

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Calidad Fisiológica, Identificación de Hongos y su Incidencia en la Pudrición de la
Mazorca de Maíz *Zea mays* L. en el Municipio de La Trinitaria, Chiapas

Por:

OMAR HERNÁNDEZ PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Calidad Fisiológica, Identificación de Hongos y su Incidencia en la Pudrición de la
Mazorca de Maíz *Zea mays* L. en el Municipio de La Trinitaria, Chiapas

Por:

OMAR HERNÁNDEZ PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. Abiel Sánchez Arizpe
Asesor principal



Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda
Coasesor



Ing. José Luis Arispe Vázquez
Coasesor Externo



Dr. Gabriel Sallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre de 2018



AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de vivir, por ser mi guía en mi camino, por brindarme la sabiduría y fuerzas necesarias para lograr salir adelante de los momentos difíciles que se presentaron en mi vida, que sin tu ayuda mi Dios nada hubiera sido posible, por ello eternamente agradecido por permitirme consumir mi sueño anhelado.

A mi **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)**, por haberme cobijado durante estos años de mi formación, sin lugar a duda mi segunda casa donde viví experiencias inolvidables que se quedan marcadas por siempre en mi vida, por permitirme adquirir los conocimientos necesarios para aplicarlos al desarrollo del campo agrícola.

A mi familia por la confianza, el gran apoyo económico y los consejos sabios que me brindaron durante mi formación profesional, sin lugar a duda son los mejores, gracias por creer en el proyecto.

Al **M.C. Abiel Sánchez Arizpe** por apoyarme en todo momento cuando lo necesitaba, así mismo por estar al pendiente de esta investigación realizada en su equipo de trabajo, gracias por ser un amigo en el que sin lugar a duda siempre contare con su apoyo incondicional.

A la **Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda** por aceptar formar parte de este equipo de trabajo, así como su tiempo y dedicación en la elaboración de esta investigación.

Al **Ing. José Luis Arispe Vázquez** por su tiempo y paciencia para la realización de esta investigación, así mismo gracias por brindarme su amistad y ayudarme en todo momento cuando lo necesitaba, le deseo lo mejor de los éxitos en cada meta que se plantee.

DEDICATORIA

A mis Padres:

María Nicolasa Pérez Espinosa
Francisco Hernández Hernández

Por apoyarme en todo momento, por creer en mi a pesar de haberles fallado una vez, por sus valores inculcados, por creer en este proyecto que comenzamos juntos, gracias a ustedes este logro se consuma y se los dedico de todo corazón a ustedes padres míos. Sin lugar a duda estar lejos de ustedes no fue fácil, los extrañé en la distancia, pero para lograr y cumplir los sueños tenemos que sacrificar cosas valiosas que en futuro rendirán grandes frutos.

A mis abuelos:

Estela Hernández Espinosa
Javier Hernández Zamorano.
Virginia Espinosa García.
Mario Pérez Hernández

Por darme cariño, brindarme los sabios consejos que ustedes han adquirido a lo largo de su vida hicieron de mí una persona diferente, mis segundos padres gracias por creer en mí, y sobre todo enseñarme lo mejor de la agricultura.

A mi novia:

Daniela Ivonne Balderas Muñiz

Por ser la novia más hermosa de todas, por tu gran amor y apoyo incondicional en cada acción que yo realizaba, eres mi mayor inspiración por la que yo lucho y sigo adelante consumando mis metas, eres sin lugar a duda la persona que llegó a mi vida para quedarse, gracias por permitirme vivir los mejores momentos a tu lado, te amo mucho y siempre estaré para ti, muchas gracias mi bonita por tus consejos que hacen de mí una persona diferente, Te amo.

A mis hermanos

María del Carmen Hernández Pérez
Yuliana Hernández Pérez
Jairo de Jesús Hernández Pérez

Por ser los mejores hermanos que Dios me dio en esta vida, gracias por todas las bellas travesuras que vivimos juntos, gracias por creer en mí y apoyarme en todo momento de mi vida, los amo mucho hermanitos.

A mi cuñado

Francisco Javier Martínez Rodríguez

Por ser parte importante de mi formación, gracias por ayudarme a coleccionar insectos que fueron importantes para mi colección entomológica, así mismo gracias por tus consejos.

A mis Padrinos:

Juan Antonio Hernández Hernández
María Elsa Ramírez Aguilar
Rolando Hernández Hernández
Hortensia Solís Vázquez

Por ser los mejores que me ayudaron y aconsejaron que la educación es la mejor herramienta para salir adelante, gracias por creer en este proyecto, e impulsarme a dar lo mejor de mí.

A los señores:

Daniel Balderas y Josefina Muñiz por su valioso apoyo durante mi estancia en la escuela y por todos los sabios consejos que depositaron sobre mí.

