

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Biocontrol de la Pudrición de Mazorca Causada por *Fusarium* sp. en Cuatro Genotipos de Maíz con *Trichoderma* spp. bajo Condiciones de Campo en la Región de Tepalcingo, Morelos

Por:

JESÚS ALBERTO ARISPE VÁZQUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Enero de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Biocontrol de la Pudrición de Mazorca Causada por *Fusarium* sp. en Cuatro
Genotipos de Maíz con *Trichoderma* spp. bajo Condiciones de Campo en la
Región de Tepalcingo, Morelos

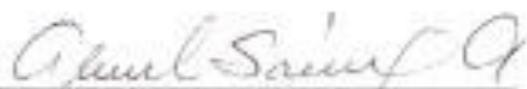
Por:

JESÚS ALBERTO ARISPE VÁZQUEZ

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada:



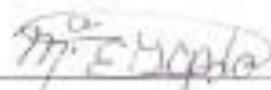
Dr. Abiel Sánchez Arizpe

Asesor principal



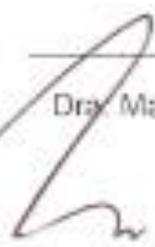
M.C. Epifanio Castro Del Ángel

Coasesor



Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Enero de 2014

AGRADECIMIENTOS

Son tantas las veces que he deseado este momento... El momento de verme escribiendo las últimas líneas de mi tesis, el momento de agradecer a todas y cada una de las personas que desinteresadamente han contribuido a la realización de este trabajo, ayudándome, apoyándome, aguantándome, haciéndome la vida más fácil... Son tantas las veces... Son tantas las personas... ¡!

A Dios por darme la oportunidad de superarme profesionalmente.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme brindado la oportunidad de formarme profesionalmente, sobre todo por haberme permitido adquirir valores personales y sobre todo profesionales, por darme alojamiento y por todos los momentos que en ella viví.

A mis asesores, que gracias a ellos se pudo realizar este trabajo, ya que cada uno demostró su disposición y les doy mis gratos agradecimientos:

Al Dr. Abiel Sánchez Arizpe, por ser muy comprensivo en cualquier momento. Así mismo por impartir sus conocimientos, por brindarme su amistad y su apoyo incondicional.

Al M.C. Epifanio Castro del Ángel, por su apoyo incondicional, ya que me brindó su apoyo, su tiempo y por compartirme sus conocimientos los cuales siempre me sacaron de apuros.

A la Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda, por su colaboración en el trabajo, por su amistad, apoyo y comprensión.

Al Sr. Antonio Arispe Acalco, por brindarme su apoyo y permitirme establecer mi experimento en su terreno, por ayudarme cuidando el cultivo durante todo el ciclo.

Al Sr. Daniel Arispe Acalco, por su amistad, sus consejos y por ayudarme en el cuidado del experimento durante todo el ciclo del cultivo.

A la T.A. Silvia Ovalle Nava Valdés por su amistad y sus consejos y por apoyarme en este trabajo permitiéndome trabajar en el laboratorio.

A todos ellos mis gracias

DEDICATORIA

A mis padres

Sr. Antonio Arispe Acalco

Sra. Victoria Vázquez Soriano

Primero por darme la oportunidad de la vida. Por sus consejos, esfuerzo, dedicación, amistad, cariño, amor y sobre todo apoyo incondicional que me permitió culminar este proyecto muy importante en mi vida profesional.

Este presente es de ustedes que con gran esfuerzo, cariño y amor pude llevar a buen término. Por ello me permito darles las gracias de todo corazón.

A mis abuelitos

Don Jesús Acalco García

Sra. Crispina Acalco Torres

Por su cariño y amor que siempre me brindaron y aun me brindan, por sus consejos y por estar conmigo siempre, aunque uno de ellos se me ha adelantado en el camino de la vida, pero nunca lo he de olvidar.

A mi esposa y a mi hijo

Sra. Ma. de los Ángeles Rodríguez Cortes

Mi hijo Ángel Manuel Arispe Rodríguez

Por apoyarme en los buenos y malos momentos que hemos pasado juntos como familia, por creer en mí sin dudar en algún momento, gracias por su paciencia, amor y por su confianza que depositaron en mí para poder salir adelante en este proyecto.

A mis hermanos

José Luis

Claudia

Azalia Minueth

Por haber permitido ser el ejemplo a seguir. Gracias por su paciencia, cariño, y confianza que depositaron en mí para poder salir adelante en este proyecto de mi vida.

A mis tíos

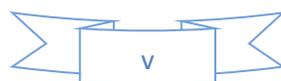
Adrián

Daniel

Jacobo

Por haber permitido seguir adelante con sus apoyos incondicionales, por sus consejos, cariño, y sobre todo por su confianza depositada en mí, para llegar a ser un hombre de bien.

A todos ellos mis gracias



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo el biocontrol de la pudrición de la mazorca por *Fusarium* sp. con tres especies de *Trichoderma* con diferentes formas de tratamiento, el experimento se estableció en el ejido del Marranero, en el municipio de Tepalcingo, Morelos, bajo condiciones de riego y temporal e infección natural del patógeno que causa la pudrición, destacando *Fusarium* sp. se sembraron cuatro diferentes genotipos de maíz inoculados por la técnica de inmersión con una solución líquida con una concentración de 1×10^7 esporas/mililitro durante 12 horas y sin inocular *Trichoderma* spp. en un diseño de bloques al azar con un arreglo factorial de AxBxC con cuatro repeticiones por tratamiento, al momento de la floración se realizaron tres aplicaciones foliares cada tercer día con una solución líquida con una concentración de 1×10^7 esporas/mililitro, para afirmar la efectividad de *Trichoderma* spp. se evaluaron 20 mazorcas al azar por cada repetición cuyo propósito fue determinar la incidencia y la severidad de acuerdo a la escala de (Reid *et al.*, 1996).

Se determinó la incidencia más baja con el tratamiento a semilla más el tratamiento foliar con la cepa *T. harzianum* cepa con una media del 36.97%, el valor más alto para incidencia se presentó en el tratamiento a semilla con la cepa *T. asperellum* con 45.93%, valor arriba de la media del testigo 44.68%. la severidad demuestran niveles relativamente muy bajos en los tres tratamientos, el tratamiento foliar presentó la severidad más baja con 3.97% en comparación del testigo con 4.86%. La cepa que controló eficientemente la incidencia de la pudrición fue *T. harzianum*, con 36.97% seguida de *T. asperellum* 39.04% y *T. longibrachiatum* con 40.93%. la cepa *T. asperellum* mantuvo el porcentaje más bajo con relación a la severidad con 3.93%, seguido de *T. harzianum* 4.06% y *T. longibrachiatum* con 4.32%. las tres cepas de *Trichoderma* redujeron la incidencia y severidad de la pudrición con las tres técnicas utilizadas, pero no en todos los tratamientos establecidos. Las tres cepas presentaron un porcentaje de eficiencia bajo en este experimento, la mayor eficiencia sobre el control para la severidad de la pudrición de mazorca se obtuvo con el tratamiento foliar con 24.83%, seguido por el tratamiento combinado

(tratamiento a semilla más el tratamiento foliar) con 18.47% y el tratamiento a semilla con 18.19% de eficiencia. Existe una relación entre las cepas de *Trichoderma* y el rendimiento de producción de grano de maíz. La cepa *T. harzianum* sobresale en más 50% del total de los tratamientos con un rendimiento de 49.67 Kg y una estimación de 7.64 Ton/Ha. Esto se logró con la aplicación a semilla más la aplicación foliar.

Las condiciones climáticas que se presentaron, provocaron que algunas cepas de *Trichoderma* se comportaran como hongo contaminante.

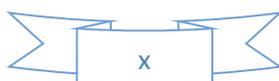
Palabras clave: Biocontrol, *Fusarium*, incidencia, pudrición, severidad, tratamientos, *Trichoderma* spp.

INDICE DE CONTENIDO

Contenido	Página
AGRADECIMIENTOS _____	iii
DEDICATORIA_____	iv
RESUMEN _____	vi
ÍNDICE DE CUADROS _____	xi
ÍNDICE DE FIGURAS _____	xii
INTRODUCCION _____	1
Objetivos _____	3
Hipótesis_____	3
REVISIÓN DE LITERATURA _____	4
Importancia del Maíz _____	4
Importancia de Género <i>Fusarium</i> _____	7
Descripción del género <i>Fusarium</i> _____	8
Problemas Fitosanitarios del Maíz _____	9
Pudrición de la mazorca_____	9
Importancia económica de <i>F. verticillioides</i> _____	10
Clasificación taxonómica del patógeno (Alexopoulos <i>et al.</i> , 1996)_____	11
Microbiología de <i>Fusarium verticillioides</i> _____	12
Pudrición rosada del maíz _____	12
Síntomas _____	13
Distribución del hongo _____	15
Fuentes de inóculo de <i>F. verticillioides</i> _____	17
Diseminación del hongo_____	17
Ciclo de la enfermedad _____	18

Toxinas producidas por <i>Fusarium</i> _____	19
Factores que favorecen el desarrollo de <i>F. verticillioides</i> _____	21
Control Biológico _____	23
Control biológico para enfermedades de las plantas _____	23
Importancia del Género <i>Trichoderma</i> _____	24
<i>Trichoderma</i> spp. en el control de fitopatógenos _____	25
Taxonomía de <i>Trichoderma</i> _____	25
Características morfológicas de <i>Trichoderma</i> spp. _____	27
Mecanismos de acción de <i>Trichoderma</i> _____	27
MATERIALES Y MÉTODOS _____	33
Localización del experimento _____	33
Materiales genéticos _____	33
Cepas de <i>Trichoderma</i> spp _____	34
Medio de cultivo utilizado en el experimento _____	34
Producción de las Cepas de <i>Trichoderma</i> spp. para la Aplicación a Semillas	35
Purificación _____	35
Producción de las cepas _____	35
Preparación de los tratamientos a semilla _____	35
Tratamientos _____	36
Establecimiento del Cultivo _____	38
Siembra “punta de riego” o “de medio riego” _____	38
Producción de las cepas de <i>Trichoderma</i> spp para la aplicación foliar _____	39
Procedimiento de la producción _____	39
Método de la aplicación foliar de <i>Trichoderma</i> _____	39
Cosecha _____	40
Desgrane y toma de datos (Kg de grano/Tratamiento) _____	42

Evaluación <i>in vitro</i> del Efecto Antagónico de <i>Trichoderma</i> spp. sobre el Patógeno <i>F. verticillioides</i> en Cultivo Dual. _____	42
Análisis estadístico _____	43
Evaluación de la Incidencia de Pudrición de la Mazorca en Campo _____	44
Análisis estadístico _____	45
Evaluación de la Severidad de Pudrición de la Mazorca en Campo _____	45
Análisis estadístico _____	46
Evaluación para Conocer la Relación entre <i>Trichoderma</i> spp. y el Rendimiento de Producción de Grano de Maíz. _____	46
RESULTADOS Y DISCUSION _____	47
CONCLUSIONES _____	58
BIBLIOGRAFÍA _____	59
Apéndice _____	67



ÍNDICE DE CUADROS

No. de cuadro	Descripción	Pagina
Cuadro No. 1.	Actividades Realizadas en Campo _____	41
Cuadro No. 2.	(Escala de Bell <i>et al.</i> , 1982). _____	44
Cuadro No. 3.	Escala para evaluar severidad de la pudrición de mazorca con valores de 0 hasta valores > 75% de daño. _____	46
Cuadro No. 4.	Relación entre los resultados de medias de los factores A, B y C (genotipos, tratamientos y cepas de <i>Trichoderma</i>), para la incidencia de la pudrición de las mazorcas. _____	49
Cuadro No. 5.	Medias ponderadas de severidad para pudrición _____	53
Cuadro No. 6.	Tabla de resultado con la eficiencia técnica de <i>Trichoderma</i> spp. respecto a la severidad de la mazorca mediante los tres tratamientos en los cuatro genotipos de maíz. _____	54

ÍNDICE DE FIGURAS

No. de Figura	Descripción	Pagina
Figura No. 1.	Principales países productores de maíz a nivel mundial en el 2009. (SIAP, SAGARPA, 2011)	5
Figura No. 2.	Estadística sobre volumen y valor en pesos (\$) de maíz de grano 2003-2010.	6
Figura. No. 3.	Síntomas de pudrición de mazorca Tepalcingo, Morelos. Departamento de Parasitología, (UAAAN, 2014).	10
Figura No. 4.	Pudrición rosada del maíz. Tepalcingo, Morelos. Departamento de Parasitología, (UAAAN, 2014).	13
Figura No. 5.	Países donde <i>F. verticillioides</i> se ha documentado. (CIMMYT, 2013). Departamento de Parasitología, (UAAAN, 2014).	15
Figura No. 6.	Micoparasitismo de <i>Pythium</i> por parte de la cepa de <i>Trichoderma</i> sobre la superficie de una semilla de arveja. La cepa de <i>Trichoderma</i> fue coloreada con un tinte anaranjado fluorescente, mientras que <i>Pythium</i> fue coloreada con un tinte verde.	31
Figura No. 7.	<i>Trichoderma</i> sp. como contaminante en mazorca de maíz. Tepalcingo, Morelos. Departamento de Parasitología, (UAAAN, 2014).	55
Figura No. 8.	Resultado con el rendimiento en Kg/Tratamiento de grano de maíz. Departamentoto de Parasitologia, (UAAAN, 2014).	56

INTRODUCCION

El maíz se ha convertido, no solo en México sino en buena parte del mundo, en sustento permanente de múltiples grupos de campesinos, es el alimento barato de millones de trabajadores asalariados urbanos y en materia prima estratégica de la ganadería mundial y a la industria de alimentos.

En el Estado de Morelos el maíz se cultiva en dos zonas bien definidas, la parte alta o fría y la parte baja o caliente; ambas zonas tienen una buena precipitación pluvial, pues cuenta con un temporal típico de regiones subtropicales-semitempladas, con algunas lluvias en mayo, lluvias intensas en junio y julio, con días muy calurosos en agosto y lluvias regulares en septiembre y octubre.

Existen factores que limitan la producción del maíz y de su calidad de cosecha, los cuales constituyen las plagas y enfermedades como son hongos, bacterias, fitoplasmas, virus, nematodos, insectos, plantas parasitas entre otros, las cuales pueden atacar a la planta desde el inicio de su crecimiento hasta la cosecha, postcosecha y almacén.

Numerosas enfermedades de las plantas aparecen por la infección que llevan las semillas, las pérdidas acontecen en el periodo de preemergencia y por la muerte de las plántulas, sin embargo más tarde la dispersión de la enfermedad puede causar la pérdida total o parcial de la cosecha. *Fusarium* spp. son patógenos que afectan al rendimiento y la calidad del cultivo y el contenido de fumonisinas es nocivo para la salud humana.

El control de los patógenos que causan las enfermedades de las plantas hasta la fecha se realizan con productos químicos, los cuales se aplican al follaje, a las semillas y al suelo; en la mayoría de los casos, los fungicidas son efectivos, sin embargo su uso trae como consecuencia efectos nocivos sobre el ambiente debido a su residualidad lo que ocasiona que se acumule en cuerpos de agua, suelo, plantas y animales; además de que genera resistencia por

parte de los fitopatógenos, sin olvidar el daño que ocasiona en la salud de los seres humanos. Con lo anterior mencionado provoca que se tenga que buscar alternativas al uso de los plaguicidas, por lo cual se hace una observación a los microorganismos, que pueden ser usados como agentes de control biológico.

El control biológico ideal considera que el antagonista se introduce solamente cuando hay necesidad de una mayor efectividad; la población antagonista no necesita ser más grande que aquellas que suprimen adecuadamente el inóculo primario del patógeno o al progreso de la enfermedad, lo que indica que las poblaciones nativas de microorganismo, también participan de manera importante en la fluctuación de la población de un fitopatógeno. Por lo tanto para utilizarse agentes de control biológico y tener una mayor efectividad en el control, es necesario entender los sistemas del cultivo, la epidemiología de la enfermedad, la biología, la ecología y la dinámica poblacional de los antagonistas y la interacción entre todas ellas.

Se conoce que la habilidad del hongo *Trichoderma* spp. para reducir los daños en enfermedades causadas por hongos fitopatógenos, está relacionada a su fuerte capacidad competitiva, al efecto de antibiosis, por la producción de enzimas líticas, metabolitos secundarios y al micoparasitismo. Muchas especies de este género son agentes de control biológico con potencial contra un sin número de enfermedades. De esta manera logra combatirse el patógeno y se evita el empleo indiscriminado de agroquímicos que afectan el medioambiente.

Objetivos

Objetivo general

Evaluación del control biológico de *Fusarium* sp. con *Trichoderma asperellum*, *T. longibrachiatum* y *T. harzianum*.

Objetivos específicos

- Determinar la efectividad biológica de las tres especies de *Trichoderma*.
- Evaluación de la incidencia y severidad para confirmar el efecto de biocontrol de *Trichoderma* spp.

