del producto comercial TrichoD para el carácter del peso de mazorca de la planta de maíz.

Para el caso de la altura de la planta, el coeficiente de variabilidad es de 8.71297%, lo que significa que las estimaciones tienen una precisión aceptable, debido a las condiciones ambientales no controladas por el investigador influenciaron en el experimento en forma leve a un nivel de significancia del 5%.

**CUADRO 22:** Análisis de varianza para el carácter de la altura de la planta

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F tab	Sig. (0.05)
Tratamientos	3	0.57172	0.19057	5.57	3.86	*
Bloques	3	0.00047	0.00016	0	3.86	N.S.
Error	9	0.30766	0.03418			
TOTAL	15	0.87984				

CV= 8.71297%

**CUADRO 23:** Prueba de comparación múltiple de Duncan en el carácter de la altura de la planta de maíz a un nivel de significancia del 5%.

COMPARACIONES				/d/		ALS (d)	SIGNIFICANCIA
T4	<b>I</b>	<b>II</b>	T3	0.2875	<	0.2958048	NS
T4	<b>I</b>	<b>III</b>	T2	0.4625	>	0.31	*
T4	<b>I</b>	<b>IV</b>	T1	0.4625	>	0.32	*
T3	<b>II</b>	<b>III</b>	T2	0.175	<	0.30	NS
T3	<b>II</b>	<b>IV</b>	T1	0.175	<	0.31	NS
T2	<b>III</b>	<b>IV</b>	T1	0	<	0.30	NS

En la comparación múltiple de Duncan del cuadro 23 se encontró que las dosis de 0.5g/l (T4) frente al 0.3g/l (T2) y testigo presentan diferencia significativas, cuyos promedios de altura fueron 2.425cm, 1.9625cm y 1.9625 cm, respectivamente; mientras, que los demás comparaciones no presentan diferencias significativas, corroborando con lo que menciona Harman et al. (2004) que mejora la absorción y la solubilidad de los nutrientes del suelo, además de mejorar el desarrollo de las raíces que conlleva a un mejor desarrollo vegetal de la planta, es por ello que como mejor resultado nos da la dosis de 0.5g/l (T4).

#### F. PUDRICIÓN RADICULAR

**CUADRO 24:** Grado de la severidad de la pudrición radicular de la planta de maíz

PUDRICIÓN RADICULAR (%)							
TRATAMIENTOS	BLOQUES				PROMEDIO	ALS(D)=0.05	
	B1	B2	B3	B4			
<b>T4</b>	7	3	4	6	5	A	
<b>T3</b>	13	12	15	16	14	B	
<b>T2</b>	36	40	33	31	35	C	
<b>T1</b>	50	68	61	61	60	D	



En el cuadro 24 se observa que el grado de la severidad de la pudrición radicular en el T4 (0,5 g/l) es mínima a comparación del testigo se ve reducida según la evaluación propuesta por la CIAT (1987) y James (1974).

**CUADRO 25:** Análisis de varianza para el porcentaje de infección radicular del cultivo de maíz.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F tab	Sig. (0.05)
Tratamientos	3	<b>7188.0</b>	<b>2396.0</b>	<b>110.30</b>	3.86	*
Bloques	3	<b>36.5</b>	<b>12.2</b>	<b>0.56</b>	3.86	N.S.
Error	9	<b>195.5</b>	<b>21.7</b>			
TOTAL	15	<b>7420.0</b>				

**C.V = 4.08625%**

En el cuadro 25, se presenta el análisis de varianza para el porcentaje de pudrición radicular de los tratamientos, donde se encuentra diferencias significativas entre las dosis de aplicación.

Para el porcentaje de pudrición radicular, el coeficiente de variabilidad es de 4.08625%, lo que indica que las estimaciones realizadas son precisas, y los diferentes factores climáticos afectaron al experimento mínimamente, a un nivel de significancia del 5%.

**CUADRO 26:** Prueba de comparación múltiple de Duncan para el porcentaje de pudrición radicular a un nivel de significancia del 5%.