A mis amigos: Luis Mereles, Jesús Osvaldo, Edgar Díaz, Sonia Sánchez Salinas por su valiosa amistad y su apoyo durante mi estancia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
Justificación	2
Objetivos	2
Hipótesis	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
El Maíz en el Mundo	3
Importancia del Maíz en México	3
Producción Mundial.....	3
Producción Nacional	4
Producción Estatal	4
Producción Municipal	5
Calidad de la Semilla	5
Enfermedades del Maíz	5
Enfermedades Asociadas a Granos.....	6
Géneros de Hongos Toxigenicos	6
Clasificación Taxonómica de <i>Fusarium verticillioides</i>	7
Características de <i>Fusarium verticillioides</i>	7
Síntomas de <i>Fusarium verticillioides</i>	8

Fuentes de inóculo de <i>F. verticillioides</i>	8
Diseminación de <i>Fusarium verticillioides</i>	9
Toxinas Producidas por <i>Fusarium</i>	9
Características del Género <i>Aspergillus</i>	10
Especies Toxigenicas	11
Características del Género <i>Penicillium</i>	11
Especies toxigenicas	12
Micotoxinas	12
Normatividad y Legislación de Micotoxinas	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Ubicación del Experimento	14
Material Genético	14
Prueba de Sanidad de la Semilla	15
Prueba de papel secante y congelamiento	15
Preparación del Medio de Cultivo.	17
Aislamiento de patógenos.....	18
Preparación de las muestras	19
Evaluación final.....	19
Análisis estadístico	19
Prueba de Germinación	20
Recolección del suelo	20
Germinación	20
Evaluación	21
Análisis estadístico	21
Prueba de vigor.....	21

Prueba de vigor con estrés complejo.....	21
Evaluación	24
Análisis estadístico	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
Identificación	25
Incidencia de los Patógenos sobre la semilla	29
Prueba de Germinación	30
Prueba de Vigor	31
CONCLUSIÓN	32
BIBLIOGRAFÍA	33
APÉNDICE	40

ÍNDICE DE CUADROS

No. Cuadro	Descripción	Pág.
Cuadro 1.	Incidencia de hongos sobre la semilla	29
Cuadro 2.	Que muestra porcentaje de semillas germinadas normales y anormales	30
Cuadro 3.	Que muestra medias de los tratamientos de la prueba de vigor.....	31
Cuadro 4.	Incidencia de hongos sobre la semilla de acuerdo al color de colonia	40
Cuadro 5.	Análisis de varianza de la incidencia de los hongos en las semillas....	42
Cuadro 6.	Tabla de medias	42
Cuadro 7.	Análisis de varianza de la Germinación.....	42
Cuadro 8.	Comparación de medias.....	42
Cuadro 9.	Análisis de Varianza de Vigor.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

No. Cuadro	Descripción	Pág
Figura 1.	Departamento de Parasitología.....	14
Figura 2.	Maíz criollo amarillo.....	14
Figura 3.	Maíz criollo morado.....	15
Figura 4.	Conteo de semillas de cada material.....	15
Figura 5.	Desinfección de semillas.....	16
Figura 6.	Siembra de semillas.....	16
Figura 7.	Charolas en congelador.....	17
Figura 8.	Charolas a temperatura ambiente.....	17
Figura 9.	Preparación de medios.....	18
Figura 10.	Aislamiento de patógenos.....	18
Figura 11.	Identificación de Hongos fitopatógenos.....	19
Figura 12.	Invernadero.....	20
Figura 13.	Prueba de germinación de las semillas.....	20
Figura 14.	A) Planta normal B) Anormal C) No germinada.....	21
Figura 15.	Preparación de la solución.....	22
Figura 16.	Colocación de semillas.....	22
Figura 17.	Aplicación de captan.....	23
Figura 18.	Tratamiento en forma de tacos.....	23
Figura 19.	Plúmula y raíz de maíz.....	24
Figura 20.	Conidióforo y conidias de <i>Aspergillus</i> sp.....	25
Figura 21.	Conidióforo, fíalide y conidias de <i>Penicillium</i> sp.....	26
Figura 22.	Microconidias en cadena de <i>Fusarium verticillioides</i>	27
Figura 23.	Macro y microconidias de <i>Fusarium verticillioides</i>	27
Figura 24.	<i>Trichothecium roseum</i> aislado de maíz.....	28
Figura 25.	Conidias de <i>Trichothecium roseum</i>	28

RESUMEN

El maíz representa para los productores de México el sustento en cuanto a la alimentación dado que de este cereal se derivan gran cantidad de productos como tortillas, atoles, biocombustibles entre otros, hoy en día enfrenta un grave problema relacionada con los hongos fitopatógenos debido a que algunos son causantes de micotoxinas que son dañinas para el consumidor. Los géneros de *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus* destacan cómo los agentes causales de las enfermedades de mayor importancia que ocasionan la pudrición de la mazorca en la región de Chiapas.