Hipótesis

Al menos un tratamiento con una de las tres cepas de *Trichoderma* tendrá efecto de control sobre la pudrición de la mazorca y podrá incrementar el rendimiento en producción de grano.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del Maíz

México es centro de origen y diversidad de maíz, un cultivo de importancia global. Dentro de México, el maíz es un alimento básico que provee carbohidratos, conformando un elemento central de las dietas de consumidores urbanos y rurales. Adicionalmente, este cultivo tiene un gran valor cultural, representando el origen de la vida en muchas de las cosmologías de los grupos indígenas de México y otros países de América Central. El maíz también tiene una importancia más allá de México ya que este es un alimento básico que es cultivado por agricultores pobres en África y Asia, y este también es un producto comercializado en los mercados mundiales, formando la base de las cadenas agro-industriales, produciendo productos de fécula y proteína (FAO, 2013).

En el contexto de intereses recientes por los biocombustibles, se ha discutido que el maíz también puede ser un contribuyente potencial en la oferta de energía global. La diversidad de maíz en México ha afianzado los programas de mejoramiento, creando variedades de maíz de alto valor o adaptadas localmente que se cultivan mundialmente. Por lo tanto, entender como la diversidad de maíz es mantenida y circulada en México es de gran importancia para la agricultura a nivel mundial (FAO, 2013).

Producción mundial

SIAP, SAGARPA (2011) mencionaron que en el año 2009 la producción mundial de maíz fue de 818 millones 823 mil 434 toneladas, de los principales países productores de maíz México ocupaba el cuarto lugar, siendo los primeros tres; Estados Unidos, China y el tercero Brasil. Figura 1. SIAP, SAGARPA (2012) mencionaron que el 85 % de los países cultivan maíz, y al

parecer México en el año 2012 paso a ocupar el sexto lugar en producción a nivel mundial, siendo los 10 países principales; Argentina, Brasil, Canadá, China, Estados Unidos, la India, México, Sudáfrica, Ucrania y Francia. .



Figura No. 1. Principales países productores de maíz a nivel mundial en el 2009. (SIAP, SAGARPA, 2011)

Producción nacional

SIAP, SAGARPA (2011) informó, México es superavitario en la producción de maíz para consumo humano. El volumen de importación corresponde casi de forma exclusiva al maíz amarillo, variedad que se usa para alimentar ganado y producir sustancias derivadas, desde jarabes hasta combustibles. Nadal y Wise (2002) mencionaron que la producción de maíz en México representaba más de dos tercios del valor neto de la producción agrícola.



Figura No. 2. Estadística sobre volumen y valor en pesos (\$) de maíz de grano 2003-2010. (SIAP, SAGARPA, 2011).

Son cinco entidades federativas que generan 6 de cada 10 kilogramos de maíz que se consume en México; en primer lugar el estado de Sinaloa con 22.4%, Jalisco con 14.6 \$, México con 6.7%, Michoacán con 6.6%, Guerrero 6.1% y el resto de los estados de la República Mexicana aportan el 43.7% (SIAP, SAGARPA, 2011).

En el año 2010, Sinaloa fu el principal estado productor de maíz a nivel nacional produjo 5 millones 227 mil 872 toneladas de maíz, con un valor aproximadamente de 12 mil millones de pesos (SIAP, SAGARPA, 2012).

Producción estatal

Las estadísticas del 2012 del SIAP sobre siembras y cosechas en el año agrícola en zona de riego + temporal del estado de Morelos, se obtuvieron los siguientes resultados; con relación a las superficies (Hectáreas) sembradas fueron de 7,983 Ha con un rendimiento de 1.932 Ton/Ha aproximadamente (SIAP, 2013).

Trujillo (2009) mencionó que en los años 2004 al 2009, el cultivo de maíz se ha sembrado en el ciclo agrícola primavera-verano, bajo condiciones de temporal, en una superficie de 24 mil 889 hectáreas, de un total de 78 009 hectáreas sembradas con cultivos anuales; es decir, que de esta superficie la tercera parte está sembrada con maíz para la producción de grano. También se sabe que de cada diez productores agrícolas, poco más de tres se dedican a cultivar maíz; esto es alrededor de 16 mil agricultores. En los últimos cinco años el rendimiento promedio a nivel estatal en maíz de temporal es de 2 mil 990 kilogramos de grano por hectárea; este rendimiento comercial es relativamente bajo debido principalmente al deficiente manejo del cultivo. En el mismo autor en el mismo año informo que del 2004 al 2009 el rendimiento promedio a nivel estatal en maíz de riego fue de 3 mil 420 kilogramos de grano por hectárea. El rendimiento comercial de maíz que se obtiene bajo condiciones de riego es generalmente superior al que se alcanza en temporal; sin embargo, es relativamente bajo debido principalmente al deficiente manejo del cultivo.

Importancia de Género *Fusarium*

Las semillas son importantes fuentes de inóculo de innumerables patógenos, entre ellos varias especies de *Fusarium*. Para el cultivo de maíz las especies de *Fusarium* más importantes en semillas son *F. verticilloides*, *F. proliferatum*, *F. subglutinans* (los tres denominados previamente como *F. moniliforme*). *F.graminearum*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*, *F. solani*, y *F. equiseti*. De todos ellos *F. verticilloides* y *F.graminearum* son los más frecuentes. La incidencia de *F. verticilloides*, es alta (mayor al 20% hasta el 100%), en cambio la incidencia de *F. graminearum* es baja (Carmona y Scandiani, 2011).

Descripción del género *Fusarium*

El género *Fusarium* fue descrito por primera vez por Link en 1915, mencionó las siguientes características; conidióforos alargados en forma de botella, con ramas a intervalos regulares o verticiladas, septadas, individuales o agrupados en esporodoquios, conidios de dos tipos; microconidios elípticos o periformes, unicelulares o bicelulares no curvados, en cabezuelas o en cadena; los macroconidios falcados, en forma de media luna o elípticos, dos a nueve septos ápice puntiagudo. Las clamidosporas, sí se producen: globosas, ovales o piriformes, individuales o en grupos, intercalares o terminales, unicelulares o bicelulares, lisos o rugosos y generalmente de color café (Romero, 1988).

Monzón y Rodríguez (2013) reportaron que las microconidias son ovoides o en forma de maza con base truncada. Su tamaño es de 7-10 x 2,5-3,2 μm y pueden tener uno o dos tabiques. En algunos medios forma cadenas que pueden observarse en la placa de cultivo con objetivos de bajo aumento. La presencia de abundantes microconidias condiciona el aspecto polvoriento de la colonia. Los conidióforos nacen lateralmente de la hifa y son escasamente ramificados. Las células conidiógenas son monofálides, habitualmente delgadas y largas, pero menos que la de *F. solani* (20-30 x 2,3 μm). Las macroconidias no se forman en todas las cepas. Cuando existen son ligeramente fusiformes, casi rectas, con superficies dorsal y ventral casi paralelas, de pared fina y delicada. Las células basal y apical son alargadas y ligeramente curvadas. Pueden tener entre tres y siete tabiques y su tamaño es de 31-58 x 2,7-3-6 μm . No forma clamidosporas. Puede presentar esclerocio azul oscura lo que produce un cultivo de tono azulado. La esporodoquia se forma raramente. Es capaz de producir toxinas, la mayoría alrededor de los 18°C.

F. verticillioides tiene microconidias unidas en cadenas en forma de cabezuelas falsas, unicelulares o bicelulares, en forma de huevos de una coloración que va desde el amarillo hasta el rosado. Macroconidias que tienen forma de punta en los dos extremos con el ápice algunas veces en forma de gancho, con células en la parte de abajo que puede ser verdadera o falsa y

estos pueden estar agrupados o desorganizados, cuando están agrupados se denotan brillantes, de color salmón al perder completamente humedad (Alexopoulos y Mims, 1979).

CIMMYT (2013) informó que, la etapa perfecta de *F. verticillioides* rara vez se ve. En contraste de *G. zae* durante la etapa imperfecta (asexual), tanto macroconidios y microconidias se producen. Macroconidios son hialinos, ligeramente curvados, y ahusada en ambos extremos. Son 3 a 5 septos y pueden medir 2-5 x 15-60 μm . Microconidios se producen en prolíficamente y corren a cargo de las cadenas, son unicelulares y miden 2-3 x 5-12 μm .

Problemas Fitosanitarios del Maíz

Pudrición de la mazorca

Apodaca y Quintero (2013) mencionaron que los agentes asociados a la pudrición de mazorca más importantes en el mundo son *Fusarium verticillioides* (*Fusarium moniliforme*), *Fusarium graminearum*, *F. proliferatum* y *F. subglutinans*. En México, *F. verticillioides* es el más frecuente en las mazorcas, es el más adaptado a ambientes que van desde el templado al tropical. En el norte de Sinaloa se ha detectado a *F. oxysporum* como la especie más frecuentemente asociada a la pudrición de tallos, este hongo también puede atacar mazorcas. La especie que aparentemente predomina en mazorcas y granos almacenados es *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (Syn: *F. moniliforme*).



Figura. No. 3 Síntomas de pudrición de mazorca. Tepalcingo, Morelos.
Departamento de Parasitología, (UAAAN, 2014).

Importancia económica de *F. verticillioides*

Gleen *et al.* (2002) mencionaron, *Fusarium verticillioides* es un hongo que impacta económicamente debido a sus efectos, daños sobre la planta y salud de los animales y sobre la calidad de sus productos. Maíz (*Zea mays*) es el huésped primario para *F. verticillioides*.

CIMMYT (2013) informó sobre los datos de pérdida de rendimiento y mencionó que es difícil determinar las pérdidas por las pudriciones de tallo y mazorca. Sin embargo, grandes pérdidas son posibles bajo la infesta de niveles graves de esta enfermedad.

Ferreira (2010) mencionó que *Fusarium verticillioides* es un patógeno que afecta al rendimiento y la calidad del cultivo y el contenido de fumonisinas en granos, un hongo nocivo para la salud humana.

F. verticilloides es un patógeno cosmopolita que se encuentra en la mayoría de los suelos donde ha crecido el maíz. Es capaz de infectar las plantas de maíz sin provocar síntomas evidentes, e infectar también el grano (Marasas *et al.*, 1984) citado por (Velluti, 2002). La pudrición de la mazorca, causada por hongos, principalmente del género *Fusarium*, es una de las enfermedades más dañinas del maíz en el mundo, pues en países desarrollados llega a reducir el rendimiento en más del 40%. En México, *F. verticillioides* es el más frecuente en las mazorcas, es el más adaptado a ambientes que van desde el templado al tropical.

En el altiplano de México, en donde se siembran más de 3, 500,000 hectáreas de maíz, puede haber pérdidas superiores en 30% y en el sureste de México, este mal es un factor limitante en la producción (Apodaca y Quintero, 2013).

Clasificación taxonómica del patógeno (Alexopoulos *et al.*, 1996)

Reino: Fungí

División: Ascomycota

Clase: Ascomycetes

Orden: Hypocreales

Género: *Fusarium*

Especie: *verticillioides*

Microbiología de *Fusarium verticillioides*

Cantu (1998) mencionó que *F. verticillioides* (estado perfecto: *Giberella fujikuroi*) es un patógeno no obligado, que no tiene un hospedero específico y se puede encontrar en sorgo, trigo, algodón, frijol, tomate, cacahuete, plátano, soya, pimiento verde o algunos forrajes. Sin embargo, su hospedero más importante es el maíz. El ciclo de vida de este hongo está compuesto de un estado saprofítico y otro parasítico. Durante el estado saprofítico *F. verticillioides* obtiene los nutrientes de los tejidos muertos produciendo estructuras infectivas para establecer una enfermedad. Por otro lado, durante el estado parasítico, el hongo obtiene sus nutrientes de las células del hospedero después de una colonización intracelular. Usualmente muchos patógenos no obligados destruyen las células de su hospedero, avanza la infección y obtiene sus nutrientes del tejido muerto. Las enfermedades sintomáticas y la muerte de las plantas de maíz no son muy comunes, pero el estado parasítico es responsable de la pérdida económica del maíz.

Existen diversas enfermedades atribuidas a este hongo que causan daño al maíz, son el marchitamiento de la planta de maíz, así como pudriciones en el tallo, mazorca, raíz y en la semilla. En los tejidos enfermos se encuentran altas concentraciones de fumonisinas (FBs) y en la fase asintomática con frecuencia contiene bajas concentraciones; esto es importante para la salud del ser humano, ya que el maíz asintomático es utilizado para su alimentación (Cantu, 1998).

Pudrición rosada del maíz

Alezones y Gonzales (2009) reportaron la pérdida del valor cultural de semillas de maíz así como la muerte y pudrición de plántulas o “damping off”, causadas por hongos del suelo y llevados en la semilla y transmitidos, representan uno de los problemas fitosanitarios más importantes para este cultivo a nivel mundial. *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (Syn: *F. moniliforme*) es uno de los hongos que se encuentra con frecuencia infectando

semillas de maíz. La presencia de este hongo en condiciones ambientales favorables para su desarrollo afecta significativamente el establecimiento de plántulas y el rendimiento final del cultivo debido a la baja población de plantas al momento de la cosecha y a la disminución del vigor.

Los granos de maíz son altamente vulnerables a la degradación por micotoxinas; se presentan principalmente en condiciones climáticas secas y calurosas, por daño de los insectos a la mazorca y debido a los bajos niveles de resistencia (Agrios 2005).



Figura No. 4. Síntomas de la pudrición rosada del maíz. Tepalcingo, Morelos. Departamento de Parasitología, (UAAAN, 2014).

Síntomas

Los síntomas varían dependiendo del genotipo de maíz, especie del parásito, ambiente y del estado de desarrollo de la enfermedad. El daño por *F. verticillioides* se manifiesta en granos individuales o bien, en pequeños grupos de granos podridos, en cualquier parte de la mazorca. Los granos maduros pueden desarrollar rayas blancas radiales en el pericarpio. Cuando la humedad es alta sobre los granos se aprecia una vellosidad algodonosa, de color blanquizco, rosado o rojizo. Las hojas de las mazorcas comúnmente no quedan pegadas a los granos afectados. En algunas zonas del altiplano de México, cuando las temporadas de cultivo son muy húmedas, *F. verticillioides* puede causar también la enfermedad

“germinación prematura” del maíz, ésta se caracteriza porque los granos germinan y desarrollan pequeñas plántulas de maíz cuando la mazorca aún está inmadura y adherida a la planta (Apodaca y Quintero, 2013).

Martínez *et al.* (2010) reportaron los síntomas que generalmente aparecen en varias regiones de la espiga o en granos aislados, formando un micelio de masa algodonosa con una coloración que puede variar del blanco al rosado intenso. *F. verticillioides*, además de afectar directamente el rendimiento en grano.

Las enfermedades foliares causadas por hongos se presentan con mayor frecuencia en las etapas finales del cultivo y solamente son importantes cuando su aparición ocurre antes de floración o muy cercana a ella. En infecciones por *F. verticillioides* en estados iniciales las mazorcas presentan granos con una coloración blanca a rosada sobre la superficie, posteriormente el hongo se desarrolla y forma un micelio de color blanco o rosado, que puede ser fácilmente observado sobre o entre los granos. En estados avanzados se presenta germinación de granos (Varon y Sarria 2007).

CIMMYT (2004) reportó, que *Fusarium verticillioides* es probablemente el patógeno más común de la mazorca de maíz en todo el mundo. A diferencia de *G. zeae*, el daño que causa *F. verticillioides* se manifiesta principalmente en granos individuales o en ciertas áreas de la mazorca. Los granos infectados desarrollan un moho algodonoso o rayas blancas en el pericarpio y germinan estando aún en el olote. Por lo general, las mazorcas invadidas por barrenadores del tallo son infectadas por *F. verticillioides*. El hongo produce micotoxinas conocidas como fumonisinas, que son tóxicas para algunas especies animales.

Peiretti *et al.* (2007) reportaron el principal agente patógeno causante de la podredumbre de la mazorca de maíz es *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg, se inicia con la formación de micelios blancos, que van descendiendo desde la punta de la mazorca y dan una coloración rojiza a rosada a los granos infectados. Seguidamente se producen micotoxinas,

particularmente las fumonisinas que tienen efectos tóxicos cuando son consumidos por humanos y animales.

Mendoza *et al.* (2006) mencionaron que en México se presentan pérdidas por la pudrición de tallo y grano causado por *Fusarium*, este hongo aparece primero como una coloración salmón pálido en el pedicelo o casquete de la punta de los granos. Eventualmente, los granos infectados muestran un crecimiento de moho polvoso de color rosáceo, compuesto por grandes números de esporas o conidios.