COMPARACIONES				/d/		ALS (d)	SIGNIFICANCIA
T4	I	II	T3	8	>	7.45	*
T4	I	III	T2	30	>	7.78	*
T4	I	IV	T1	55	>	7.94	*
T3	II	III	T2	21	>	7.45	*
T3	II	IV	T1	46	>	7.78	*
T2	III	IV	T1	25	>	7.45	*

En la comparación múltiple de Duncan del cuadro 26 se encontró que las dosis de 0.5g/l (T4), 0.4 g/l (T3) y 0.3g/l (T2) frente a la dosis de testigo presentan diferencias significativas, cuyos porcentajes de pudrición radicular fueron 5%, 13% y 35%, respectivamente; frente al testigo que fue de 61%, corroborando con lo que menciona Khokhar et al, (2013) que Patil y otros realizaron un tratamiento de *Trichoderma harzianum* (4g / kg de semilla) junto con una aplicación de pasta de recino o neem al suelo (250kg/ha) y dieron buenos resultados, sin embargo como en el presente trabajo sólo se aplicó *Trichoderma harzianum* la mejor dosis fue de 0.5g/l.

### G. PUDRICIÓN DE LA MAZORCA

**CUADRO 27:** Grado de pudrición de mazorca de la planta de maíz.

PUDRICIÓN DE MAZORCA (%)						
TRATAMIENTOS	BLOQUES				PROMEDIO	ALS(D)=0.05
	B1	B2	B3	B4		
T4	15	12	14	15	14	A
T3	27	33	29	28	29	B
T2	48	45	47	52	48	CD
T1	60	59	58	75	63	D

En el cuadro 27 se observa que el porcentaje de pudrición de mazorca en el T4 (0,5 g/l del producto comercial TrichoD) es mínima, y a comparación del T1 que se ve reducida la pudrición de mazorca según la evaluación utilizada por Alakonya et al. (2008).

**CUADRO 28:** Análisis de varianza para el porcentaje de la pudrición de la mazorca a un nivel de significancia del 5%.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F tab	Sig. (0.05)
Tratamientos	3	<b>5486.75</b>	<b>1828.92</b>	<b>94.46</b>	3.86	*
Bloques	3	<b>80.75</b>	<b>26.92</b>	<b>1.39</b>	3.86	N.S.
Error	9	<b>174.25</b>	<b>19.36</b>			
TOTAL	15	<b>5741.75</b>				

**C.V = 11.391586%**

En el cuadro 28, se presenta el análisis de varianza para el porcentaje de pudrición radicular de los tratamientos, donde se encuentra diferencias significativas entre las dosis de aplicación del producto comercial TrichoD. Para el porcentaje de pudrición de la mazorca, el coeficiente de variabilidad es de 11.391586%, lo que significa que las estimaciones tienen una precisión aceptable, debido a las condiciones ambientales no controladas por el investigador influenciaron en el experimento en forma leve a un nivel de significancia del 5%.

**CUADRO 29:** Prueba de comparación múltiple de Duncan para el porcentaje de pudrición radicular a un nivel de significancia del 5%.

COMPARACIONES				/d/		ALS (d)	SIGNIFICANCIA
T4	I	II	T3	15	>	7.04	*
T4	I	III	T2	34	>	7.35	*
T4	I	IV	T1	27.6	>	7.50	*
T3	II	III	T2	19	>	7.04	*
T3	II	IV	T1	12.6	>	7.35	*
T2	III	IV	T1	6.36	<	7.04	N.S

En la comparación múltiple de Duncan del cuadro 29 se encontró que las dosis de 0.5g/l (T4) y 0.4 g/l (T3) frente a la dosis de 0g/l presentan diferencias significativas, cuyos porcentajes de pudrición radicular fueron 14% y 29%, respectivamente; frente al testigo que fue de 63%, mientras que la dosis de 0.3g/l (T2) y el testigo no presentan diferencias significativas, corroborando con lo que menciona Khokhar et al, (2013), que Patil y otros realizaron un tratamiento con *Trichoderma harzianum* (4g / kg de semilla) junto con una aplicación de pasta de recino o neem al suelo (250kg/ha) y dieron buenos resultados, sin embargo como en el presente trabajo sólo se suministró *Trichoderma harzianum* la mejor dosis sería de 0.5g/l.