El objetivo de esta investigación fue identificar, así como estimar la incidencia de hongos presentes en dos materiales criollos de la Col. Lázaro Cárdenas Municipio de La Trinitaria Chiapas, así como conocer su calidad fisiológica.

Para la detección de hongos se utilizó la prueba del papel secante y congelamiento, en la cual se utilizan 400 semillas de cada genotipo, donde se establecieron 2 tratamientos con 8 repeticiones cada uno, en la que se colocaron en cada charola 50 semillas, las cuales fueron incubadas a temperaturas de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, posteriormente se hicieron los aislamientos y finalmente la identificación de los patógenos, para el caso de la calidad de la semilla se empleó la prueba de germinación de la semilla en arena/tierra en las cuales se colocaron 100 semillas en cada charola con 4 repeticiones de cada genotipo, así como la prueba de vigor con estrés complejo en la cual se utilizaron 400 semillas en 8 repeticiones, los resultados se evaluaron con la prueba de Tukey al 0.05 de significancia mediante el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León, versión 2.5, los géneros identificados fueron; *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Trichotecium* con una incidencia que va del 0.75-33.5 %, así como la germinación de la semilla que va desde el 53 hasta el 79% y vigor con una media desde 5.65 a 6.32 .

Palabras clave: Maíz, Hongo, Incidencia, Vigor, Germinación, Semilla.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) se le ha atribuido, no solo en México sino en toda parte del mundo, en sustento de múltiples grupos de campesinos, es el cultivo básico barato de millones de trabajadores asalariados urbanos y en materia prima estratégica de la ganadería mundial y la industria de alimentos.

Históricamente el maíz es materia prima de la alimentación mexicana, por la superficie que ocupa y el número de productores que lo siembran. Aproximadamente el 75% de la población nacional aprovecha este cereal, la mayor parte de las calorías contenidas en su alimentación.

Los principales usos que se les dan al grano de maíz blanco son; elaboración de harinas, y tortillas y en el sector industrial, para la obtención de barnices, pinturas, el grano amarillo se utiliza para la alimentación del ganado, ser humano, así como la producción de almidón.

En zonas húmedas, las pudriciones de mazorca son importantes, particularmente cuando la precipitación pluvial es mayor que la normal desde la época de la floración hasta la cosecha; en algunas regiones se han registrado daños severos causados por esas enfermedades. Entre las pudriciones de mazorca más relevantes están las inducidas por especies de *Fusarium* que además de reducir el rendimiento son causa del deterioro y mala calidad de los granos, y debido a la capacidad de producir micotoxinas también están relacionadas con enfermedades en humanos y en animales que los consumen.

Las micotoxinas son productos químicos producidos por hongos que son perjudiciales para los seres humanos y los animales domésticos.

Numerosas enfermedades que aparecen en las plantas son ocasionadas por la infección que se lleva en las semillas, las pérdidas acontecen en el periodo de preemergencia causándole la muerte a las plántulas de maíz, lo que provoca grandes pérdidas totales o parciales a los agricultores y no solo causa pérdidas en plántulas sino también granos almacenados, de ahí surge la importancia de este estudio.

Justificación

La presente investigación se realiza debido a que existe poca información en la localidad Lázaro Cárdenas Municipio de La Trinitaria Chiapas sobre hongos asociados a la pudrición de la mazorca de maíz que producen micotoxinas que son graves para los seres humanos, animales y plantas.

Objetivos

- Identificar géneros de hongos asociados a la pudrición de la mazorca de maíz.
- Estimar el daño causado por hongos en los granos de maíz.
- Determinación de vigor y germinación de la semilla.

Hipótesis

- Se espera encontrar al menos 3 géneros de hongos asociados a la pudrición de la mazorca de maíz.

REVISIÓN DE LITERATURA

El Maíz en el Mundo

El maíz es uno de los principales cereales a nivel mundial, México ocupa el cuarto lugar en cuanto a volumen de producción. Es el cultivo más importante, ya que forma parte de la dieta básica de la alimentación de la población humana y pecuaria (SAGARPA, 2014).

Importancia del Maíz en México

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 costumbres de los grupos indígenas de México y otros países de América Central (FAO, 2013).

En México, dada su importancia en la dieta diaria de la población mexicana, de los más de 30 millones de toneladas que se consumen anualmente, solo 22.6 millones se producen en el país (SIAP-SAGARPA, 2014). Es decir, hay un déficit del 28.1% del consumo nacional aparentemente del cual se importan 11 millones de toneladas promedio anual, representando el 30% de la demanda interna de maíz blanco y amarillo (SAGARPA, 2009).