Distribución del hongo

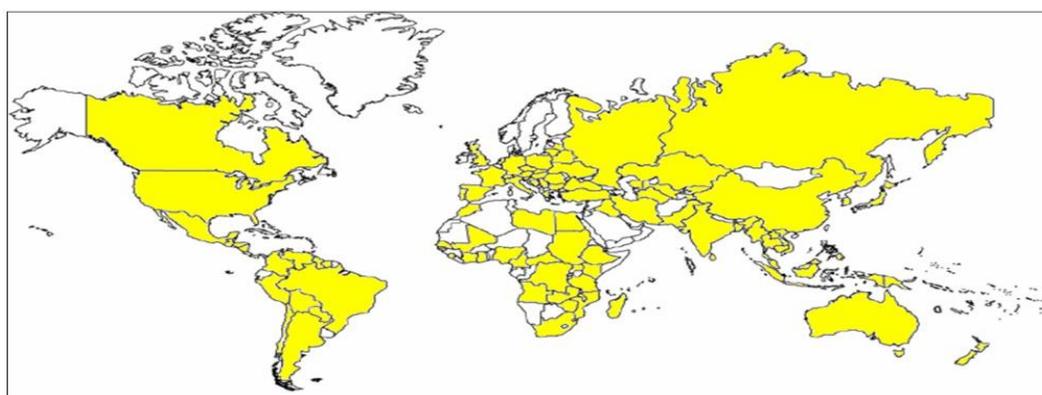


Figura No. 5. Países donde *F. verticillioides* se ha documentado. (CIMMYT, 2013) Depto. Parasitología, (UAAAN, 2014).

Fusarium moniliforme es un patógeno que se trasmite a través de semilla contaminada, que es encontrado en gran parte del mundo (Munkvold y Carlton 1997).

Williams y Munkvold (2008) reportaron que *F. verticillioides* es más común en las regiones calientes y secas, durante el crecimiento y desarrollo de la planta de maíz, especialmente antes o durante la polinización.

Monzón y Rodríguez (2013) reportaron que *Fusarium* es un género de hongos de distribución universal, ubicuos y con gran importancia económica ya que son habituales fitopatógenos.

García y Martínez (2010) comentaron que existen registros de que esta especie ha sido aislada de mazorcas de maíz de los estados de Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Puebla y de Nuevo León, así como de *F. graminearum*, que fue aislada de mazorcas de maíz procedentes del Estado de México, Michoacán y Yucatán.

Clements *et al.* (2003) mencionaron que *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (sinónimo = *F. moniliforme* J. Sheld.) y *F. proliferatum* (Matsushima) Nirenberg dos especies que se encuentran en todo el mundo en las zonas templadas, regiones donde se produce maíz.

Bush *et al.* (2004) reportaron a *Fusarium verticillioides* y su putrefacción y contaminación por fumonisinas son problemas graves para los productores de maíz, sobre todo en el sureste de Estados Unidos.

Summerell *et al.* (2003) comentaron que el hongo puede ser transportado por el suelo, aire, o llevada en residuos vegetales, y pueden ser recuperados de cualquier parte de una planta de la raíz más profunda a la más alta flor.

En términos generales, hay especies que prefieren climas tropicales, climas cálidos y áridos o climas templados, y un cuarto grupo que tiene un rango cosmopolita. Una preocupación con muchos de la especie en el cuarto grupo es que pueden ser grupos de especies hermanas, que son morfológicamente indistinguibles, pero genéticamente distintas, que aún tiene que ser resuelto adecuadamente. Por ejemplo, el maíz pudrición del tallo de las plantas en relativamente cálido, zonas secas, como Kansas es más probable causada por *F. verticillioides*, mientras que la misma enfermedad en las zonas húmedas frías tales como Minnesota o las tierras altas de México es más probable que sea causada por *F. subglutinans*. (Summerell *et al.*, 2003).

Fuentes de inóculo de *F. verticillioides*

Moreno (1978) reportó sobre la importancia de las semillas infectadas y mencionó que son definitivamente una importante fuente de introducción del patógeno dentro de la cosecha. Algunos hongos patógenos son llevados superficialmente en las semillas, mientras que otros se les encuentran profundamente, los hongos pueden penetrar la membrana de las semillas y depositarse en los tejidos del cotiledón, rara vez se les encuentra en el embrión. Existen hongos que pueden persistir de cuatro a seis años dentro de las semillas.

Diseminación del hongo

Existen varias formas las cuales pueden favorecer a la diseminación del hongo *F. verticillioides* entre los cuales podemos mencionar al hombre, animales, agua, viento e insectos que juegan un papel importante en el incremento de infecciones en las plantas.

CIMMYT (2013) informó que hay insectos tales como el barrenador Europeo del maíz, son transporte para las esporas de *F. verticillioides* entre plantas o causar daño a las plantas, todo esto mencionado permiten a los hongos que infecten la planta, también se ha reportado como un vector.

Munkvold y Carlton (1997) informaron, tradicionalmente se ha asumido que el viento puede transportar esporas y estas son capaces de llegar a su huésped y entrar por heridas causadas por insectos. La fuente de estas esporas es presumiblemente residuos de maíz, pero hay informes contradictorios sobre la supervivencia de *F. verticillioides* en los residuos de maíz en el campo. El hongo, es muy común en las semillas de maíz, y en algunos casos, las semillas muy infectadas no muestran efectos perjudiciales.

Cardwell *et al.* (2000) reportaron que muchos hongos entran en la mazorca a través de los vellos del jilote, a menudo las esporas son transportadas por insectos como lepidópteros y coleópteros. Lepidópteros barrenadores son considerados entre las más importantes plagas de insectos del maíz en África. Tres especies de barrenadores del tallo, *Sesamia calamistis* Hampson (Noctuidae) , *Busseola fusca* Fuller (Noctuidae) , y *Eldana saccharina* Walker (Pyralidae) se sabe que provocar la pérdida de rendimiento significativa en África Occidental. Estas especies de barrenadores se alimentan de los tallos de las plantas, así como granos de maíz causando entradas para *F. verticillioides*.

Moreno (1978) reportó que los hongos no solo son dispersados por los mecanismos naturales sino que además son llevados a grandes distancias por el hombre a cualquier otro cultivo.

Ciclo de la enfermedad

Apodaca y Quintero (2013) reportaron que estos hongos pueden sobrevivir en estado latente, o alimentándose de los restos vegetales que quedan en el suelo, después de la cosecha. En la siguiente temporada de cultivo, en los rastrojos, el hongo forma nuevas esporas, que al diseminarse por el viento infectan directamente los elotes, espigas, hojas y tallos. El hongo presente en los rastrojos, o sobre la superficie de la semilla, penetra a través de los tejidos tiernos de la radícula, invade las raíces, alcanza el cuello y la pudrición puede ascender varios entrenudos de la base del tallo. El hongo alcanza el sistema vascular y forma pequeñas esporas que ascienden vía agua del xilema, así provocan nuevas infecciones en la parte superior de la planta. El hongo puede ser sistémico, gracias al sistema vascular y de esta forma llega a alcanzar las mazorcas e infectar la semilla. Esporas transportadas por el aire o insectos también pueden infectar directamente los tallos, hojas y particularmente los elotes. Las esporas de *F. verticillioides* acarreadas por el aire, lluvia o insectos caen a los estigmas (“pelos”) de los elotes. El hongo penetra, extendiéndose por el estigma hasta alcanzar los granos en desarrollo. El hongo invade los granos y puede proliferar sobre su superficie. Las esporas

producidas sobre los elotes se pueden diseminar a plantas sanas por el viento, lluvia o insectos. La infección directa a los elotes es la más importante en cuanto a la incidencia de mazorcas podridas. Es frecuente que las plantas o las mazorcas infectadas lleguen a cosecha sin desarrollar los síntomas o, bien, estos resultan tan leves que su presencia puede ser ignorada. Plantas de aspecto sano pueden producir semilla infectada pero sin síntomas. La siembra de semillas infectadas puede originar plantas con infecciones sistémicas. Aunque *F. verticillioides* es común en semilla de maíz, su efecto en la germinación y sanidad de las plántulas es muy variable. Algunos lotes de semilla con alta incidencia de *F. verticillioides* pueden no afectar sensiblemente la germinación o el desarrollo de las plántulas, mientras que en otros casos puede haber serios daños por secadera o tizón de plántulas, sin embargo, la infección por *F. verticillioides* en las semillas (o en la planta en desarrollo) no significa necesariamente que la planta adulta disminuirá el rendimiento y la calidad del grano, pero al coincidir una siembra de materiales muy susceptibles, clima favorable y algunos factores predispuestos el daño a las mazorcas puede ser dramático.

Toxinas producidas por *Fusarium*

Fusarium verticillioides Sacc. (Syn. *F. moniliforme* Sheldon) es un patógeno de maíz (*Zea mays* L.) que afecta los granos ocasionando pérdidas de rendimiento y contaminación con micotoxinas. Las principales toxinas producidas por *F. verticillioides* son las fumonisinas (FB1, FB2 y FB3) que causan leucoencefalomalacia en equinos, edema pulmonar en cerdos, cáncer de hígado en ratas y han sido asociadas a la ocurrencia de cáncer de esófago y defectos de tubo neural en humanos (Iglesias *et al.*, 2011).

Mazzani *et al.* (2008) reportaron que *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Niremb. (Syn. *Fusarium moniliforme*) esta especie es patógeno primario de la planta de maíz a la cual ocasiona la enfermedad conocida como pudrición del tallo y de la mazorca lo cual conlleva en muchos casos a la contaminación de los granos con fumonisinas, inclusive en aquellos asintomáticos. La ingesta de granos de maíz infectados con *F. verticillioides* y contaminados con

fumonisinias se asoció con leucoencefalomalasia equina, edema pulmonar porcino, cáncer esofágico en humanos y más recientemente con defectos en el tubo neural.

Afecta la calidad de los granos de maíz contaminándolos con sustancias tóxicas denominadas fumonisinias (FB1, FB2, FB3), entre las cuales la FB1 es la más abundante y su exposición produce leucoencefalomalacia (LEM) en ganado equino y edema pulmonar en ganado porcino, además de efectos tóxicos en el sistema nervioso central, hígado, páncreas, riñones y pulmones de varias especies de animales. En humanos, la presencia de fumonisinias en maíz se ha relacionado con casos de cáncer de esófago en habitantes de la zona de Transkei, África austral y China (FAO, 2003).

Martínez *et al.* (2010) informaron sobre la contaminación con micotoxinas, mencionaron que es afectada por factores climáticos como la temperatura y humedad relativa disponible en pre y/o post cosecha. En un estudio sobre la micoflora natural y contaminación con fumonisinias en maíz en Brasil), encontraron que la combinación de alta humedad relativa-temperatura era el factor clave para el crecimiento del hongo y la posterior contaminación con micotoxinas en el campo. En ambiente controlado evaluaron la producción de FB1 y FB2 por dos cepas brasileras y una americana de *F. verticillioides* bajo tratamientos de diferentes temperaturas y contenidos de humedad sobre sustrato de maíz y a través de regresión lineal hallaron que la temperatura ideal para la producción de FB1 y FB2 fue de 24.5 y 24.3°C respectivamente.

Cotten y Munkvold (1998) informaron acerca de que las fumonisinias y reportaron que son las toxinas más comunes que se encuentra en los granos de maíces enfermos y asintomáticos en el medio oeste Estados Unidos. Fumonisinias B1 puede causar leucoencefalomalacia en caballos y edema pulmonar en los cerdos, así como daños en el hígado y el cáncer en animales de laboratorio. Las fumonisinias también son sospechosos de causar cáncer de esófago en humanos. *F. subglutinans* no produce fumonisinias, pero produce otras micotoxinas importantes. Además de las fumonisinias, otros tóxicos

metabolitos producidos por estos hongos incluyen el ácido fusárico y moniliformina.

Clements *et al.* (2003) mencionaron que las Fumonisinias se han asociado con cáncer de esófago en humanos en China, Sudáfrica, y en el norte de Italia. Fumonisinina B1, la más común y más tóxica identificada en granos de maíz y sus productos de hidrólisis. También estuvieron presentes en tortillas consumidas por una población en el sur de Texas que experimentaron un aumento de la incidencia de los defectos congénitos del tubo neural.

Factores que favorecen el desarrollo de *F. verticillioides*

F. verticillioides es más común en las regiones calientes y secas, se presenta especialmente antes o durante la polinización. *F. verticillioides* crece bien a temperaturas por encima de 26 ° C. La temperatura óptima calculada y máxima para el crecimiento de *F. verticillioides* son 31 y 35 ° C, respectivamente, y 22 a 24 ° C es la rango mínimo sugerido para el crecimiento. Hay informes de crecimiento de *F. verticillioides* a temperaturas inferiores a 20 ° C, aunque el efecto de la temperatura en estos experimentos fue influenciado por la disponibilidad de agua en el sustrato. Esta amplia gama de temperaturas se extiende más allá de la óptima para el crecimiento del maíz, por lo que *F. verticillioides* puede funcionar a temperaturas bajo las cuales las plantas de maíz pueden experimentar estrés (Williams y Munkvold 2008).

F. verticillioides puede sobrevivir al menos por un año, sin residuos de cultivo enterrados o en la superficie del suelo. Este hongo se puede desarrollar con amplio rango de temperaturas (6-40 grados centígrados) con un óptimo de 18-30 grados centígrados, comúnmente requiere de alta humedad relativa para proliferar. Los daños por pudrición de la mazorca son mayores en zonas o temporadas cálidas y sobre todo muy húmedas, en la etapa que va desde la polinización hasta grano masoso. El clima cálido y sobre todo, el estrés por sequía o exceso de agua en el suelo parecen ser los principales factores predispuestos. Aunque la temperatura y la humedad, cuando son favorables al hongo, pueden determinar la severidad de la pudrición de la mazorca, hay otros

factores que predisponen directamente la planta a un mayor daño, como son: daño por insectos, pájaros o roedores. Altas poblaciones de insectos que muerden los estigmas y/o que se alimentan directamente de los elotes contribuyen a un mayor daño. Insectos masticadores como el gusano elotero (*Helicoverpa zea*), cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y larvas de mosquita pinta (*Euxesta sp.*) abren vías de entrada para *Fusarium* y otros agentes oportunistas asociados a pudriciones de mazorcas. El desarrollo de las epidemias de pudrición de la mazorca está muy ligado a prácticas agrícolas inapropiadas, como son altas densidades de siembra, riegos pesados o innecesarios, excesos de fertilizante y cosechas a destiempo. Las altas densidades de siembra obstaculizan la ventilación natural del cultivo, después de un riego, lluvia, niebla y rocío. Esta acumulación de humedad favorece las pudriciones de las mazorcas. En plantaciones muy densas, los vientos fuertes provocan un mayor acame (caída de la planta). El acame favorece el contacto de las mazorcas con el suelo húmedo y facilita el ataque de los roedores, lo que deriva también en un mayor daño a mazorcas. En la región es común que los productores apliquen un “último riego”, cuando éste ya no es necesario, con la intención de “cosechar un grano más pesado”; a veces la longitud de los surcos es mayor a los 500 metros, de tal manera que el riego (frecuentemente anticipado) es muy pesado, particularmente en terrenos planos y con suelo de barrial. Es también frecuente que los productores de maíz apliquen nitrógeno en exceso, condición que puede ser contraproducente, pues se incrementa la pudrición de tallo y mazorca. Uno de los factores que propician una disminución en la calidad sanitaria del grano es el retraso en la cosecha (ciclo primavera-verano), a causa de que las lluvias impiden el acceso de la maquinaria. En síntesis, cualquier factor de estrés que debilite a las plantas de maíz, puede contribuir a predisponerlas a un mayor daño por pudrición de tallos y mazorcas (Apodaca y Quintero, 2013).

Martínez *et al.* (2010) mencionaron, varias vías de entrada del hongo a la espiga de maíz. Una de las más importantes es la infección de los granos a través de los estigmas, no obstante, la transmisión por semilla y tallo también lo pueden ser, sobretodo en el momento de infección de los granos de maíz depende de la especie fúngica actuante, siendo la principal vía de entrada los

estigmas luego de la polinización. Por otro lado, el daño por insectos también ha sido reportado como una importante vía de entrada.

Control Biológico

El Control Biológico en su definición más sencilla, significa “la regulación de un organismo como consecuencia de la actividad de otro, lográndose con ello un equilibrio poblacional”. Esta actividad en el ámbito de la agricultura, significa la regulación de la población de un organismo que está afectando al cultivo y generando pérdidas económicas (plaga), mediante la acción de otro que naturalmente ha sido diseñado para ejercer dicha función (Rodríguez *et al.*, 2010).

Nicholls (2008) informo que el control biológico es una forma de manejar poblaciones de animales o plantas. Consiste en el uso de uno o más organismos para reducir la densidad de una planta o animal que causa daño al hombre Así, el control biológico puede definirse como el uso de organismos benéficos (enemigos naturales) contra aquellos que causan daño (plagas).

Control biológico para enfermedades de las plantas

Garrett (1965) comento, el control biológico se define como cualquier condición o practica por medio de la cual la sobrevivencia o actividad de un patógeno se reduce a través de la mediación de cualquier otro organismo, excepto el hombre, con disminución de la incidencia de la enfermedad.