## V. CONCLUSIONES

La dosis adecuada para el control pudrición de la raíz por *Fusarium verticillioides* en el cultivo de maíz con el producto comercial Tricho D fue de 0.5 g/l (T4) a una concentración de  $5 \times 10^7$  conidias de *Trichoderma harzianum*, con la cual la severidad de la enfermedad fue de 5% de, seguida del T3 (0.4g/l) con un 13%, T2 (0.3g/l) con un 35% y el testigo fue de 61%, de tal manera que *Trichoderma harzianum* pudo combatir el patógeno con los mecanismos directos como la antibiosis, micoparasitismo y, la competencia por espacio y nutrientes.

Con respecto al control de la pudrición de la mazorca con la dosis de 0.5 g/l con el producto comercial Tricho D a una concentración de  $5 \times 10^7$  conidias de *Trichoderma harzianum*, se obtuvo mejores resultados con un 14% de severidad, seguida del T3 (0.4g/l) con un 29%, T2 (0.3g/l) con un 48% y el testigo fue de 63%, de manera que se pudo obtener mazorcas sanas y sin aplicación de fungicidas apto para el consumo de las personas.

En cuanto a la altura de la planta, el mejor resultado se dió a una dosis de 0.5 g/l (T4) del producto comercial Tricho D a una concentración de  $5 \times 10^7$  conidias de *Trichoderma harzianum*, seguido por el T3 (0.4g/l), T2 (0.3g/l) y el testigo, con un promedio de 2.425 m, 2.138 m, 1.923 m y 1.923 m, respectivamente, por lo que se pudo observar que el T2 (0.3g/l) y el testigo no presentan diferencias significativas.

De acuerdo a los datos del peso de mazorca y largo de la mazorca, la mejor dosis fue de 0.5 g/l del producto comercial Tricho D a una concentración de  $5 \times 10^7$  conidias de *Trichoderma harzianum* con un promedio de 423.8 g/mazorca con 30.125 cm de largo, seguida del T3 (0.4g/l) 365.63 g/mazorca con 28.88 cm de largo, T2 (0.3g/l) 270g/mazorca con 25.83 cm de largo, y el testigo 251g/mazorca con 24.75 cm de largo; ya que el *Trichoderma harzianum* al estimular la aceleración y crecimiento de la raíz, la planta puede absorber con mayor facilidad los nutrientes del suelo y producir una mazorca con mejor calidad.

Con respecto al peso seco y fresco de la raíz se pudo obtener que el T4 (0.5g/l) tuvo mayor peso en promedio con 80.05 g y 126.9 g en promedio, seguida del T3 (0.4g/l) con un 50.83g y 112.5g, T2 (0.3g/l) con un 31.85 y 64.4g, y el testigo fue de 22g y 41.9g, respectivamente; ya que el *Trichoderma harzianum* estimula la aceleración y crecimiento de la raíz, además de incrementar la cantidad de pelos radiculares facilitando la absorción de los nutrientes del suelo.

## VI. RECOMENDACIONES

- Incorporar a *Trichoderma harzianum* en el manejo de enfermedades radiculares en el cultivo de maíz, agregando materia orgánica.
- Difundir a través de eventos académicos, boletines u otra forma de difusión, el riesgo que se tiene al consumir alimentos derivados del maíz infectado con *Fusarium verticillioides*, en caso de humanos y como forraje para el caso de animales debido a que este patógeno produce micotoxinas cancerígenas: Fumonisinias y fusarin C.
- Difundir las bondades del uso de *Trichoderma harzianum* en el control de enfermedades causadas por *Fusarium* y otros patógenos, a comparación con los fungicidas químicos.
- Realizar trabajos de investigación similares en otros cultivos inoculando de manera artificial *Trichoderma harzianum*, ya que *Fusarium spp.* Es un patógeno polífago y cosmopolita.