Producción Mundial

USDA (2017) reportó que en el año 2016 la producción mundial de maíz fue de 959.1 millones de toneladas, de los principales países productores de maíz México ocupaba el sexto lugar, siendo los primeros tres; Estados Unidos con 382.4

millones de toneladas, China con 216.1 millones de toneladas y Brasil con 83.5 millones de toneladas.

Producción Nacional

SIAP y SAGARPA (2015) reportaron, que durante el año agrícola 2014 diez estados concentraron el 80.0 por ciento de la producción nacional de maíz grano. Sinaloa se ubica como el principal productor de maíz en el país con una participación de 15.8 por ciento en 2014, lo cual representa un volumen de 3.7 millones de toneladas. En segundo lugar, se encuentra Jalisco con 14.9 por ciento de participación y un volumen de producción de 3.5 millones de toneladas en 2014. En tercer lugar, se encuentra Michoacán con una participación de 8.3 por ciento del total y un volumen de 1.9 millones de toneladas.

Las estadísticas del 2018 del SIAP al 31 de octubre sobre siembras y cosechas en el año agrícola en zona de riego y temporal a nivel nacional, se obtuvieron los siguientes resultados; con relación a las superficies (Hectáreas) sembradas fueron de 6,172,865 ha con un rendimiento de 4.163 ton/ha (SIAP, 2018).

Producción Estatal

Las estadísticas del 2018 del SIAP al 31 de julio sobre siembras y cosechas en el año agrícola en zona de riego y temporal del estado de Chiapas, se obtuvieron los siguientes resultados; con relación a las superficies (Hectáreas) sembradas fueron de 111,736 Ha con un rendimiento de 1.664 ton/ha (SIAP, 2018).

En el sureste de México, el estado de Chiapas es el principal productor de maíz (*Zea mays*) y contribuye con 8.8 % de la producción nacional (SIAP, 2013).

Producción Municipal

En el sector agrícola del municipio de la Trinitaria Chiapas dentro de los principales cultivos cíclicos es el cultivo del maíz el que tiene el 82.9 % de la superficie cosechada siendo el más importante, le sigue el frijol con el 14.1% (PDM. 2011-2012).

Calidad de la Semilla

McDonald (1975) reportó que la calidad de las semillas utilizadas para la siembra, debe reunir ciertos estándares como lo son el físico, fisiológico, sanitario y genético. La calidad física comprende el contenido de humedad (que debe ser baja para favorecer su conservación), ausencia de contaminantes físicos como presencia de semillas extrañas, un bajo contenido de materia inerte, así como la homogeneidad del lote, peso y tamaño de las semillas.

Enfermedades del Maíz

Los hongos *Diplodia maydis*, *Gibberella zea*, *Fusarium verticillioides*, *Nigrospora oryzae*, *Cephalosporium maydis*, *Colletotrichum graminicola*, *Rhizoctoria zae*, *Macrophomina phaseoli* y especies como *Pythium*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Drechslera*, son hongos que producen pudriciones de la semilla o grano y manchas de la plántula (Agrios, 2005).

Las enfermedades ocasionadas por *Giberella*, se encuentran ampliamente distribuidas por todo el mundo y causan pérdidas importantes de hasta un 50%. Las fases más importantes de estas enfermedades son las pudriciones del tallo y la mazorca por (*G. fujikuroi*), los cuales producen ascosporas en peritecios y conidios del tipo *Fusarium* (*F. graminearum* y *F. verticillioides*) (Agrios, 2005).

García y Martínez, (2010) dijeron que *Fusarium graminearum* y *Fusarium verticillioides* inducen la pudrición de la mazorca en campo en la Ciudad Serdán Puebla, además de producir sustancias tóxicas para humanos y animales.

Enfermedades Asociadas a Granos

De los géneros de hongos patógenos identificados en el cultivo y grano de maíz, tanto en el campo y almacén, *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium* son los principales géneros de hongos fitopatógenos productores de sustancias tóxicas de relevante importancia a nivel mundial (Méndez y Moreno, 2013).

Géneros de Hongos Toxigenicos

Las especies de hongos toxigenicos más estudiados se encuentran en la división Deuteromycotina que incluye la gran mayoría de hongos causantes de micotoxicosis. Un número reducido de estas especies se relaciona con intoxicación que se producen por la ingesta de alimentos o piensos (granos, forrajes) contaminados por hongos microscópicos que sintetizan sustancias tóxicas que se denominan micotoxinas (Cabañes *et al.*, 2007).

El género de *Fusarium* fue introducido por Link 1805. Leslie (2006) en donde se clasifica en la clase Hyphomycetes de la subdivisión Deuteromycotina hongos imperfectos). *Fusarium* incluye especies de macroconidias hialinos que son septados y caracterizados por una base en forma de pie o muescas a la célula basal.