Izzeddin y Medina (2011) informaron que través de la producción de bacteriocinas o antibióticos, ciertos microorganismos afectan negativamente el desarrollo de fitopatógenos, limitando así la iniciación y propagación de la enfermedad. Uno de estos géneros antagonicos es *Bacillus*, dadas sus potencialidades en inhibición de fitopatógenos de suelos y promoción de crecimiento de las plantas. Investigaciones realizadas han demostrado que el uso de bioantagonistas como *Paenibacillus lentimorbus*, *Trichoderma*

harzianum y *Trichoderma polysporum*, pueden controlar el fitopatógeno *Rhizoctonia solani*.

Michel (2001) informó que el uso de microorganismos para el control de enfermedades de plantas y de otros problemas microbiológicos que limitan la productividad ha recibido mayor atención. La mayoría de las enfermedades en campo han sido manejadas con plaguicidas químicos, los cuales se han aplicado a suelos, semillas, follajes y frutos. Debido a las consecuencias negativas sobre la humanidad y el ambiente por las aplicaciones químicas, la residualidad y el desarrollo a resistencia a plaguicidas, provocó la búsqueda de plaguicidas de remplazo con agentes biológicos, que puedan ser utilizados en el control de enfermedades fitopatógenas.

Importancia del Género *Trichoderma*

Samuels (2006) considero a *Trichoderma* generalmente como un género de hongos de suelo de vida libre, pero la evidencia sugiere que las especies de *Trichoderma* pueden ser oportunistas, simbiotes de plantas no virulentas, así como de otros hongos parásitos. Miembros del género *Trichoderma* están universalmente presentes en los suelos, aunque especies individuales pueden ser ya sea cosmopolita (por ejemplo, *T. harzianum*) o limitada (por ejemplo, *T. viride*) en su distribución geográfica. Para facilitar identificación de las especies, una lista de las cepas identificadas correctamente de *Trichoderma* y sus números de Gen Bank para las secuencias de la traducción.

Mastouri (2012) informo sobre algunas cepas de plantas simbióticas del género *Trichoderma* que colonizan las raíces pueden inducir cambios profundos en genes de plantas expresión que conducen a un mayor crecimiento, especialmente bajo estrés biótico y abiótico. Uno de los mecanismos de protección mejorado por *T. harzianum* T22 es la colonización y la defensa a antioxidante.

***Trichoderma* spp. en el control de fitopatógenos**

El género *Trichoderma* es un tipo de hongo anaerobio facultativo que se encuentra de manera natural en varios tipos de suelos agrícolas y otros tipos de medios. De este microorganismo existen más de 30 especies, todas con efectos benéficos para la agricultura y otras áreas económicas

Argumedo *et al.* (2009) informaron acerca de las especies de hongos que pertenecen al género *Trichoderma*, han sido plenamente caracterizadas por tener aplicación en el ámbito agrícola, principalmente para el control biológico de otros organismos patógenos que atacan a los cultivos. Sin embargo, los estudios sobre su comportamiento y su efecto en ambientes terrestres y acuáticos contaminados han sido escasamente estudiados.

Entre los hongos más utilizados está *Trichoderma* spp. por su versatilidad, adaptabilidad y fácil manipulación, lo que ha permitido su uso en el control biológico. Hay reportes que indican que tiene efecto antagonista sobre hongos del suelo como *Phytophthora capsici*, *Pythium ultimum*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium*, *Mycosphaerella fijiensis*, entre otros (Hernández *et al.*, 2009).

Mastouri (2012) reportó la colonización de *Trichoderma* spp. en las raíces de las plantas y establecer una relación simbiótica con una amplia gama de plantas hospederas . Como consecuencia de ello, el crecimiento y el rendimiento de la planta con frecuencia se ve reforzada.

Taxonomía de *Trichoderma*

Hernández *et al.* (2009) informaron, *Trichoderma* es un hongo que pertenece a la clase Deuteromycetes y al Orden: Moniliales (clasificación asexual), entre las especies más destacadas de este género están *T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, y *T. hamatum*. Este hongo fue descrito por primera vez hace 200 años por los micólogos como un gasteromiceto, y un siglo después se realizó el análisis de su estructura y características para ser clasificado como un género entre los hongos filamentosos, con propiedades y

actividades biológicas. Su habilidad como antagonista fue descubierta hace 50 años.

Las especies del género *Trichoderma* representan un grupo de hongos filamentosos que pertenecen al Reino Mycetae (fungi), división Eumycota, subdivisión Deuteromycotina, clase Hyphomycetes, orden Hyphales (Moniliales) y familia Moniliaceae (Alexopoulos y Mims 1979). Aunque de acuerdo con Kuhls *et al.* (1997), Lieckfeldt *et al.* (1999), Samuels y Chaverri (2003), Samuels (2005) y Jaklitsch *et al.* (2006) citados por Argumedo-Delira *et al.* (2009) la clasificación taxonómica del género *Trichoderma* sería Reino Mycetae (Fungi), División Eumycota, Subdivisión Ascomycotina, Clase Euascomycetes, Orden Hypocreales, Familia Hypocraceae y Género *Trichoderma* e *Hypocrea*, y las especies: *asperellum*, *longibrachiatum* y *harzianum*.

Se realizó una sugerencia para modificar el Código Internacional de Nomenclatura Botánica para permitir la adopción de un nombre genérico único para *Trichoderma* / *Hypocrea*, con *Trichoderma* siendo el nombre más antiguo y más utilizado.

Samuels (2006) reportó una cronología que traza el desarrollo de un género y concepto de especie en *Trichoderma*. Ochenta y nueve especies de *Trichoderma* han sido nombrados, y varias especies de *Hypocrea* se han relacionado con su nombre de *Trichoderma* anamorfos. Ochenta y tres taxones de *Trichoderma* y sus teleomorfos, *Hypocrea* spp. se han incluido en análisis filogenéticos, incluyendo 11 especies de *Hypocrea* identificados con *Trichoderma* anamorfos. Los análisis filogenéticos muestran que *Trichoderma* y *Hypocrea* son congéneres. Especies de *Trichoderma* no vinculados a *Hypocrea* teleomorfos se derivan de las especies que están vinculadas a teleomorfos, indicando linajes sexual y asexual no son independientes el uno del otro.

Características morfológicas de *Trichoderma* spp.

Las colonias son al principio blancas y algodonosas; cuando se desarrollan bajo condiciones de luz se alterna una banda delgada e incolora con otra banda ancha y de un color verde oscuro. Cuando se desarrolla bajo condiciones de luz continua las colonias son uniformemente de color verde oscuro. Su estructura de esporulación son conidios, y su estructura de resistencia, clamidosporas; éstas son similares a las de otros hongos formadores de clamidosporas, son de 5 a 10 veces más grandes que los conidios, por sus grandes reservas de lípidos, son intercalares o terminales, de forma cilíndricas a globosa, por su naturaleza, representan la forma de propagación más efectiva. Aunque las clamidosporas no se forman comúnmente en la naturaleza (Hernández, 2008).

T. harzianum es un hongo que posee estructuras del tipo de conidias hialinas uniceluladas, ovoide en conidioforo hialino largo no verticilado, nace en centros pequeños. Tiene la capacidad de producir clamidosporas en sustratos naturales, estructuras de vital importancia para la sobrevivencia del género en el suelo bajo condiciones adversas. Es saprofito del suelo y de la madera y el crecimiento en el suelo es muy rápido. Tiene excelentes propiedades para el control biológico, siendo especialmente efectiva contra *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Pythium* a su vez, es un excelente estimulador del crecimiento radicular (Maya, 2013).

Mecanismos de acción de *Trichoderma*

Hernández *et al.* (2009) informaron que los antagonistas no tienen un único modo de acción y la multiplicidad de estos es una característica importante para su selección como agentes de control biológico. Si el antagonista posee varios modos de acción reduce los riesgos de desarrollo de resistencia en el patógeno.

Los mecanismos más frecuentemente sugeridos de biocontrol de *Trichoderma* incluyen micoparasitismo, antibiosis, la competencia por los nutrientes, o todo lo anterior. *Trichoderma* puede inhibir el patógeno por medio de antibióticos o células enzimas que degradan las paredes, tales como quitinasas, b - 1 ,3 - glucanasas, proteasa, mananasas, y otras hidrolasas. La importancia relativa de estos dos mecanismos en el proceso de antagonista depende del hospedero del patógeno, específica interacción. Sin embargo, la combinación de enzimas hidrolíticas y antibióticos de *Trichoderma* se ha demostrado que tiene un sinergismo antifúngico (Hernandez *et al.*, 2009).

Antagonismo

Todo organismo que se opone de alguna manera a la acción, presencia o supervivencia de otro se considera que es un organismo antagonista. Esta relación antagónica puede manifestarse por antibiosis, lisis, reacciones inmunológicas, competencia, parasitismo y prelación, siendo los más importantes en el control biológico de fitopatógenos el hiperparasitismo, la antibiosis y la competencia. El antagonismo es un fenómeno que se observa en microorganismos de suelo y en la rizósfera, los antagonistas producen antibióticos, actúan en competencia por nutrientes y/o inducen resistencia en el hospedero (De la Garza, 1996) citado por (Hernández *et al.*, 2009).

Cruz (2007) reportó, el antagonismo es un mecanismo que se basa en la actividad inhibidora directa que ejerce un microorganismo sobre el otro y que presenta acciones opuestas en un mismo sistema. *Trichoderma* puede ejercer su acción antagonista sobre fitopatógenos mediante mecanismo como micoparasitismo, antibiosis, lisis , competencia, predacion, estimulación de crecimiento e inducción de respuestas de defensa en la planta.

Micoparasitismo

El micoparasitismo es la acción de un microorganismo parasitando a otro y puede ser definido como una simbiosis antagónica entre organismos. Este consiste en la utilización del patógeno como alimento por su antagonista.

Generalmente, están implicadas enzimas extracelulares tales como quitinasa, celulosa, Beta-1-3-glucanasa y proteasa, que lisan (rompen) las paredes de las hifas, o esclerocios de hongos parasitados (Orietta et al., 2001; Méndez, 2003) citado por (Hernández et al., 2009). *Trichoderma* se ha reportado como hiperparásito de un gran número de hongos fitopatógenos al atacar directamente y producir la lisis de micelio y también de esclerocios de hongos (Corrêa et al., 2007) citado por (Hernández et al., 2009).

Los hongos micoparasiticos fueron clasificados en dos grandes grupos: biotróficos (aquellos que mantienen una relación de equilibrio con el hospedero) y necrotróficos (llamados también destructivos). Las enzimas son un componente de gran importancia en el micoparasitismo. Los mecanismos involucrados en este fenómeno poseen enzimas denominadas constitutivas que forman parte de su morfología y metabolismo. Existen otras que son reguladoras en el micoparasitismo. Estas degradan la pared celular del hospedero (Lara et al., 2007) citado por (Hernández et al., 2009).

En el proceso micoparasitico de *Trichoderma* spp. consiste en que las hifas de *Trichoderma* sp. rodean las hifas del patógeno huésped (un proceso físico se define como la " Enrollamiento hifal " de *Trichoderma* spp .). Una vez que el huésped es enroscado, *Trichoderma* spp . secretan enzimas líticas tales como glucanasa y quitinasa para penetrar en el hospedero y luego utilice el contenido celular del hospedero como una fuente de nutrientes. En este caso, asumimos que el patógeno de hospedero puede tener una respuesta de defensa a la presencia de hifas el enrollamiento inicial de *Trichoderma* spp . en las primeras etapas del proceso micoparasitico . Por lo tanto, un antagonismo entre estos dos hongos puede ocurrir a través de la secreción de proteínas extracelulares (Chen, 2012).

Antibiosis

Se refiere a la producción por parte de un microorganismo de sustancias tóxicas para otros microorganismos, las cuales actúan en bajas concentraciones (menores a 10 ppm). La antibiosis se considera como uno de los principales mecanismos de biocontrol que tiene como base la producción de

metabolitos tipo antibióticos. Estos se definen como “un grupo químicamente heterogéneo y de bajo peso molecular, secretados por algunos microorganismos que, en bajas concentraciones, demeritan el crecimiento o las actividades metabólicas de otros organismos. El efecto de la antibiosis en los Oomycetos es por la inhibición del desarrollo al detener el crecimiento y deformación del tubo germinativo, lo que evita la proliferación de la enfermedad. La producción de antibióticos confiere a los microorganismos una ventaja selectiva en la competencia por nutrientes y espacio en cualquier nicho ecológico (Méndez, 2003; Lara *et al.*, 2007) citado por (Hernández *et al.*, 2009).

Cruz (2007) informó, la lisis es el mecanismo en el cual intervienen las enzimas hidrolíticas producida por los microorganismos antagonistas como factores biocontroladores. *Trichoderma* sp. produce celulosa que degradan *in vitro* la celulosa de las paredes celulares de los microorganismos Deuteromicetes. En este mismo año el mismo autor comento acerca del termino antibiosis, hace referencia a la relación biótica de antagonismo en el que el compuesto producido por un microorganismo inhibe parcial o totalmente el crecimiento de un patógeno a través de la producción de metabolitos tóxicos o antibióticos, producen en común compuestos que actúan sobre la pared y la membrana celular de otros hongos, algunos de estos compuestos son: Alamethicina, Trichotoxina, Suzukacillina, Gliovirina, Gliodeliquesina y Gliotoxina, principalmente.

Compuestos volátiles

Trichoderma posee mecanismos fungistáticos que impiden el desarrollo de los hongos fitopatógenos, así como la capacidad de especies de *Trichoderma* para sintetizar sustancias volátiles involucradas en el complejo responsable de ese fenómeno. Dichos componentes son: dióxido de carbono, etanol, acetaldehído, acetona, propanol, isobutanol e isopentanol, los cuales en diferentes concentraciones intervienen en la regulación del mecanismo fungistático (Dal Bello *et al.*, 1997) citado por (Hernández *et al.*, 2009).

Quiroz *et al.* (2008) informaron, los principales mecanismos de acción identificados en la inhibición del crecimiento de las colonias de los hongos patógenos fueron el micoparasitismo, la antibiosis y la competencia. Según los daños causados a las estructuras de los patógenos por los hongos antagonísticos varían según la cepa del antagonista.

Humeres (2004) reportó, el método de control de *Trichoderma* contra hongos fitopatógenos es principalmente a través de competencia y depredación. Los micelios rodean a las hifas del hongo presa, produciendo un estrangulamiento, seguido de una penetración que termina por desintegrar a las mismas. Posterior a eso, el micoparásito se alimenta de este sustrato. Se sabe que algunas razas de *Trichoderma* producen antibióticos que actúan sobre *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* produciendo una degradación de sus hifas.

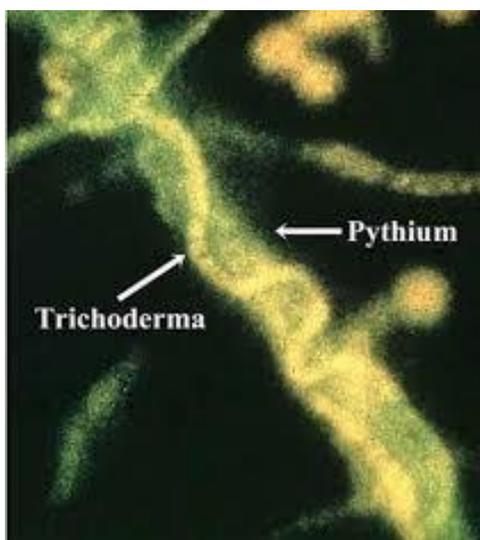


Figura No. 6. Micoparasitismo de *Pythium* por parte de la cepa de *Trichoderma* sobre la superficie de una semilla de arveja. La cepa de *Trichoderma* fue coloreada con un tinte anaranjado fluorescente, mientras que *Pythium* fue coloreada con un tinte verde.

Fuente: www.iicasaninet.net. Citado por (Humeres, 2004)

El género *Trichoderma* está compuesto por un gran número de especies que actúan como agentes de control biológico debido a sus propiedades antagonistas, las cuales se basan en la activación de varios mecanismos (Cruz, 2007). Las cepas de *Trichoderma* ejercen un biocontrol contra los hongos fitopatógenos de manera indirecta a través de la competencia por nutrientes y espacio, modificando las condiciones medioambientales o promoviendo el crecimiento y los mecanismos de defensa y antibiosis en las plantas o directamente por mecanismos como el micoparasitismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

El presente trabajo fue llevado a cabo en el ejido del Marranero ubicado en la localidad de Tepalcingo en el municipio de Tepalcingo, Morelos con una localización geográficamente entre los paralelos 18°26' de latitud norte y los 98°18' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1,100 metros sobre el nivel del mar.

Limita al norte con Ayala y Jonacatepec; al sur con Tlaquiltenango y el Estado de Puebla; al este con Axochiapan y Jonacatepec; y al oeste con Ayala y Tlaquiltenango. El estado de Morelos colinda al norte con el Distrito Federal y el estado de México; al sur con Guerrero; al este con Puebla; y al oeste con el estado de México y Guerrero.