## VII. ANEXOS



**FIG. 01:** Mazorcas sanas



**FIG. 02:** Mazorcas infectadas por *Fusarium verticillioides*



**FIG. 03:** Síntomas de *Fusarium verticillioides* en la vaina de la mazorca.



**FIG. 04:** Raíz del tratamiento T4 (0.5g/l del producto comercial Tricho D) sin presencia de pudrición radicular.





**FIG. 05:** Largo de la mazorca del cultivo de maíz del tratamiento T4 (0.5g/l del producto comercial Tricho D).



**FIG. 06:** Muestras de las raíces clasificadas en sobres para colocarlas en la estufa a 60°C por 48 horas para hallar su peso seco.

**Reg.: PBUA 036-SENASA**

**Producto comercial: Tricho D**

**Ingrediente activo:** *Trichoderma harzianum* es antagonista natural de los fitopatógenos de los género *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, en varios cultivos.

**Concentración:** Tricho D está concentrado a  $1 \times 10^8$  conidias viables de *Trichoderma harzianum* por gramo.

**Generalidades:** El TRICHO D es un fungicida microbial y biorregulador certificado para su uso en cultivos orgánicos.

**Recomendaciones de uso y dosis:** TRICHO D se aplica de preferencia antes o inmediatamente después de la siembra en el hoyo que se coloca la plántula, también se podría aplicar a los 15 días después de la emergencia.

<b>CULTIVO</b>	<b>ENFERMEDAD</b>	<b>AGENTE CAUSAL</b>	<b>DOSIS</b>	<b>POR</b>
			<b>HECTÁREA</b>	
<b>Alcachofa</b>	Pudrición radicular	<i>Fusarium oxysporum</i>	300 gramos	
<b>Palto</b>	Pudrición radicular	<i>Phytophthora cinnamomi</i>	600 gramos	
<b>Cebolla</b>	Pudrición radicular	<i>Fusarium oxysporum</i>	300 gramos	

SERFI S.A.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2009). *El cultivo de maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba.* Cultivos tropicales. 30: 113-120.
- Adam, G.; wiesenberger, G. & U. Güldener. (2015). *Fusarium mycotoxins and their role in plant-pathogen interactions. Fusarium mycotoxins and their role in plant-pathogen interactions,*” In: *Biosynthesis and molecular genetics of fungal secondary metabolites*, vol.2. Eds. Zeilinger, S., Martín, J.-F., García-Estrada, C. (New York: Springer New York), 199–233.
- Alankonya, A.; monda, E. & S. Ajanga (2008). *Management of Fusarium verticillioides root infection court in maize using organic soil amendments.* World Applied Sciences Journal. vol 5: 161-170.
- Bissett, J. (1991). *A revision of the genus Trichoderma. spp., Infrageneric classification.* Canadian Journal of Botany. 69. 2357-2372.
- Bolaños-Alomía, A. (1999). *El cultivo de maíz en la república de Colombia.* Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 1-246.
- Brotman, Y.; Kapuganti, J. & A. Viterbo. (2010). *Trichoderma.* Current Biology. 20: R390-R391.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1987). *Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol.* Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 52 pp.
- Chandra, N. S., UdayaShankar A.C., Niranjan R. S., Niranjana S.R. & H.S. Prakash. (2008). *Tebuconazole and Thiabendazole- novel fungicides to control toxigenic Fusarium verticilloides and fumonisin in maize.* Journal of Mycology and Plant Pathology. 38. 430-436.
- De la Torre-Hernández, E.; Sánchez-Rangel, D.; Galeana-Sánchez, E. & J. Plasencia-de la Parra. (2014). *Fumonisin –Síntesis y función en la interacción Fusarium verticillioides-maíz.* Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. 17. 77-91.
- Desai, S., Hegde K. K. & S. Desai. (1992). *Identification of suitable method and time for artificial inoculation of maize with stalk rotting fungi.* Indian Phytopathology. 45. 381-382.
- Dodd, J. L. (1980). *Grain sinks size and predisposition of Zea mays to stalk rots.* Plant Disease. 64. 553-537.