**Clasificación Taxonómica de *Fusarium verticillioides* de Acuerdo a
Alexopoulos *et al.*, (1996)**

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Clase: Ascomycetes

Orden: Hypocreales

Género: *Fusarium*

Especie: *verticillioides*

Características de *Fusarium verticillioides*

Gleen *et al.* (2002) mencionaron que *Fusarium verticillioides* es un hongo que impacta económicamente debido a sus efectos, daños sobre la planta y salud en animales y sobre todo en la calidad de sus productos.

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 (Ferreyra, 2010).

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).

Síntomas de *Fusarium verticillioides*

Los síntomas varían dependiendo del genotipo de maíz, especie del parásito, ambiente y del estado de desarrollo de la enfermedad en 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. *F. verticillioides* puede causar también la enfermedad “germinación prematura” del maíz, esta se caracteriza por que los granos germinan y desarrollan pequeñas plántulas de maíz cuando la mazorca aun esta inmadura adherida a la planta (Apodaca y Quintero, 2013).

En México se presenta 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 (Mendoza *et al.*, 2006).

CIMMYT (2004) reportó que *Fusarium verticillioides* es probablemente el patógeno más común de la mazorca de maíz en todo el mundo. 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.

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 de *Fusarium verticillioides*

Warham *et al.* (2003) reportaron 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) mencionaron que tradicionalmente se ha asumido que el viento puede trasportar 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) aludieron que muchos hongos entran en la mazorca a través de los vellos del jilote, a menudo las esporas son trasportadas por insectos como lepidópteros y coleópteros. Lepidópteros barrenadores son considerados entre las más importantes plagas de insectos del maíz en África.

Toxinas Producidas por *Fusarium*

Fusarium verticillioides Sacc. (Syn. *F. moniliforme* Sheldon) es un patógeno de maíz que afecta a los granos ocasionando pérdidas de rendimiento y contaminación con micotoxina. Las principales toxinas 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).

Las fumonisinas se han asociado con cáncer de esófago en humanos en China, Sudáfrica, y en el norte de Italia. Fumonisina B1, es 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 incidencia de los defectos congénitos del tubo renal (Clements *et al.*, 2003).

Características del Género *Aspergillus*

La importancia de este género es notable para el ser humano, algunas especies se han utilizado en la producción de sustancias como aminoácidos, ácidos orgánicos, enzimas y metabolitos secundarios. Los hongos de este género *Aspergillus* se multiplican rápidamente sobre materia vegetal almacenada o en descomposición, de interés agroalimentario (cereales, frutas semillas y otros) y en un amplio rango de temperatura, humedad, contaminando así muchos sustratos (Perrone *et al.*, 2007).

Una característica importante de ciertos hongos del género *Aspergillus* es su capacidad de producir toxinas. Si estas se producen sobre alimentos de consumo, su presencia representa un riesgo para la salud en la producción de cánceres de esófago, hígado entre otras patologías tanto en humanos y animales (Gonzales, 2009).

Especies toxigenicas

En el caso del género *Aspergillus* las especies productoras de micotoxinas llamadas Aflatoxinas son *Aspergillus flavus* Link y *Aspergillus parasiticus* Spear, Ocratoxina A y B por *Aspergillus giganteus* (Derache, 2005).

Características del Género *Penicillium*

Es uno de los hongos más comunes que se producen en una amplia gama de hábitats, desde el suelo, vegetación, aire, ambientes internos y varios productos alimenticios. Tiene una distribución mundial y un gran impacto económico en la vida humana. Su principal función en la naturaleza es la descomposición de materiales orgánicos, donde las especies causan pudriciones devastadoras en pre y postcosecha como patógeno en los cultivos donde producen una amplia gama de micotoxinas (Visagie, 2014).

Fue descrito por primera vez por Link en 1809, incluye especies mitosporicas cuyas formas perfectas se incluyen en la familia *Trichomaceae*, del orden Eurotiales, perteneciente a la división Ascomycota (Romero, 1988).

Las estructuras que caracterizan al género *Penicillium*, son el conidióforo que presenta en forma de pincel, a la morfología de estas estructuras es a la que se debe el nombre el género (del latín *Pencilus*, "Pincel pequeño"). Los conidios se presentan en cadenas y son organizados a partir de una célula especializada la fiálide, el conidióforo está unido al micelio mediante el estipe, entre esta y la fiálide pueden aparecer diferentes células, estas células se presentan agrupadas partiendo de un mismo punto desde el que se originan. Parte del de las fiálides, los puntos de ramificación son uno, dos o excepcionalmente, tres a lo largo del conidióforo. La célula de soporte de la fiálide se denomina matula y la célula de soporte de la matula se denomina rama en las especies que las presentan. Están

ramas parte del estipe, aunque pueden partir, a su vez, de otras ramas (Benítez, 2003).