Materiales genéticos

Para esta investigación se utilizaron semillas de maíz criollo (Tehuacán), dos variedades (VS-529, VS-535) y un híbrido (73-75), el criollo fue proporcionado por un campesino de la región, las variedades y el híbrido fueron adquiridas en una casa comercial productora de semillas.

Cepas de *Trichoderma* spp

El hongo *Trichoderma asperellum* cepa T11, *T. longibrachiatum* cepa T1-40 y *T. harzianum* cepa T1-4 fue proporcionado por el M.C. Epifanio Castro del Ángel a las cuales fueron sometidas a pruebas de PCR para la identificación de la especie.

Medio de cultivo utilizado en el experimento

Para este trabajo se utilizó un medio de cultivo:

- Papa Dextrosa Agar (PDA)

Papa Dextrosa Agar (PDA) que es un medio en el cual se reprodujeron las cepas de *Trichoderma* spp. para las aplicaciones a semilla y foliares.

Forma para preparar un litro de (PDA).

En este medio se puede preparar con papas naturales o con el producto comercial deshidratado manufacturado por diferentes firmas, entre ellas, Difco; en este caso solo hay que seguir las instrucciones del frasco; en un matraz Erlen Meyer se agrega 39 gramos de (PDA) y se afora a 1000 ml de agua esterilizada, posteriormente se esteriliza en un autoclave a una presión de 15 libras por pulgada cuadrada por 15 minutos a una temperatura de 121 °C, una vez transcurrido el tiempo indicado se espera a que baje la presión hasta cero para poder retirar la tapa. Se espera que la solución se enfríe unos minutos pero que no se solidifique: para el llenado de las cajas petri es necesario contar con un medio completamente estéril para evitar contaminación con agentes biológicos no deseados, para cumplir con todo esto se utiliza la campana de flujo laminar que se debe activar 15 minutos antes de su uso, bajo la flama de un mechero de alcohol se vierte la solución en placas de petri.

Producción de las Cepas de *Trichoderma* spp. para la Aplicación a Semillas

Purificación

Se realizó una purificación a las cepas, una vez observado crecimiento suficiente de micelio se transfirió a cajas petri con medio de cultivo (PDA) e incubándose a una temperatura de 28°C logrando así un cultivo puro, el método de purificación usado fue por placas (explantes).

Producción de las cepas

Para la producción de las cepas de *Trichoderma* utilizadas en este experimento, se llevó a cabo en condiciones de laboratorio, se extrajeron discos (explantes) los cuales fueron transferidos a cajas con placas de (PDA) para su desarrollo de las tres diferentes cepas. Se utilizaron soluciones de 750 ml con una concentración pura calculada de 1×10^7 conidios/mililitro, esto por cada una de las tres cepas.

Preparación de los tratamientos a semilla

Previo a la siembra del maíz, se tomaron 4 bolsas de plástico a las cuales se les colocaron la siguiente cantidad de semillas y la respectiva cepa de *Trichoderma* spp.

1. 720 semillas + *T. asperellum*
2. 672 semillas + *T. longibrachiatum*
3. 720 semillas + *T. harzianum*
4. 1056 semillas sin tratamiento (Testigo)

A cada una de los tratamientos se les agregó 75 ml de la solución líquida preparada con las cepas de *Trichoderma*.

Esto se realizó por cada una de los 4 diferentes genotipos de maíz, el tratamiento a la semilla se realizó por inmersión por 12 horas, tiempo

suficiente para que las esporas del hongo penetraran al pericarpio de las semillas.

Tratamientos

Tratamientos a semilla

T1= Criollo + *T. asperellum* cepa T11 (360 semillas)

T2= Criollo + *T. longibrachiatum* cepa T1-40 (336 semillas)

T3= Criollo + *T. harzianum* cepa T1-4 (360 semillas)

T4= Variedad (VS 529) + *T. asperellum* cepa T11 (360 semillas)

T5= Variedad (VS 529) + *T. longibrachiatum* cepa T1-40 (336 semillas)

T6= Variedad (VS 529) + *T. harzianum* cepa T1-4 (360 semillas)

T7= Variedad (VS 535) + *T. asperellum* cepa T11 (360 semillas)

T8= Variedad (VS 535) + *T. longibrachiatum* cepa T1-40 (336 semillas)

T9= Variedad (VS 535) + *T. harzianum* cepa T1-4 (360 semillas)

T10= Híbrido (73-75) + *T. asperellum* cepa T11 (360 semillas)

T11= Híbrido (73-75) + *T. longibrachiatum* cepa T1-40 (336 semillas)

T12= Híbrido (73-75) + *T. harzianum* cepa T1-4 (360 semillas)

Tratamiento a semilla más tratamiento foliar

T13= Criollo + *T. asperellum* cepa T11 (360 semillas)

T14= Criollo + *T. longibrachiatum* cepa T1-40 (336 semillas)

T15= Criollo + *T. harzianum* cepa T1-4 (360 semillas)

T16= Variedad (VS 529) + *T. asperellum* cepa T11 (360 semillas)

T17= Variedad (VS 529) + *T. longibrachiatum* cepa T1-40 (336 semillas)

T18= Variedad (VS 529) + *T. harzianum* cepa T1-4 (360 semillas)

T19= Variedad (VS 535) + *T. asperellum* cepa T11 (360 semillas)

T20= Variedad (VS 535) + *T. longibrachiatum* cepa T1-40 (336 semillas)

T21= Variedad (VS 535) + *T. harzianum* cepa T1-4 (360 semillas)

T22= Híbrido (73-75) + *T. asperellum* cepa T11 (360 semillas)

T23= Híbrido (73-75) + *T. longibrachiatum* cepa T1-40 (336 semillas)

T24= Híbrido (73-75) + *T. harzianum* cepa T1-4 (360 semillas)

Tratamientos foliar

T25= Criollo + *T. asperellum* cepa T11 (352 semillas)

T29= Criollo + *T. longibrachiatum* cepa T1-40 (352 semillas)

T27= Criollo + *T. harzianum* cepa T1-4 (720 semillas)

T28= Variedad (VS 529) + *T. asperellum* cepa T11 (352 semillas)

T29= Variedad (VS 529) + *T. longibrachiatum* cepa T1-40 (352 semillas)

T30= Variedad (VS 529) + *T. harzianum* cepa T1-4 (352 semillas)

T31= Variedad (VS 535) + *T. asperellum* cepa T11 (352 semillas)

T32= Variedad (VS 535) + *T. longibrachiatum* cepa T1-40 (352 semillas)

T33= Variedad (VS 535) + *T. harzianum* cepa T1-4 (352 semillas)

T34= Híbrido (73-75) + *T. asperellum* cepa T11 (352 semillas)

T35= Híbrido (73-75) + *T. longibrachiatum* cepa T1-40 (352 semillas)

T36= Híbrido (73-75) + *T. harzianum* cepa T1-4 (352 semillas)

Testigos

T37= Testigo criollo

T38= Testigo (VS-529)

T39= Testigo (VS-535)

T40= Testigo Híbrido (73-75)

Establecimiento del Cultivo

La siembra se llevó a cabo el día 30 y 31 de marzo de 2013, el terreno que se utilizó para el establecimiento del experimento, anteriormente, en él, se había cultivado maíz así que se utilizaron los mismos surcos para la siembra, solo bastó realizar un riego cuatro días con anticipación para poder realizar la siembra manual, se contó con 47 surcos con una distancia de 80 cm entre surcos y 40 cm entre planta, cada una de los tratamientos se ubicaron en una superficie de 5 metros de largo por 12.8 metros de ancho dejando un espacio entre los tratamientos de 1.20 metros y dos pasillos de 1.60 metros a lo largo del terreno como una división entre los tratamientos como una medida de seguridad.

Se utilizó un diseño de bloques al azar un con arreglo factorial AxBxC, con cuatro repeticiones por tratamiento, es decir, (cinco surcos por repetición) más un testigo, para cada surco se sembraron aproximadamente 24 semillas tratadas con *Trichoderma* spp. y sin tratamiento depositando dos semillas cada 40 cm.

Siembra “punta de riego” o “de medio riego”

Son conocidas de esta manera puesto que se establecen con riego y se desarrollan con la lluvia del temporal y riegos de auxilio, si se requieren. En este caso como se trató de una siembra tardía de otoño-invierno se presentó la pudrición de mazorcas debido a las primeras lluvias del temporal, lo que favoreció en poner a prueba el control biológico con los hongos antagonistas.

Producción de las cepas de *Trichoderma* spp para la aplicación foliar

Procedimiento de la producción

El método de producción de las cepas de *Trichoderma* para la aplicación foliar fue el mismo que se utilizó para la producción de cepas para los tratamientos a semilla.

Método de la aplicación foliar de *Trichoderma*

El hongo *Trichoderma* spp. que se produjo en cajas Petri, se preparó de la siguiente manera; se tomaron 15 cajas Petri con las cepas de *Trichoderma*, se le agregó un poco de agua y se raspo con una pequeña espátula cada una de las cajas, esto para remover todo el micelio con las esporas, con el fin de formar una solución líquida con esporas de *Trichoderma* spp. con una concentración pura calculada de 1×10^7 esporas/mililitro, se aforó en 15 litros de agua, la aplicación se hizo con una pulverizadora de mochila de 15L fue dirigida principalmente a los estigmas del elote, procurando cubrir el total de los estigmas para un mejor resultado. Las aplicaciones se realizaron cada tercer día en las fechas del 20 al 25 de junio del 2013, es decir a los 81 días después de la siembra, para realizar la aplicación, se tomó en cuenta que por lo menos el 50 % de las flores femeninas habían emergido además el tamaño del jilote y el color de los estigmas, los estigmas tenían que tener un color claro a café, claro-rojo claro. Esto para anticipar la llegada del patógeno en caso de que fuera llevado por el viento, insectos, aves, etc. a los estigmas, y posiblemente para el caso de la infección sistémica.

Esta actividad se realizó igualmente para los tratamientos combinados, es decir; para los tratamientos que se aplicaron a la semilla junto con el tratamiento foliar.

Cosecha

Trujillo (2009) La pizca se debe realizar cuando las mazorcas estén bien maduras y el grano tenga poca humedad; es decir, que esté casi seco. En siembras durante el ciclo primavera-verano esto normalmente ocurre a los 140 días después de la siembra; y, a los 170 días durante el ciclo otoño-invierno. Si la cosecha es manual, la mazorca debe asolearse para que se desgrane fácilmente. Si la cosecha es mecanizada la mazorca debe estar bien seca para que la trilladora la despreque y desgrane sin problemas; de lo contrario el grano puede salir raspado o quebrado; además de facilitar la limpieza (ventilación) del grano durante la trilla.

La cosecha se realizó el día 06 de Agosto del 2013 es decir 130 días después de la siembra y se llevó a cabo de la siguiente manera; por cada repetición de cada tratamiento, se eligieron 20 mazorcas al azar, esto nos dio un total de 80 mazorcas por tratamiento, esto se hizo para cada uno de los tratamientos, las 80 mazorcas de cada uno de los tratamientos fue colocada en costales de polietileno, selladas y respectivamente etiquetadas para su análisis, fueron transportadas a unas bodegas, ya que como todavía contenían una alta humedad, no se podía desgranar, así que toda la mazorca fue tendida en el piso seco para que se ventilara y pudiera disminuir su humedad y también terminar de secarse para poder ser desgranada, antes de su desgranado se analizaron cada una de las mazorcas, esto con el objetivo de conocer la incidencia de pudrición y el porcentaje de severidad de la pudrición de cada una de las mazorcas de los 40 tratamientos.

Cuadro No. 1. Actividades Realizadas en Campo

MARZO

- 26 de marzo del 2013 riego para poder sembrar
- 29 trazo del terreno para la siembra
- 30 y 31 de marzo del 2013 siembra de las variedades, criollo y del hibrido.

ABRIL

- 01 segundo riego
- 02 de abril del 2013 aplicación de herbicida
- 07 de abril del 2013 aplicación de insecticida para el gusano cogollero (aplicación de Iannate)
- 09 de abril; Riego
- 14 y 15 de abril Aplicación de insecticidas Metomilo y Clorpirifos
- 17 de abril Fertilización sulfato de amonio 3 bultos
- 18 de abril Riego
- 23 de abril Aplicación de clorpirifos
- 24 abril Fertilización sulfato de amonio 3 bultos
- 25 y 26 de abril beneficio al cultivo (aporque)
- 27 de abril Riego

MAYO

- 1 de mayo Aplicación de insecticidas Metomilo y Clorpirifos
- 5 de mayo Riego
- 8 de mayo aplicación de herbicida Amina
- 9 de mayo Aplicación de insecticidas Metomilo y Clorpirifos
- 10 de mayo Riego
- 19 de mayo Riego
- 30 de mayo Riego ligero

JUNIO: Aplicaciones foliares de hongo *Trichoderma* spp.

JULIO: Labores culturales, riegos y control de malezas manualmente.

AGOSTO: Cosecha y desgrane de las mazorcas.

Desgrane y toma de datos (Kg de grano/Tratamiento)

Una vez analizado todo el material se procedió a desgranar las mazorcas, se utilizó una desgranadora con motor eléctrico, cada uno de los tratamientos se desgrano individualmente, se les retiro los restos de olote, se limpió apropiadamente y se pesó en una báscula digital con capacidad de 20 Kg, se anotó el resultado en hojas de campo y posteriormente se tomó una muestra de un Kg, se colocó en una bolsas de papel con capacidad de dos Kg, la cual fue correctamente etiquetada, (esto se realizó para cada uno de los 40 tratamientos).

El Kg de muestra fue llevado al laboratorio de Parasitología para realizarle pruebas; para conocer la incidencia y severidad en los granos ya que *Fusarium verticillioides* puede llegar hacer una enfermedad asintomática, así que es necesario realizar pruebas en laboratorio utilizando medios selectivos para *Fusarium*, lamentablemente esto ya no se realizó ya que los granos de maíz estuvieron muy dañados (podridos), por lo tanto no tuvo caso seguir con más pruebas sabiendo que el resultado sería negativo en el caso de incidencia y severidad.

Evaluación *in vitro* del Efecto Antagónico de *Trichoderma* spp. sobre el Patógeno *F. verticillioides* en Cultivo Dual.

En este trabajo se utilizaron tres cepas de *Trichoderma*, se evaluó el antagonismo en cultivo dual en medio de cultivo PDA, estableciendo cinco repeticiones por tratamiento y un testigo absoluto para el patógeno y otro para el antagonista, se colocó en el extremo de la caja petri un disco de PDA con micelio de *F. verticillioides* de 8 mm de diámetro y en el extremo opuesto un disco de *Trichoderma* spp. a una distancia aproximada de 6 centímetros uno de otro, las siembras fueron incubadas a 28°C por espacio de cinco días. La evaluación se hizo tomando el diámetro de las colonias a los 5 días de incubación y mediante observaciones de la formación de una zona de

demarcación entre los inóculos, para una correcta medición de las colonias la caja petri se dividió en cuadrantes.

Los materiales que se necesitan para la siembra deben estar previamente esterilizados para cumplir con todo esto se necesita encender la cámara de flujo laminar 15 minutos antes de utilizarla y se debe de desinfectar con alcohol etílico al 96% para descontaminar todas las áreas de la cámara de flujo laminar y tener un microambiente perfecto.

Se calcularon los valores medios de porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) por la fórmula $PICR = R1 - R2 / R1 \times 100$, usada por Ezziyyani *et al.*, (2004).

Dónde:

R1 es el radio mayor (radio del patógeno testigo) y R2 es el radio menor (radio del patógeno en enfrentamiento con el antagonista).

Análisis estadístico

Las medias de PICR (Porcentaje de Inhibición de Crecimiento Radial) fueron procesadas por un análisis de varianza y una comparación de medias de DMS con un 5% de probabilidad de error con el programa de la Universidad de Nuevo León (UANL) versión 2.5.

Se compararon las cepas con respecto a la capacidad antagonista, de acuerdo a la escala establecida por Bell *et al.* (1982), cuadro No. 4.

Cuadro No. 2. Escala de Bell *et al.* (1982).

Clase	Características
Clase 1	Sobrecrecimiento de <i>Trichoderma</i> , que colonizó toda la superficie del medio y redujo la colonia del patógeno.
Clase 2	Sobrecrecimiento de <i>Trichoderma</i> , que colonizó al menos 2/3 de la superficie del medio.
Clase 3	<i>Trichoderma</i> y el patógeno colonizaron medio a medio (más que 1/3 y menor que 2/3). Uno se sobrepuso al otro.
Clase 4	Hongo patógeno colonizó al menos 2/3 de la superficie del medio y resistió la invasión por <i>Trichoderma</i> .
Clase 5	Sobrecrecimiento del hongo patógeno que colonizó toda la superficie del medio.

Evaluación de la Incidencia de Pudrición de la Mazorca en Campo

Esta puede definirse a la presencia de la enfermedad. La evaluación de este parámetro se realizó al momento de hacer las mediciones, en este caso se clasificó a las plantas sanas (sin algún síntoma) plantas enfermas (con síntomas de la enfermedad).