- Duncan, K. & R. Howard. (2010). *Biology of Maize Kernel Infection by Fusarium verticillioides*. Molecular Plant-Microbe Interactions. 23. 6–16.
- Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA). (2019). *Vuelco del maíz (podredumbres de raíces y base del tallo)*. Herbario virtual: Cátedra de Fitopatología. Universidad de Buenos Aires. [http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page\\_id=175](http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=175). [consultada: 20-12-2018]
- Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA). (2019). *Pudrición de la espiga del maíz (Complejo fúngico)*. Herbario virtual: Cátedra de Fitopatología. Universidad de Buenos Aires. [http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page\\_id=144](http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=144). [consultada: 20-12-2018]
- Ferrigo, D.; Raiola, A.; Rases, R. & R. Causin. (2014). *Trichoderma harzianum seed treatment controls Fusarium verticillioides colonization and fumonisin contamination in maize under field conditions*. Crop Protection. 65. 51–56.
- Galperin M, Graf S. & D. Kenigsbuch. (2003). *Seed treatment prevents vertical transmission of Fusarium moniliforme, making a significant contribution to disease control*. Phytoparasitica, 31. 344-352.
- Garrido R. M. & N. Vilela S. (2019). *Capacidad antagónica de Trichoderma harzianum frente a Rhizoctonia, Nakatea sigmoidea y Sclerotium rolfsii y su efecto en cepas nativas de Trichoderma aisladas de cultivos de arroz*. Scientia Agropecuaria. 10. 1- 8.
- Gai X, Dong H, Wang S, Liu B, Zhang Z, Li X & Z. Gao. (2018) *Infection cycle of maize stalk rot and ear rot caused by Fusarium verticillioides*. PLoS ONE. 13.1-7.
- Gimeno, A. & M. Lígia-Martins. (2011). *Micotoxinas y micotoxicosis en animales y humanos*. Miami. USA. Special Nutrients. 1-130.
- Harman GE, Howell CR, Viterbo A, Chet I & M. Lorito. (2004). *Trichoderma species opportunistic, avirulent plant symbionts*. Nature Reviews. 2: 43-56.
- Hoog, G.S.; Guarro, J.; Gene, J. & M.J. Figueras. (2000). *Atlas de hongos clínicos*. CBS Utrece y the Netherland. 2. 1-1126.
- Howell, C. (2003). *Mechanisms Employed by Trichoderma Species in the Biological Control of Plant Diseases: The History and Evolution of Current Concepts*. Plant Disease. 87. 4-10.

- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2013). *Resultados definitivos: IV Censo nacional agropecuario 2012*. Lima. Perú. Instituto Nacional de Estadística e Informática. 1-63.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2017). *Perú: Panorama económico departamental*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://www.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/panorama-economico-departamental/4/>. [consultada: 30-03-2018].
- Infante, D.; Martínez, B.; González, N. & Y. Reyes. (2009). *Mecanismos de acción de trichoderma frente a hongos fitopatógenos*. La Habana: Revista de Protección Vegetal. 24. 14-21.
- James, W. C. (1974). *Disease assessment keys*. Ann. Rev. Phytopath. Vol 12. 27-48pp.
- Kedera, C.J., Leslie, J.F. & Claflin, L.E. (1994). *Genetic diversity of Fusarium Section Liseola (Gibberella fujikuroi) in individual maize stalks*. Phytopathology. 84. 603-607.
- Khokhar, M.; Hooda, K.; Sharma, S.; Singh, V. & A. Saini. (2013). *Fusarium stalk rot: a major threat to maize production in India*. Maize Journal 2. 1-5.
- Kulkarni, S. & K.H. Anahosur. (2011). *Integrated management of dry stalk rot disease of maize*. J. Pl .Dis. Sci. 6. 99-106.
- Leslie, J. & B. Summerell. (2006). *Fusarium laboratory manual*. Ames. USA. Wiley-Blackwell. 1-388.
- López-Mondéjar, R. (2011). *Detección y cuantificación de Trichoderma harzianum, y evaluación de su actividad biocontrol frente a la fusariosis vascular del melón mediante la aplicación de herramientas moleculares* (Tesis doctoral en Biología experimental y aplicada). Alicante: Universidad de Alicante. 1-162.
- Ludeña-Quiñones, F. (2013). *Diseño de un congelador de maíz entero con capacidad de 100 kg/hr* (Tesis para optar el título de ingeniero mecánico). Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. 1-111.
- Martínez B, Fernández L. & T. Solano. (1994). *Antagonismo de cepas de Trichoderma frente a hongos fitopatógenos de la caña de azúcar, tomate y tabaco*. Cultivos Tropicales. 15.1- 95.