Especies toxigenicas

Las micotoxinas producidas por algunas especies de los géneros de hongos fitopatógenos previamente descritos son objeto de interés mundial debido a las importantes pérdidas económicas que acarrearán sus efectos sobre la salud de las personas, la productividad de los animales y el comercio nacional e internacional (Soriano y Drafacci, 2007).

Micotoxinas

Las micotoxinas se suelen encontrar en una gran variedad de productos agrícolas, y que son contaminantes naturales de los alimentos más extendidos a nivel mundial (Méndez y Moreno, 2009).

Por su parte Sanchis *et al.* (2007) dijo que las condiciones que favorecen el crecimiento de los hongos y la producción de micotoxinas, las cuales son; humedad, actividad de agua, temperatura, pH, composición del sustrato y presencia de hongos.

La exposición a cantidades elevadas de micotoxinas que son diferentes en tanto en propiedades químicas, biológicas y toxicológicas pueden producir toxicidad tanto aguda como crónica llamada micotoxicosis, y con resultados que van desde la muerte a efectos nocivos en los sistemas nerviosos central, cardiovascular y respiratorio y en el aparato digestivo, que pueden también ser agentes cancerígenos, mutágenos, teratógenos e inmunodepresores (Gimeno y Martins, 2006).

Normatividad y Legislación de Micotoxinas

La FAO (2003) elaboró un reglamento a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones, donde se establece los límites máximos de contenido de micotoxinas en diferentes partes del mundo. Los países con reglamentaciones para las micotoxinas tienen al menos límites máximos reglamentados para la aflatoxina B1 o para el total de las aflatoxinas B1, B2, G1, G2 en los alimentos y raciones.

La concentración de micotoxinas se expresa en $\mu\text{g}/\text{kg}$ (partes por billón), mg/kg (partes por millón), ya que la acción de estas pequeñas cantidades es acumulativa manifestándose la enfermedad, en algunos casos, al cabo de meses o años (Carillo, 2003).

En México existe normatividad para el contenido de Aflatoxinas en cereales donde se incluye el maíz la NOM-247-SSA1-2008 y NOM-187-SSA1-20002 establece los límites máximos de $20 \mu\text{g}/\text{kg}$ de Aflatoxinas totales en granos para consumo humano, así como $12 \mu\text{g}/\text{kg}$ para harina de maíz nixtamalizado y derivados de esta. De las aflatoxinas la B1 es la más importante porque es potencialmente cancerígena y los límites máximos de esta son $2 \mu\text{g}/\text{kg}$ y 4g aflatoxinas B1+B2+G1+G2/kg en la unión europea (Sanchis *et al.*, 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Experimento

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Saltillo, Coahuila, México.



Figura 1. Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018

Material Genético

Las semillas fueron proporcionadas por los productores Francisco Hernández Hernández y Javier Hernández Zamorano, de la Colonia Lázaro Cárdenas Municipio de La Trinitaria, Chiapas. Las cuales fueron:

1. Maíz Criollo Amarillo de la región.
2. Maíz Criollo Morado de la región.



Figura 2. Maíz Criollo Amarillo, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018



Figura 3. Maíz Criollo Morado, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018

Prueba de Sanidad de la Semilla

Prueba de papel secante y congelamiento

Se realizó la prueba de acuerdo al Manual de Laboratorio de Ensayos para la Semilla de Maíz y Trigo CIMMYT (Warham *et al.*, 2003), se tomaron 400 semillas de maíz con 8 repeticiones de 50 semillas de cada material genético.



Figura 4. Conteo de semillas de maíz de cada material, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018

Primeramente, se desinfectaron las semillas en una solución de hipoclorito de sodio al 3% (Cloralex), durante 3 minutos y se procedió a su enjuague con agua destilada, tres veces por un minuto.



Figura 5. Desinfección de semillas, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

La siembra se realizó en charolas transparentes de plástico, sobre papel secante estéril previamente humedecido, en las cuales se colocaron 50 semillas por repetición distribuidas uniformemente, finalmente se sellaron con clean pack y se rotularon las cajas, dando un total de 16 repeticiones por los 2 genotipos.



Figura 6. Siembra de las semillas, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Las charolas se mantuvieron a temperatura ambiente de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante dos días en la cámara bioclimática 1 del Departamento de Parasitología, posteriormente se mantuvieron en ultracongelación a $-20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24 h, (ver figura 7), finalmente se retiraron del ultracongelador y se mantuvieron a temperatura

ambiente de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 11 días, alternando 12 horas de luz blanca y 12 de oscuridad (ver figura 8).



Figura 7. Charolas en congelador, Departamento de Fitomejoramiento, UAAAN, 2018.



Figura 8. Charolas a temperatura ambiente, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Al término del tiempo de incubación se procedió a contar el número de las colonias de hongos de acuerdo a su color por repetición de cada tratamiento, así como las semillas sanas, es decir aquellas que no presentaron el crecimiento de algún micelio de un fitopatógeno.