En este trabajo se tomaron en cuenta tres factores: factor A = Genotipos de maíz, factor B = Tratamientos y factor C = Cepas de *Trichoderma* y el testigo.

Se tomaron en cuenta 20 mazorcas por repetición, se establecieron cuatro repeticiones por cada uno de los tratamientos; a semilla, de los tratamientos foliares y de los tratamientos a semilla más tratamiento foliar, al tener las mazorcas se procedió a realizar un análisis visual para poder evaluar y conocer el número de mazorcas con síntomas de pudrición y su respectivo porcentaje de pudrición por cada una de las mazorcas de las repeticiones de cada uno de los tratamientos.

Análisis estadístico

Para la evaluación de la incidencia de *F. verticillioides* en campo, se realizó un arreglo factorial (Factorial AXBXC, diseños bloques al azar) cuyo objetivo es investigar si existe diferencia entre tratamientos mediante el análisis de varianza, pero especificando si existe diferencia entre los niveles de cada factor, y conocer la relación entre el conjunto de factores.

El diseño factorial utilizado comprende de tres factores; factor A = Genotipos de maíz con cuatro niveles (Criollo, VS 529, VS 535 y el Híbrido), factor B = Tratamientos con tres niveles (T. s, T. f y T. s + T. f) y factor C = Cepas del hongo antagonista con cuatro niveles (*T. a*, *T. l*, *T. h* y el testigo). Los datos fueron procesados por un análisis de varianza con el programa de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León versión 2.5.

Evaluación de la Severidad de Pudrición de la Mazorca en Campo

La severidad puede decirse al porcentaje de daño de la enfermedad, en este caso se refiere al porcentaje de la pudrición de la mazorca causada por *Fusarium spp.*

De las mazorcas que se tomaron en cuenta para conocer la incidencia de pudrición, se analizaron una por una para la severidad, se tomó en cuenta como el 100% a cada una de las 20 mazorcas por repetición, para conocer el porcentaje de severidad de la pudrición de mazorca se visualizó a la mazorca y se consideró como un cierto porcentaje solo a la parte que presentaba

síntomas de pudrición, es decir se toma en cuenta el área podrida y se le asigna un valor en porcentaje, esto se realizó para las cuatro repeticiones para cada uno de los diferentes tratamientos.

Cuadro No. 3. Escala para evaluar severidad de la pudrición de mazorca con valores de 0 hasta valores > 75% de daño.

Clase	Porcentaje de daño (%)
1	0
2	1 – 3
3	4 – 10
4	11 – 25
5	26 – 50
6	51 – 75
7	> 75

Se determinó la eficiencia técnica de los tratamientos de acuerdo a la fórmula de (Abbott, 1925).

$$\%ET = \frac{IT - It}{IT} \times 100$$

Dónde:

%ET= Porcentaje de Eficiencia Técnica

IT= Es la infección en el Testigo

It= Es la infección en el Tratamiento.

Análisis estadístico

Para determinar la severidad de la pudrición, primero se ajustaron a una media ponderada y posteriormente se analizaron, se utilizó un análisis estadístico no paramétrico, en un diseño bloques al azar usando una extensión de la prueba de Friedman. Con 48 tratamientos y cuatro repeticiones. Con el programa de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León versión 2.5.

Evaluación para Conocer la Relación entre *Trichoderma* spp. y el Rendimiento de Producción de Grano de Maíz.

Durante el desgranado de las mazorcas, se fueron capturando los pesos (Kg) de cada uno de los tratamientos esto para poder conocer si existen relaciones entre *Thichoderma* spp. y la producción de grano de maíz.

RESULTADOS Y DISCUSION

Evaluación *in vitro* del Efecto Antagónico de *Trichoderma* spp. sobre el Patógeno *F. verticillioides* en Cultivo Dual.

A lo que corresponde a los resultados de la actividad antagónica de *Trichoderma* spp. por el método de cultivo dual, las tres cepas resultaron poco favorables para el control *in vitro* de *Fusarium* sp. las tres cepas se comportaron casi de la misma, no fueron favorables para el control del patógeno, ya que a las 120 horas lograron detener el crecimiento al hacer contacto en la porción de 11.76 % (20.72 cm²) para la cepa T. 11, seguida de la cepa T1. 40 con 11.64 % (11.45 cm²), seguida de la cepa T1. 4 con 10.88 % (19.17 cm²). Los resultados del análisis de varianza para el efecto antagónico demuestran que el nivel de $P > 0.426$, por lo tanto no hay diferencia significativa entre las cepas de *Trichoderma*, al parecer las tres cepas se comportaron similarmente con relación a la evaluación antagónica.

Una vez que las cepas de *Trichoderma* hicieron contacto con el patógeno, continuó su crecimiento, un sobrecrecimiento de *Trichoderma*, que colonizó un poco más de 2/3 de la superficie del medio a los 15 días. Colocando a la cepa *T. longibrachiatum* en el nivel 1, a *T. asperellum* y a *T. harzianum* en el nivel 2 de acuerdo a la escala de (Bell *et al.*, 1982).

Castro (2011), encontró resultados favorables para el control del patógeno, un 57.23 % de inhibición en el hongo *F. verticillioides* por la cepa de *T. longibrachiatum* en cultivos duales evaluados a cinco días después de la siembra, en este experimento la inhibición del hongo patógeno fue a los cinco días, la cepa *T. asperellum* presento 11.76 % de inhibición seguida de *T. longibrachiatum* que presento 11.64 % de inhibición, al parecer son resultados no muy favorables.

Chen (2012) sus ensayos *in vitro* indicaron que *T. harzianum* inhibido eficazmente el crecimiento de las hifas de *B. cinerea*, causada vacuolización citosólica en las hifas, y condujo a la lisis de las hifas.

Aunque generalmente las especies de *Trichoderma* son de crecimiento rápido y en pocas horas pueden cubrir la superficie de la caja de Petri, que un aislamiento sea de crecimiento lento no lo excluye como buen antagonista, ya que según Cundom *et al.* (2002) citado por Hoyos *et al.* (2008), dicha característica, la tasa de crecimiento, no es obstáculo para que en tales hongos puedan encontrarse aislamientos de buen potencial antagónico.

Hoyos *et al.* (2008) reportó que las pruebas de antagonismo *in vitro* requieren ser corroboradas en condiciones de invernadero y campo, porque no siempre los hongos que actúan como antagonistas bajo condiciones controladas tienen la capacidad potencial de usarse en el control biológico.

Aislamientos de una misma especie de *Trichoderma* son específicos en su actividad micoparasítica, por tanto, no se puede generalizar al decir que determinadas especies de *Trichoderma* son buenas antagonistas, ya que esto depende del aislamiento en particular y su capacidad de atacar de forma concreta a cepa determinadas de hongos fitopatógenos (Elad *et al.*, 1980; Elad 1983; Hjeljord y Tronsmo, 1998; Howell, 2006) citados por (Hoyo *et al.*, 2008).

Por tanto, las pruebas *in vitro* para determinar la capacidad antagónica de un microorganismo con respecto a otro no representan necesariamente el grado de antagonismo y de control biológico en condiciones naturales, pero reflejan la capacidad y la variabilidad genética del antagonista y la del fitopatógeno de invadir o crecer en una caja de Petri o en condiciones *in vitro*. Es de anotar que dichas pruebas y la escala planteada permiten básicamente cuantificar competencia por nutrientes en el medio controlado, mas no cuantificar como tal el micoparasitismo o antagonismo.

Evaluación para la Incidencia de Pudrición de la Mazorcas con Relación al Efecto Antagónico de *Trichoderma* spp.

Durante los 130 días en que se estableció el cultivo, se evaluó la incidencia de la pudrición con los diferentes tratamientos en los diferentes genotipos de maíz.

La incidencia se midió en base al número de mazorcas observadas con síntomas de la enfermedad de cada tratamiento.

En este tipo de investigación se dio a conocer cuál de las diferentes cepas del hongo *Trichoderma* tuvo mayor efecto antagónico en campo.

Cuadro No. 4. Relación entre los resultados de medias de los factores A, B y C (genotipos, tratamientos y cepas de *Trichoderma*), para la incidencia de la pudrición de las mazorcas.

Genotipos y Tratamientos	Cepas			Testigo
	<i>T. a</i>	<i>T. l</i>	<i>T. h</i>	
Criollo T. s	50.0000	31.2500	53.7500	56.2500
Criollo T. f	40.0000	37.5000	37.5000	56.2500
Criollo T. s + T. f	36.2500	32.5000	25.0000	56.2500
VS-529 T. s	21.2500	42.5000	26.5000	38.7500
VS-529 T. f	32.2500	25.0000	22.5000	38.7500
VS-529T. s + T. f	21.2500	42.5000	22.5000	38.7500
VS-535 T. s	75.0000	58.7500	63.7500	47.5000
VS-535 T. f	36.2500	38.7500	42.5000	47.5000
VS-535 T. s + T. f	30.0000	57.5000	38.7500	47.5000
Hibrido T. s	37.5000	47.5000	30.0000	36.2500
Hibrido T. f	42.5000	42.5000	38.7500	36.2500
Hibrido T. s + T. f	46.2500	35.0000	42.5000	36.2500

Como se muestran los resultados en cuadro No. 4. Existe una gran diferencia con relación, al control de la pudrición sobre los materiales de maíz, utilizados en los diferentes tratamientos. Como se esperaba, se encontró incidencia de la enfermedad en todos los materiales de maíz.

Se encontró un alto nivel de incidencia en el material VS-535 con tratamiento a semilla con la cepa *T. asperellum* con una media calculada del 75.00%, rebaso los niveles de los cuatro testigos siendo el más alto el criollo con un 56.25% y el mínimo con 36.25% que le pertenece al Híbrido.

Los mejores resultados para el control de la pudrición de mazorca se presentaron en el maíz criollo ya que al compararse con el testigo que llegó a alcanzar el 56.25% de incidencia y con la aplicación a semilla con la cepa *T. longibrachiatum* se logró bajar hasta un 31.25% esto quiere decir que hubo una disminución del 25.00%.

Los resultados más bajos para la incidencia se presentaron en el material de maíz VS-529, para el tratamiento a semilla con la cepa *T. asperellum*, se obtuvo 21.25% al igual que con el tratamiento a semilla más el tratamiento foliar con la cepa *T. asperellum*, se obtuvo 21.25% seguido por el tratamiento foliar pero con la cepa *T. harzianum* con 22.50%.

Los resultados más altos para la incidencia se presentaron en el material de maíz VS-535 con el tratamiento a semilla con las tres cepas diferentes; para la cepa *T. asperellum* se llegó a tener 75.00%, seguida de la cepa *T. harzianum* con 63.75% y en tercer lugar la cepa *T. longibrachiatum* con un 58.75% estos tratamientos rebasan la incidencia que se presenta en los cuatro testigos, también se incluye al maíz VS-535 con tratamiento a semilla y tratamiento foliar con la cepa *T. longibrachiatum* como uno de los niveles más altos de incidencia con un valor del 57.50% aun arriba de los testigos.

Con relación a los factores B (tratamientos) y el factor C (cepas y testigo) para incidencia, el tratamiento a semilla más el tratamiento foliar con la cepa *T. harzianum* presentó el valor más bajo con una media del 36.97% comparado con el testigo con una media de 44.68%, el valor más alto para incidencia se presentó en el tratamiento a semilla con la cepa *T. asperellum* con 45.93%, valor arriba de la media del testigo 44.68%.

Al analizar las medias de cada uno de los factores por separado se pudo conocer los siguiente; entre los diferentes materiales de maíz, el VS-535 presento el más alto nivel de incidencia, con 48.64% y el VS-529 presento la más baja con 32.02% en comparación con los testigos, la incidencia más alta se presentó en el criollo con un 56.25% y la más baja con 36.25% valor que corresponde al Híbrido.

Con relación al factor que corresponde a los tratamientos, el tratamiento más eficiente fue el T. semilla + T. foliar con una media con valor de 38.04% seguido del T. foliar con 38.42% con un comportamiento muy similar entre ambos tratamientos y por último el T. semilla con el valor más alto para incidencia con 44.76%.

Con relación a los resultados de las medias que comprenden al factor C (cepas y testigo), la cepa con mejores resultados fue *T. harzianum* con 36.97%, seguida de la cepa, *T. asperellum* con 39.04% y la cepa *T. longibrachiatum* con 40.93%.

Chandra *et al*, (2008) reportaron resultados positivos en cuanto al efecto de *T. harzianum* de tratamientos en la incidencia de la pudrición de mazorca, observaron una reducción significativa de la enfermedad en el estado de Karnataka, India, al evaluar en tres genotipos de maíz con tratamientos a semilla, tratamiento foliar y tratamientos a semilla más tratamiento foliar, concluyeron que el mejor tratamiento para reducir la incidencia de la pudrición de la mazorca fue el T. s + T. f, seguido del T. s y el T. f. los mismos autores en el año 2009 reportaron a *Pseudomonas fluorescens* como una bacteria capas de disminuir la incidencia de pudrición de mazorca, tomando en cuenta el mismo tipo de tratamientos que se utilizó para *T. harzianum*, reportando como mejor tratamiento al T. s + T. f seguido del T. s y el T. f.

Castro (2013) reporto como la mejor técnica para reducir la incidencia de la pudrición de la mazorca al tratamiento a semilla más el tratamiento foliar con una incidencia del 46.87% seguida por el tratamiento de aplicación foliar con

24.22% y el tratamiento de semilla 55.31% , los tres tratamientos redujeron la incidencia de la pudrición de la mazorca significativamente ($P < 0.01$).

Evaluación para la Severidad de la Pudrición de la Mazorcas con Relación al Efecto Antagónico de *Trichoderma* spp.

La severidad se analizó de acuerdo al Cuadro (5), midiendo las lesiones según el nivel de daño observado en las mazorcas para cada tratamiento.

La estimación de la severidad de la pudrición en las mazorcas, se hizo mediante un sistema de evaluación de 0-7 clases siguiendo el método de Reid *et al.* (1996), citado por Chandra (2008), que fue tomado y diseñado a criterio del evaluador, tomando en cuenta la recomendación y las sugerencias que se mencionan en el artículo, de tal forma que se describe a continuación el sistema de evaluación de utilidad para este estudio.

Las clases fueron designadas por el evaluador a criterios de realizar una estimación cualitativa de la infestación si esta se presentaba por lo que los rangos quedaron de la manera siguiente:

Evaluación de severidad de pudrición de mazorca

Los resultados del análisis estadístico para severidad demuestran niveles relativamente muy bajos en los tres tratamientos; el T. f fue el que presento la severidad más baja con 3.97%, seguido por T. s + T. f con 4.28% y muy similar al T. f con 4.61%, en comparación con el testigo con 4.86%, como se demuestra en los resultados, los tres tratamientos se ubican en la clase dos de la escala de (Reid *et al*, 1997).

La cepa *T. asperellum* mantuvo el nivel de severidad más bajo con 3.93% seguida de la cepa *T. harzianum* con 4.06% y *T. longibrachiatum* con 4.32% de severidad. Con respecto al testigo el cual presento 4.86%, las tres cepas y el testigo mantuvieron el nivel de severidad de la pudrición en la escala dos de Reid *et al.* (1997) con relación a la media ponderada. La prueba de

Friedman confirmo que al menos dos tratamientos son diferentes al nivel de significancia de 0.05 mostrando diferencia significativa.

Castro (2013) reporto en un experimento similar, un mejor control para la severidad con el tratamiento a semilla más el tratamiento foliar con 2.34% de severidad, seguido por el tratamiento foliar con 2.41% y 2.42% de severidad para el tratamiento a semilla, los tres tratamientos los ubico en la clase dos de la escala de Reid *et al.* (1996) con respecto al el testigo presento 10.89% de severidad, es decir, un porcentaje más alto de severidad y se ubicó en la clase tres de la misma escala con relación a las media ponderadas.

Cuadro No. 5. Medias ponderadas de severidad para pudrición

Genotipos y Tratamientos	FACTOR C (Cepas)			Testigo
	<i>T. a</i>	<i>T. l</i>	<i>T. h</i>	
Criollo T. s	4.5450	2.9800	5.3150	5.6475
Criollo T. f	4.0025	4.4675	3.1050	5.6475
Criollo T. s + T. f	3.1350	4.4450	4.8950	5.6475
VS-529 T. s	3.1900	5.7825	4.1525	3.8400
VS-529 T. f	4.3750	3.1775	2.9825	3.8400
VS-529T. s + T. f	3.2075	3.9850	4.7250	3.8400
VS-535 T. s	6.2625	4.9725	5.1675	5.4600
VS-535 T. f	4.4575	4.4050	3.5500	5.4600
VS-535 T. s + T. f	3.4700	5.4600	3.6575	5.4600
Hibrido T. s	3.2975	4.7425	4.0350	4.3875
Hibrido T. f	2.6800	3.7725	3.3425	4.3875
Hibrido T. s + T. f	4.5750	3.7525	3.9050	4.3875

Las tres cepas controlaron la pudrición de la mazorca; *T. asperellum* mostro 3.93% de severidad, seguido de *T. harzianum* con 4.07% y 4.33% para *T. longibrachiatium*.