- Murillo, I.; Cavallarin, L. & B. San Segundo. (1999). *Citology of infection of maize seedlings by Fusarium verticillioides and immunolocalization of the pathogenesis-related PRms protein*. Phytopathology. 89. 737-747.
- Oren, L.; Ezrati, S.; Cohen, D. & A. Sharon. (2003). *Early Events in the Fusarium verticillioides-Maize Interaction Characterized by Using a Green Fluorescent Protein-Expressing Transgenic Isolate*. Environ Microbiol.69. 1695-1701.
- Paliwal, R. (2003). *Usos del maíz*. In: *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Vol 1. Paliwal, R. (Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 51-64.
- Parry, D. W., Jenkison P. & L. McLeod. (1995). *Fusarium ear blight; Scab in small grain cereals-a review*. Pl. Path.44. 38-207.
- Plimmer, J. (2005). *Productos químicos para la agricultura*. OIEA BOLETÍN. 26. 13-16.
- Robutti L. J. (2006). *Calidad y usos del maíz*. In: *Bases para el manejo del cultivo de maíz*. Ed. Guillermo H. Eyherabide. (Argentina: Buenos Aires). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), 235 – 251.
- Romero A. O.; Huerta L. M.; Damián H. M. A.; Domínguez H. F. & D. A. Arellano V. (2009). *Características de Trichoderma harzianum, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles*. Revista Colombiana de Biotecnología. 11: 1-8.
- Saravanakumar, K.; Li, Y.; Yu, C.; Wang, Q.; Wang, M.; Sun, J.; Gao, J. & J. chen. (2017). *Effect of Trichoderma harzianum on maize rhizosphere microbiome and biocontrol of Fusarium Stalk rot*. Scientific reports. 7. 1-13.
- Singh, N., Rajendran A., Meena S. & G. Mittal. (2012). *Biochemical response and host-pathogen relation of stalk rot fungi in early stages of maize (Zea mays L.)* African Journal of Biotechnology. 11. 14837-14843.
- Sivan, A. & I. Chet. (1989). *The Possible Role of Competition between Trichoderma harzianum and Fusarium oxysporum on Rhizosphere Colonization*. Israel Phytopathology. 79. 198-203.
- Shekhar, M. & S. Kumar. (2010). *Potential biocontrol agents for the management of Macrophomina phaseolina, incitant of charcoal rot in maize*. Archives Phytopath. Pl. Prot. 43. 83-379.

- Shoresh M, Harman G. & F. Mastouri. (2010). *Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents*. Annual Review of Phytopathology. 48: 21-34.
- Stamets, P. & J. S. Chilton. (1983). *The mushroom Cultivador. A practical guide to growing mushroom at home*. Olimpia, Washington. Agarikon Press. 1-415.
- Tlapal-Bolaños B. (2013). *Efecto de Trichoderma y Bacillus en la dinámica poblacional de Fusarium spp. en agave tequilero (Agave tequilana Weber var. azul) en Jalisco*. Tesis Doctora en Ciencias. Instituto de Fitosanidad. Texcoco, México. 1- 81.
- Tovar-Castaño, J. (2008). *Evaluación de la capacidad antagonista “in vivo” de aislamientos de Trichoderma spp. Frente al hongo Fitopatogénico Rhizoctonia solani* (Tesis para optar el título de microbiólogo agrícola y veterinario). México: Pontificia Universidad Javeriana. 1-82.
- USDA (United States Department of Agriculture). (2017). World Agricultural Production. Circular Series WAP 5. <https://agriculturers.com/los-mayores-productores-de-maiz-encuentra-tu-pais/> . [Consultada: 14-11-2019].
- Verma, M; Brar, S.; Tyagi, RD; Surampalli, RD. & JR, Valéra. (2007). *Antagonistic fungi Trichoderma spp, panoply of biological control*. Biochemical Engineering Journal. 37: 1-20.
- White, D. G., Hoeftra G. & J. Touchton. (1978). *Effect of nitrogen and nitrapyrin on stalk rot, stalk diameter and yield of corn*. Phytopathology. 68: 14-811.