Preparación del medio de cultivo.

En un matraz de un litro se agregó 19.5 g de PDA sintético (BD Bioxon), posteriormente se agregó 500 ml de agua destilada y se cubrió el cuello del matraz

con papel aluminio, enseguida se agito de manera constante, hasta que se disolviera, después se colocó en una olla de presión a 120 °C durante 15 minutos para su esterilización, dejándolo enfriar por 45 min, se llevó el medio a la campana de flujo laminar para vaciarlos en caja petri, para su solidificación.



Figura 9. Preparación de medios, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Aislamiento de patógenos

Una vez que se observó el crecimiento completo de las diferentes colonias fungosas en las charolas se procedió a aislarlos, esta acción se llevó acabo en la campana de flujo laminar del Laboratorio de Fitopatología, se tomó una muestra de micelio con una aguja de disección de las diferentes repeticiones para colocarlos en cajas petri con PDA para su desarrollo, incubándose a una temperatura de 28° C.



Figura 10. Aislamiento de patógenos, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Preparación de laminillas e identificación de hongos

Una vez aisladas las diferentes colonias de hongos, se esterilizó la aguja de disección, posteriormente se tomó una pequeña muestra del hongo y se colocó en el portaobjetos con una gota de azul de algodón extendiendo el micelio sobre el mismo, colocándose por último el cubreobjetos para finalmente observarlo al microscopio.

La identificación de los hongos fitopatógenos se realizó de acuerdo a lo señalado en el Manual de Laboratorio de Ensayos para la Semilla de Maíz y Trigo CIMMYT (Warham *et al.*, 2003) y al manual de Barnett y Hunter (1972).

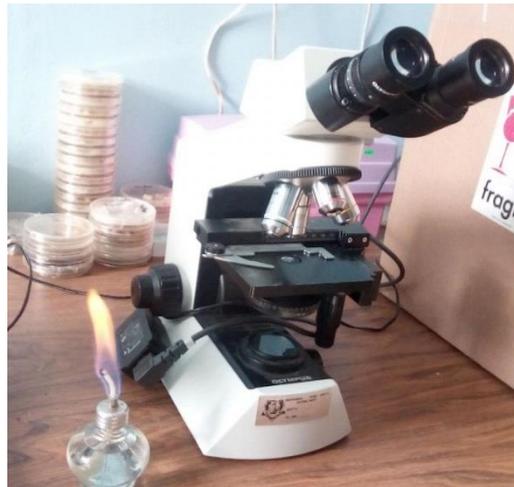


Figura 11. Identificación de hongos fitopatógenos, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018

Evaluación final

La incidencia se reportó como porcentaje de semilla colonizada por los patógenos.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de incidencia de hongos presentes en la semilla de maíz, fueron sometidos al análisis de varianza y prueba de separación de medias de Tukey al 0.05 de significancia, para detectar diferencia estadística entre los tratamientos (Olivares, 1994).

Prueba de Germinación

Recolección del suelo

Se realizó el experimento en el invernadero de Parasitología ubicado en el área del Departamento de Forestal.



Figura 12. Invernadero, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Germinación

La prueba de germinación se realizó en charolas de plástico transparentes de acuerdo al Manual de Laboratorio de Ensayos para la Semilla de Maíz y Trigo CIMMYT (Warham *et al.*, 2003).

Se tomaron 400 semillas de maíz de cada material, primeramente, se agregaron 4 cm de suelo en cada charola, colocándose en cada una, 100 semillas distribuidas uniformemente (ver figura 13), se cubrieron con otros 3 cm de suelo, se le aplicó un riego, se dejaron a temperatura del invernadero durante 7 días.



Figura 13. Prueba de germinación de las semillas, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018

Evaluación

Se determinaron las cantidades de plántulas normales, plántulas anormales y semillas no germinadas de cada repetición de 100 semillas (ver figura 14).



Figura 14. A) Planta normal, B) Planta anormal, C) No germinada, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018

Análisis estadístico

Los resultados de la germinación de la semilla se examinaron en el análisis de varianza y prueba de separación de medias, utilizando la prueba de rangos múltiples de Tukey al 0.05, en el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León versión 2.5 (Olivares, 1994).

Prueba de Vigor

Prueba de vigor con estrés complejo

Esta prueba se realizó en el Departamento de Parasitología, lo primero que se hizo fue pesar 0.2 gr del fungicida Captan para evitar el crecimiento de hongos y se disolvió en 133 ml de agua destilada (ver figura 15).