Castro (2013) reporto a *T. harzianum* como la mejor cepa para reducir el porcentaje de severidad de la pudrición de mazorca con 2.36% de severidad, 2.40 y 2.46% para *T. longibrachiatium* y *T. asperellum* respectivamente.

Cuadro No. 6. Tabla de resultado con la eficiencia técnica de *Trichoderma* spp. respecto a la severidad de la mazorca mediante los tres tratamientos en los cuatro genotipos de maíz.

Genotipos y Tratamientos	FACTOR C (CEPAS)		
	T. a	T. l	T. h
Criollo T. s	19.52	47.23	5.89
Criollo T. f	29.13	20.89	45.02
Criollo T. s + T. f	44.49	21.29	13.32
VS-529 T. s	16.96	50.59	8.14
VS-529 T. f	13.93	17.25	22.33
VS-529T. s + T. f	16.47	3.78	23.05
VS-535 T. s	14.70	8.93	5.36
VS-535 T. f	18.36	19.32	34.98
VS-535 T. s + T. f	36.45	0.00	33.01
Hibrido T. s	24.84	8.09	8.03
Hibrido T. f	38.92	14.02	23.82
Hibrido T. s + T. f	4.27	14.47	11.00

La mayor eficiencia sobre el control para la severidad de la pudrición de mazorca se obtuvo con el tratamiento foliar con 24.83%, seguido por el tratamiento combinado (tratamiento a semilla más el tratamiento foliar) con 18.47% y el tratamiento a semilla con 18.19% de eficiencia.

Las tres cepas presentaron un porcentaje de eficiencia bajo, la cepa con mayor eficiencia con 23.17% le corresponde a *T. asperellum*, en segundo lugar la cepa *T. harzianum* con 19.45%, seguida de la cepa *T. longibrachiatum* con 18.87% de eficiencia, en comparación con los resultados de (Castro, 2013) en su experimento similar al presentado, el encontró valores mucho más altos en relación a la eficiencia de los tratamientos y de las cepas de *Trichoderma* utilizadas. Al ser discutida esta gran diferencia de eficiencias entre ambos experimentos, se llegó a una conclusión; los factores climáticos que se presentaron durante la etapa de floración y de madurez, la mala cobertura de la mazorca de los genotipos de maíz y el daño ocasionado por insectos

favorecieron el desarrollo del patógeno ocasionando una pudrición de mazorca mayor a la esperada.

A pesar de los altos niveles de pudrición de mazorcas que se observaron durante la cosecha, debido a las condiciones climatológicas que presentaron: fuertes lluvias y alta humedad que ofrecieron condiciones adecuadas para que los hongos fitopatógenos que provocaron la pudrición, ocasionaran mayor daño de lo esperado, logrando que en algunos de los tratamientos se encontrara mayor incidencia y severidad de pudrición que en los testigos establecidos, al realizarse las evaluaciones correspondientes, se encontraron buenos resultados, a pesar de las situaciones climatológicas, los tratamientos utilizados con las tres cepas en los cuatro genotipos de maíz demostraron control para la pudrición de la mazorca.

Las condiciones climáticas que se presentaron, provocaron que algunas cepas de *Trichoderma* se comportaran como hongo contaminante, ya que colonizaron una cierta parte de las mazorcas con su micelio color verde.



Figura No. 7. *Trichoderma* sp. como hongo contaminante en mazorca de maíz. Tepalcingo, Morelos. Departamento de Parasitología, (UAAAN, 2014).

Se llevó una muestra al laboratorio del Departamento Parasitología de la UAAAN para su identificación del hongo presente en las mazorcas y dio positivo para *Trichoderma* sp.

Romero (2009) reporto que la incidencia y severidad de los "mohos verdes" en la producción de hongos comestibles se refleja en la aparición de formas altamente agresivas de éstos patógenos, como es el caso de los biotipos de *Trichoderma harzianum* (Th1, Th2., Th3 y Th4), que han sido encontrados en Europa y Norte América, donde la importancia de la patogenicidad de dicho "moho" se comprobó en 1995 con las pérdidas del 30-100% en las plantas de hongos comestibles en Chester, Pennsylvania. En México se han identificado diversos "mohos contaminantes", entre los cuales *Trichoderma* spp., se encuentra frecuentemente en la producción de hongos comestibles (*Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* y *Lentinula edodes*)

Evaluación de la Relación entre *Trichoderma* spp. y el Rendimiento de Producción de Grano de Maíz.

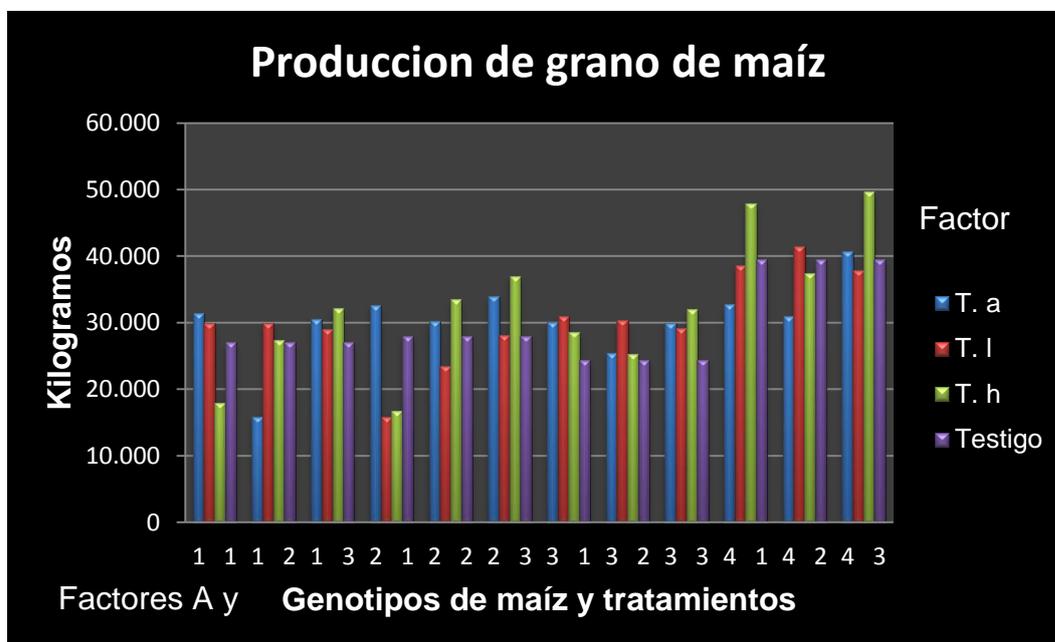


Figura No. 8. Resultado con el rendimiento en Kg/Tratamiento de grano de maíz. Departamento de Parasitología, (UAAAN, 2014).

Como lo demuestra la gráfica existe una relación entre las cepas de *Trichoderma* y el rendimiento de producción de grano de maíz. La cepa *T. harzianum* sobresale en más 50% del total de los tratamientos con un rendimiento de 49.67 Kg y una estimación de 7.64 Ton/Ha, principalmente en el maíz Híbrido con tratamiento a semilla más el tratamiento foliar, seguido del maíz Híbrido con tratamiento a semilla con la cepa *T. harzianum* con un rendimiento de 47.93 Kg y una estimación de 7.37 Ton/Ha, comparado con los testigo con rendimiento de 39.53 Kg estimación a 6.08 Ton/Ha, existe mayor producción en los tratamientos ya mencionados.

También se logró observar que el maíz criollo con el tratamiento foliar con las cepa *T. asperellum*, presento el más bajo rendimiento de todos los tratamientos incluso con menor valor de 15.81 Kg con una estimación de 2.432 Ton/Ha al ser comparados con los testigos, seguido del maíz VS-529 con tratamiento a semilla con la cepa *T. longibrachiatum* con un valor de rendimiento de 15.83 Kg con una estimación de 2.435 Ton/Ha.

NOTA: El rendimiento en Kg de los tratamientos son solo de pequeñas parcelas de 65 m².

Trichoderma harzianum, además de un marcado efecto bioplaguicida, se destaca como bioestimulante foliar, por lo que su aplicación en el cultivo del tomate en condiciones de cultivo protegido, posibilita aumentar el crecimiento de las plantas, obtener mayores rendimientos agrícolas, calidad biológica del fruto, mayor eficiencia económica y disminución de los riesgos ambientales (Alayo y Rodríguez, 2013).

El hongo *Trichoderma harzianum* inhibe el desarrollo de patógenos y contribuye con la nutrición en la planta al degradar las celulosas y ligninas de los materiales orgánicos que se encuentran en el suelo. Crece y coloniza muy rápidamente el suelo, protegiendo las raíces de las plantas, quitándole espacio a los fitopatógenos por antagonismo. Regula las enfermedades en los lotes altamente contaminados y las disminuyen en un mediano plazo (Tomita, 2002; Bocour, 2006) citado por (Alayo y Rodríguez, 2013).

CONCLUSIONES

- Las tres especies de *Trichoderma* demostraron ser una forma de control biológico para la pudrición de la mazorca del maíz (*Fusarium* sp.).

- Las tres cepas de *Trichoderma* redujeron significativamente la incidencia y la severidad de la pudrición de la mazorca.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. Ed. Elsevier Academic Press. San Diego, California. 922 pp.
- Alayo, M. O. y F. A. Rodríguez, F. 2013. Impacto del *Trichoderma harzianum* A-34 sobre crecimiento, productividad y rendimiento del cultivo del tomate. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos82/impacto-trichoderma-harzianum-tomate/impacto-trichoderma-harzianum-tomate3.shtml#ixzz2lq4VBwj>. [Consulta: Noviembre 2013]. 3 p.
- Alexopoulos, C. J. y Mims, C. W. 1979. "Introductory of Mycology". Third Edition. John Wiley & Sons, New York, USA. 632 pp.
- Alexopoulos, C., J.; C. W. Mins and M. Blackwell. 1996. Introductory Mycology. Fourth Edition, Wiley & Sons, Incorporated John, New York, USA. 868 pp.
- Alezones, J. y Gonzales, Alex. 2009. Efecto de diferentes fungicidas sobre la incidencia de *Fusarium verticillioides*. Fitopatología de Venezuela. Vol. 22, No. 2. Pp 31 y 32.
- Apodaca, S. M. A., y J. A. Quintero, B. 2013. Agrosíntesis, pudrición de la mazorca. [Documento en línea]. Disponible en: <http://agrosintesis.com/component/content/article/49-front-page/326-pudricion-de-la-mazorca>. [Consulta: Junio 2013].
- Argumedo, D., R.; Alarcon.; Ferrera, C., R. y Peña, C., J. J. 2009. El género fúngico *Trichoderma* y su relación con contaminantes orgánico e inorgánico. Microbiología. Vol. 25. No. 4. Pp 257-259.
- Bush, B. J.; L. Carson. M.; A. Cubeta, M.; M. Hagler, W. and A. Payne, G. 2004. Infection and fumonisin production by *Fusarium verticillioides* in developing maize kernels. Phytopathology. Vol. 94, No.1. Pp 88-93.
- Cantu, J. M. R., 1998. Distribución de cepas de *Fusarium moniliforme* productoras de fomonisina B1 en maíz cultivado en el estado de Nuevo León, tesis de post-grado. San Nicolás de los Garza, Nuevo León. P 4.

- Cardwell, K. F., Kling, J. G., Maziya-Dixon, B., and Bosque-Pérez, N. A. 2000. Interactions between *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus flavus*, and insect infestation in four maize genotypes in lowland Africa. *Phytopathology*. Vol. 90, No. 3. Pp 276-284.
- Carmona, M. y M. Scandiani (2011). Importancia y control de *F. verticilloides* en semillas de maíz. Propuesta para su manejo. *Fitopatología*. FAUBA. Laboratorio agrícola Rio Paraná. San Pedro. 76 p.
- Castro del A. E. 2011. Interacción de *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (Sin. *F. moniliforme* Sheld.) en diferentes materiales de maíz y evaluación *in vitro* con *Trichoderma* spp. como biocontrol. Tesis de licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 61 p.
- Castro del A. E. 2013. Control de *Fusarium verticillioides* en genotipos de maíz con especies de *Trichoderma* bajo condiciones de campo. Tesis de Maestría, UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. Pp 21-35.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (CIMMYT). 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Programa de Maíz. Cuarta Edición. México, D.F.: CIMMYT. P 67.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2013. *Fusarium* and *Giberella* stalk rot (extended information). [Documento en línea]. Disponible en: <http://maizedoctor.cimmyt.org/index.php/es/plagas-y-enfermedades/236?task=view>. [Consulta: Noviembre 2013].
- Chandra, N, S., Udaya, S. A. C., Reddy. M. S., Niranja, S. R., Prakash, H. S. Shetty, H. S. and Paulino, M. C. A. N. 2009. Control of *Fusarium verticillioides*, cause for ear rot of maize, by *Pseudomonas fluorescens*. *Pest Manag Sei*. Vol. 65. Pp769-775.
- Chandra, N, S., Udaya, S. A. C., Reddy. M. S., Niranja, S. R., Prakash, H. S. Shetty, H. S. and Paulino, M. C. A. N. 2008. Seed biopriming with novel strain of *Trichoderma harzianum* of the control of toxigenic *Fusarium verticillioides* and fumonisins in maize. *Archives of Phytopathology and Plan protection*. Vol. 43, No. 3. Pp 264-282.
- Cheng, C. H., Yang, C. A., and Peng, K. C. 2012. Antagonism of *Trichoderma harzianum* ETS 323 on *Botrytis cinerea* mycelium in culture conditions. *Phytopathology* Vol.102, No. 11, Pp1054-1063.

- Clements, M. J., Kleinschmidt, C. E., Maragos, C. M., Pataky, J. K., and White, D. G. 2003. Evaluation of inoculation techniques for *Fusarium* ear rot and fumonisin contamination of corn. *Plant Dis.* Vol. 87 No. 2. Pp147-153.
- Cotten, T. K., and Munkvold, G. P. 1998. Survival of *Fusarium moniliforme*, *F. proliferatum*, and *F. subglutinans* in maize stalk residue. *Phytopathology.* Vol. 88, No. 6, Pp550-555.
- Cruz, M. L., C. 2007. Estandarización de procesos de producción masiva del hongo *Trichoderma koningii* Th003 mediante fermentación bifásica a escala piloto. Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Bogotá, D. C. Junio del 2007. 87 p.
- Ezziyyani, M., Perez, S. C., Ahmad, S. A., Requena M. E. y Candela M. E. 2004. *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Anales de biología.* 26:35-45.
- Organizacion de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, (FAO). 2013. Consulta, la importancia del maíz [Documento en línea]. Disponible en:http://www.fao.org/economic/esa/seed2d/projects2/market_sseedsdiversity/casestudies/mexico/es/. [Consulta: Agosto del 2013].
- Organizacion de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, (FAO), 2013. Consulta sobre la producción mundial del maíz [Documento en línea]. Disponible en: http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/en/?dyna_fef%5Buid%5D=143943. [Consulta: Septiembre 2013].
- Ferreyra, A. 2010. Prometedora alternativa para el control de la infección del maíz. Universidad Nacional de Rio Cuarto. Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químico y Naturaleza, Agosto 2010. [Documento en línea]. Disponible en: <http://infouniversidades.siu.edu.ar/noticia.php?id=1000>. [Consulta septiembre 2013].
- García, A., G. y Martínez, F., R. 2010. Especies de *Fusarium* en granos de maíz recién cosechado y desgranado en el campo en la región de la ciudad de Serdán, Puebla. México D.F. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* Vol. 81, No. 1. Pp 15-20.

- Gleen, A., E.; Gold, S., E. and Bacon, C., W. 2002. Fdb1 and Fdb2, *Fusarium verticillioides* Loci Necessary for Detoxification of Preformed Antimicrobials from Corn. Vol. 15, No. 2. Pp 91-101.
- Garret, S., D. 1965. Ecology of soil-borne plant pathogens. Prelude to biological control. En: Baker, K. F., y Snyder, W. C (Eds). Toward biological control of soil-borne plant pathogens. California: University California Press. P 10.
- Hernández, J. A. 2008. *Trichoderma* en el control de enfermedades de plantas. Universidad de Zulia Facultad de Agronomía del estado de Zulia, Venezuela. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.oocities.org/ecologialuz/trichoderma3.htm>. [Consulta: Agosto 2013].
- Hernández, O.; Herrera, R. y Castillo, H. 2009. *Trichoderma* spp, una alternativa para el control de hongos Fitopatógenos. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma del Estado de Coahuila. Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.postgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC17/cc17trichoderma.html>. [Consulta: Septiembre 2013].
- Hernández, J. A. 2009. *Trichoderma* en el control de enfermedades de plantas. Universidad de Zulia Facultad de Agronomía del estado de Zulia, Venezuela. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.oocities.org/ecologialuz/trichoderma3.htm>. [Consulta: Agosto 2013].
- Hoyos, C. L.; Duque, G.; Orduz, S. 2008. Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma* spp. sobre aislamientos de *Sclerotinia* spp. y *Rhizoctonia* spp. Revista colombiana de ciencias hortícolas. Vol. 2 No. 1. 2008. Pp 76-86.
- Humberto, V. C., A. 2004. Evaluación de la capacidad biocontroladora de dos cepas nativas de *Trichoderma* spp. sobre aislados hongos Basidiomicetes asociado a muertes de brazos en Kiwi. Tesis licenciatura. Universidad de Talca, Facultad de ciencias agrarias, Escuela de Agronomía. Talca, Chile, 2004. Pp 1-8.

- Iglesias, J.; Preseyo, D.; Botta, G., L.; Fauguel, C. y Eyherabide, G., H. 2011. Formación de híbridos resistentes a *Fusarium verticilloides* en maíz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/maiz/articulos/fusarium-verticillioides-t3877/417-p0.htm>. [Consulta: Mayo 2013].
- Izzddein, A., N. y Medina, T. L. 2011. Efecto de control biológico por antagonistas sobre fitopatógenos en vegetales de consumo humano. Centro de Investigaciones Microbiológicas. Vol. 15, No. 3. P 9.
- Limón, M. C., Pintor-Toro, J. A., and Benítez, T. 1999. Increased antifungal activity of *Trichoderma harzianum* transformants that overexpress a 33-kDa chitinase. *Phytopathology* Vol. 89, No. 3. Pp254-261.
- Martínez, M., Moschini, R., Barreto, D., Bodega, J., Comerio, R., Forjan, H., Piatti, F., Presello, D and Valentinuz, O. 2010. Factores ambientales que afectan el contenido de fumonisina en granos de maíz. Vol. 35, No. 5. Pp 277-284.
- Mastouri, F.; Björkman, T. y Harman, G., E. 2012. *Trichoderma harzianum* Enhances Antioxidant Defense of Tomato Seedlings and Resistance to Water Deficit. Vol. 25. No. 9. Pp1264-1271.
- Maya, H. V.,B. 2013. *Trichoderma harzianum*. Conocimientos con todos y para todos EcuRed. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Trichoderma_harzianum [Consulta: Agosto 2013].
- Mazzani, C., Luzón, O., Chavarri, M., Fernández, M. y Hernández, N. 2008. *Fusarium verticillioides* y fumonisinas en maíz cosechado en pequeñas explotaciones y conucos de algunos estados de Venezuela. *Fitopatol. Venez.* Vol. 21. Pp 18-22.
- Mendoza, M., E.; E, Andrio., E.; A, Lopez., B.; R, Rodriguez., Guerra.; L, Latournerie., Moreno.; S, A. Rodriguez., Herrera. 2006. Tasa de pudrición del tallo en el maiz causado por *Fusarium moniliforme*. *Agronomía Mesoamericana*. Celaya, Guanajuato, México. Vol. 17, No. 1. Pp 19-24. 2004.

- Michel, A. A., C. 2001. Cepas nativas de *Trichoderma* spp. Euscomycetes: Hypocreales, sus antibiosis y micoparasitismo sobre *Fusarium subglutinans* Y *F. oxysporium* (Hiphomycetes: Hyphales). Pp 10-40.
- Monzón, A. y J. L. Rodríguez. T. 2013. SEIMC. Sociedad Española de enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. Infecciones causadas por el género *Fusarium*. Instituto de salud Carlos III. Majadahona, Madrid. 6 p.
- Moreno, M. E y Zamor, J., J. Guía para evitar problemas causados por hongos en semillas y granos almacenados. UNAM, División de Agronomía, Mercksharp y Dohme de México, S.A. de C. V. Pp. 1-8.
- Munkvold, G. P., and Carlton, W. M. 1997. Influence of inoculation method on systemic *Fusarium moniliforme* infection of maize plants grown from infected seeds. Plant Dis. Vol.81, No. 2. Pp211-216.
- Nadal, A.; Wise, T. A. 2002. Los costos ambientales de la liberación agrícola: el comercio del maíz entre México y EE.UU en el marco NAFTA. Consultado el 18 de septiembre del 2013, México. 53 p.
- Nicholls, E. C., I. 2008. Control biológico de insectos. Editorial Universidad de Antioquia. Primera edición. Medellin, Colombia. P 1.
- Oren, L.; S, Ezrati.; A, Sharon. 2003. Early Events in the *Fusarium verticillioides*-Maize Interaction Characterized by Using a Green Fluorescent. Protein-Expressing Transgenic Isolate. Appl Environ Microbiol, March 2003. Vol. 69. No.3. Pp 17-30.
- Pereitti, D. A., U.; M. C. Nazar. L.; C. A., Biasutti. V.; L. M., Giorda. L. 2007. Susceptibilidad a *Fusarium vertivillioides* (SACC.) Nirenberg en la población de maíz mpb-fca 856¹. Agronomía Mesoamericana 18(2): 171-176. 2007. ISSN: 1021-7444. P 172.
- Quiroz, S. V., F.; Ferrera, C., R.; Alarcon, A. y Lara, H. M., E. 2008. Antagonismo *invitro* de cepas de *Aspergillus* y *Trichoderma* hacia hongos filamentosos que afectan al cultivo de ajo. Revista mexicana de micología 26: 27-34.

- Rodríguez, M., A.; Guillén, S., C.; Uva, M., V.; Segura, M., R.; Laprade, C., S. y Sandoval, F., J. 2010. Proyecto demostrativo con implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el cultivo de banano. Dirección de Investigaciones, Centro de Control Biológico. Proyecto REP-Car. Pp 1-3
- Romero, S., C. 1988. Hongos Fitopatógenos. Patronato Universitario. Ed Luciano Tress V. UACH. Estado de México, Mex. 347 p.
- Samuels, G. J. 2006. *Trichoderma*: Systematics, the sexual state, and ecology. Phytopathology. Vol. 96, No. 2. Pp195-206.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Consulta, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP), (SAGARPA) 2011. Consulta, maíz: números esenciales de un cultivo fundamental, producción mundial [Documento en línea]. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=367:numeros-fundamentales-de-un-cultivo-fundamental&catid=6:boletines&Itemid=569. [Consulta: Agosto 2013].
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Consulta, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP), (SAGARPA) 2012. Principales países productores de maíz a nivel mundial. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/publicaciones/siaprendes/010.html>. [Consulta: Agosto 2013].
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Consulta, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP), (SAGARPA) 2013. Consulta de datos sobre la producción anual de maíz en el estado de Morelos. [Consulta sobre las estadísticas de producción de maíz del estado de Morelos 2012. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=347. [Consulta: Agosto 2013].
- Summerell, B., A.; Salleh, B. y Lesli, J. F. 2003. A Utilitarian Approach to *Fusarium* identification. The American Phytopathological Society. Vol. 87, No. 2. Pp 117-128.

- Trujillo, C., A. (2009). Guía para cultivar maíz bajo condiciones de temporal en el estado de Morelos. Guía técnica, SAGARPA - INIFAP - CIRPAS. Primera edición. Imprenta Qualy Servicios Integrales. Delegación Coyoacán. C.P. 04010, México D.F. 13 p.
- Trujillo, C., A. (2009)*. Guía para cultivar maíz bajo condiciones de riego en el estado de Morelos. Guía técnica, SAGARPA - INIFAP - CIRPAS. Primera edición. Imprenta Qualy Servicios Integrales. Delegación Coyoacán. C.P. 04010, México D.F. 13 p.
- Varón, A., F. y Sarria, V., G. A. 2007. Enfermedades del maíz y su manejo. Ed Grupo de transferencia de tecnología, Instituto Colombiano Agropecuario. Palmira, Bogotá, D. C., Colombia. Pp 8-32.
- Velluti, A., P. 2002. Ecofisiología de especies de *Fusarium* productoras de fumosina, zearalenona y deoxinivalenol en maíz: aceites esenciales como inhibidores fúngicos [Tesis de Doctorado]. Universidad de Lerida, Lerida, Lleida, España. Pp 2-15.
- Williams, M. A., and Munkvold, G. P. 2008. Systemic infection by *Fusarium verticillioides* in maize plants grown under three temperature regimes. Plant Dis. Vol. 92, No. 12. Pp1695-1700.

Apéndice

Análisis de varianza de incidencia para pudrición de mazorcas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	921.062500	307.020844	1.8130	0.146
FACTOR A	3	7803.156250	2601.052002	15.3598	0.000
FACTOR B	2	1824.562500	912.281250	5.3872	0.006
FACTOR C	3	1546.500000	515.500000	3.0441	0.030
A X B	6	2982.343750	497.057281	2.9352	0.010
A X C	9	4477.093750	497.454865	2.9376	0.003
B X C	6	1222.750000	203.791672	1.2034	0.307
A X B X C	18	5313.843750	295.213531	1.7433	0.038
ERROR	141	23877.187500	169.641751		
TOTAL	191	49968.500000			

C.V. = 32.2016%

Medias para el factor A (genotipos), para pudrición de mazorca.

Genotipos	MEDIA
Criollo	42.708332
VS-529	32.020834
VS-535	48.645832
Hibrido	39.270832

Medias para el factor B (tratamientos), para pudrición de mazorca.

Tratamientos	MEDIA
T. s	44.765625
T. f	38.421875
T. s + T. f	38.046875

Medias para el factor C (cepas de *Trichoderma*), para pudrición de mazorca.

Cepas	MEDIA
<i>T. asperellum</i>	39.041668
<i>T. longibrachiatium</i>	40.937500
<i>T. harzianum</i>	36.979168
Testigo	44.687500

Relación entre los resultados de los factores A Y B (genotipos y tratamientos), para pudrición de mazorca.

Genotipos	Tratamientos			MEDIA
	T. s	T. f	T. s +T. f	
Criollo	47.8125	42.8125	37.5000	42.7083
VS-529	32.1875	29.6250	31.2500	31.0208
VS-535	61.2500	41.2500	43.4375	48.6458
Hibrido	37.8125	40.0000	40.0000	39.2708
MEDIA	44.7656	38.4219	38.0469	40.4115

Relación entre los resultados de los factores A Y C (genotipos y cepas de *Trichoderma*), para la pudrición de la mazorca.

Genotipos	Cepas				MEDIA
	T. s	T. f	T. s +T. f	Testigo	
Criollo	42.0833	33.7500	38.7500	56.2500	42.7083
VS-529	24.9167	36.6667	23.7500	38.7500	31.0208
VS-535	47.0833	51.6667	48.3333	47.5000	48.6458
Hibrido	42.0833	41.6667	37.0833	36.2500	39.2707
MEDIA	39.0417	40.9375	36.9792	44.6875	40.4115

Relación entre los resultados de los factores B Y C (tratamientos y cepas de *Trichoderma*), para pudrición de mazorca.

Cepas					
Tratamientos	<i>T. a</i>	<i>T. l</i>	<i>T. h</i>	Testigo	MEDIA
T. s	45.9375	45.0000	43.4375	44.6875	44.7656
T. f	37.7500	35.9375	35.3125	44.6875	38.4219
T. s + T. f	33.4375	41.8750	32.1875	44.6875	38.0469
MEDIA	39.0417	40.9375	36.9792	44.6875	40.4115

Relación entre los resultados de medias de los factores A, B y C (genotipos, tratamientos y cepas de *Trichoderma*), para pudrición de mazorca.

Cepas				
Genotipo y Tratamiento	<i>T. a</i>	<i>T. l</i>	<i>T. h</i>	Testigo
Criollo T. s	50.0000	31.2500	53.7500	56.2500
Criollo T. f	40.0000	37.5000	37.5000	56.2500
Criollo T. s + T. f	36.2500	32.5000	25.0000	56.2500
VS-529 T. s	21.2500	42.5000	26.5000	38.7500
VS-529 T. f	32.2500	25.0000	22.5000	38.7500
VS-529T. s + T. f	21.2500	42.5000	22.5000	38.7500
VS-535 T. s	75.0000	58.7500	63.7500	47.5000
VS-535 T. f	36.2500	38.7500	42.5000	47.5000
VS-535 T. s + T. f	30.0000	57.5000	38.7500	47.5000
Hibrido T. s	37.5000	47.5000	30.0000	36.2500
Hibrido T. f	42.5000	42.5000	38.7500	36.2500
Hibrido T. s + T. f	46.2500	35.0000	42.5000	36.2500

Medias ponderadas de los Factores: A, B y C para la severidad causada por la pudrición de la mazorca.

(CEPAS)				
Genotipo y Tratamiento	<i>T. a</i>	<i>T. l</i>	<i>T. h</i>	Testigo
Criollo T. s	4.5450	2.9800	5.3150	5.6475
Criollo T. f	4.0025	4.4675	3.1050	5.6475
Criollo T. s + T. f	3.1350	4.4450	4.8950	5.6475
VS-529 T. s	3.1900	5.7825	4.1525	3.8400
VS-529 T. f	4.3750	3.1775	2.9825	3.8400
VS-529T. s + T. f	3.2075	3.9850	4.7250	3.8400
VS-535 T. s	6.2625	4.9725	5.1675	5.4600
VS-535 T. f	4.4575	4.4050	3.5500	5.4600
VS-535 T. s + T. f	3.4700	5.4600	3.6575	5.4600
Hibrido T. s	3.2975	4.7425	4.0350	4.3875
Hibrido T. f	2.6800	3.7725	3.3425	4.3875
Hibrido T. s + T. f	4.5750	3.7525	3.9050	4.3875

Medias del factor A (genotipo) para severidad

Genotipos	MEDIA
Criollo	4.486042
VS-529	3.924792
VS-535	4.815208
Hibrido	3.938750

Medias del factor B (tratamientos) para severidad

Tratamientos	MEDIA
T. s	4.611094
T. f	3.978281
T. s + T. f	4.284218

Medias del factor C (cepas) para severidad

Cepas	MEDIA
<i>T. asperellum</i>	3.933125
<i>T. longibrachiatium</i>	4.328541
<i>T. harzianum</i>	4.069375
Testigo	4.866750

% de eficiencia técnica de *Trichoderma* spp. respecto a la severidad de la mazorca mediante los tres tratamientos en los cuatro genotipos de maíz.

Genotipo y Tratamiento	(CEPAS)		
	T. a	T. l	T. h
Criollo T. s	19.52	47.23	5.89
Criollo T. f	29.13	20.89	45.02
Criollo T. s + T. f	44.49	21.29	13.32
VS-529 T. s	16.96	50.59	8.14
VS-529 T. f	13.93	17.25	22.33
VS-529T. s + T. f	16.47	3.78	23.05
VS-535 T. s	14.70	8.93	5.36
VS-535 T. f	18.36	19.32	34.98
VS-535 T. s + T. f	36.45	0.00	33.01
Hibrido T. s	24.84	8.09	8.03
Hibrido T. f	38.92	14.02	23.82
Hibrido T. s + T. f	4.27	14.47	11.00

Radios de crecimiento del patógeno (RCP) y radios de crecimiento de antagonistas (RCA), correspondientes a cultivos duales evaluados a las 120 horas.

Repetición	<i>T. asperellum</i>		<i>T. longibrachiatum</i>		<i>T. harzianum</i>	
	RCA (cm)	RCP (cm)	RCA (cm)	RCP (cm)	RCA (cm)	RCP (cm)
1	4,3	4,2	3,8	4,7	4,5	4
2	4,6	3,9	4,5	4	4,5	4
3	4,5	4,00	4,5	4	4,6	3,9
4	4,5	4,00	4,5	4	4,4	4,1
5	4,6	3,9	5	3,5	4,7	4,2
Testigo		4,3		5,1		4,2

Análisis de varianza para la prueba de antagonismo con *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium* sp.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	2.231079	1.115540	0.0426	0.959
ERROR	12	314.368408	26.197367		
TOTAL	14	316.599487			

C.V.= 44.82 %

Medias para la prueba de antagonismo

TRATA	REP	MEDIA
<i>T. asperellum</i>	5	11.762001
<i>T. harzianum</i>	5	10.880000
<i>T. longibrachiatum</i>	5	11.614000

Resultado con el rendimiento en Kg/Tratamiento.

FACTORES A B		FACTOR C		
Genotipos y Tratamientos	<i>T. a</i>	<i>T. l</i>	<i>T. h</i>	<i>Testigo</i>
Criollo T. s	31.365	29.850	17.965	27.000
Criollo T. f	15.815	29.935	27.425	27.000
Criollo T. s + T. F	30.485	28.990	32.170	27.000
VS-529 T. s	32.555	15.835	16.680	28.000
VS-529 T. f	30.185	23.395	33.475	28.000
VS-529 T. s + T. F	33.925	28.045	37.010	28.000
VS-535 T. s	29.995	30.900	28.640	24.320
VS-535 T. f	25.465	30.345	25.210	24.320
VS-535 T. s + T. F	29.970	29.090	31.990	24.320
Hibrido T. s	32.705	38.561	47.935	39.535
Hibrido T. f	30.955	41.480	37.405	39.535
Hibrido T. s + T. F	40.680	37.765	49.672	39.535