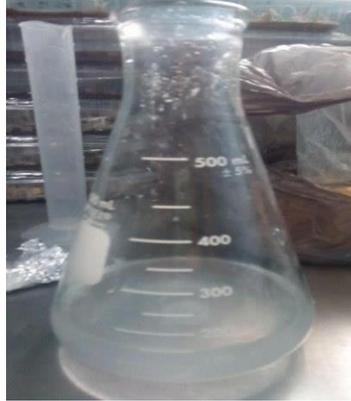


Figura 15. Preparación de la solución, Departamento de Parasitología, UAAAN 2018.

En un papel de estraza previamente humedecido se colocaron 50 semillas, distribuidas en dos líneas rectas de 25 semillas cada una, con el embrión hacia abajo, (ver figura 16), posteriormente la mezcla mediante un atomizador fue aplicada sobre las semillas (ver figura 17), enseguida se colocó encima de las semillas otro papel de estraza humedecido, doblándose de esquina a esquina en forma de “taco” (ver figura 18), rotulándose para su posterior identificación, siendo un total de 16 repeticiones por los 2 materiales.



Figura 16. Colocación de semillas, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.



Figura 17. Aplicación de Captan, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Al finalizar, los tratamientos se dejaron en la cámara bioclimática 1 del Departamento de Parasitología con una temperatura $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, durante 8 días.



Figura 18. Tratamientos en forma de tacos, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Evaluación

Se utilizó la evaluación según el Manual de Laboratorio de Ensayos para la Semilla de Maíz y Trigo (Warham *et al.*, 2003), modificada para esta prueba en cada repetición donde se tomó el promedio de las 5 plántulas más largas

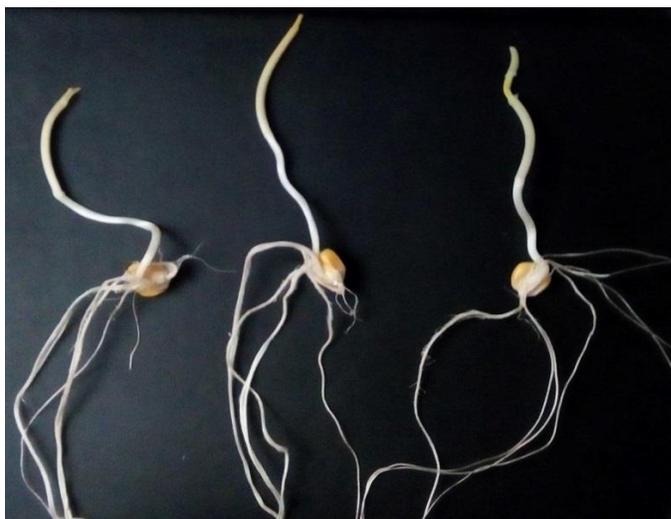


Figura 19. Plúmula y raíz de maíz, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

La puntuación de vigor fue representada por un valor de 1-10, según la cantidad de las semillas con una longitud superior a 2/3 de la longitud media de las 5 plántulas más largas.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de la prueba de vigor, se evaluaron en el análisis de varianza y prueba de separación de medias, usando la prueba de rangos múltiples de Tukey al 0.05 de significancia, manejando el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León versión 2.5 (Olivares,1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación

Se detectaron 4 colonias de diferentes colores, identificándose los siguientes hongos.

En el microscopio compuesto con el objetivo 40 x se observó que la colonia de color negro presento características de *Aspergillus* sp. (ver figura 20), los conidióforos son lisos hialinos o tenuemente parduscos cerca del ápice, los ápices son esféricos, las células de apoyo tienen una longitud variable y a veces septadas, las conidias son muy esféricas en la madurez, se reconoce por la producción de cabezas de esporas compactas esféricas, o en forma de columnas, en un tono negro (Warham *et al.*, 2003).

Así mismo Hesseltine *et al.* (1981), hallaron en maíz cosechado en carolina del norte (Estados Unidos), que *Aspergillus flavus* y *Aspergillus niger* infectaron en mayor proporción (34.8% y 10.9%) de los granos de maíz.



Figura 20. Conidióforo y Conidias de *Aspergillus* sp. En semillas de maíz, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018

En la colonia de color verde se observaron características del género *Penicillium* (ver figura 21), que presenta conidióforos hialinos, lisos, septados con una serie de ramificaciones que dan la estructura característica de la forma de una mano o un cepillo, con típicas fiálides hialinas en forma de frasco que producen largas cadenas secas de conidias (Warham *et al.*, 2003). Así mismo Cordero (2016) encontró al género *Penicillium* en semillas de maíz en Puebla. De igual manera Pachón y Castañeda (1991), reportaron en una investigación a este género con una incidencia del 71 % en semillas de maíz provenientes de almacenes agrícolas.

Hesseltine y Col (1981), encontraron que el 28.6 % de los granos de muestras de maíz cosechado en Carolina del Norte (Estados Unidos) estaban infectados por especies de *Penicillium* y un 1.6% de los mismos con *P. funiculosum*.

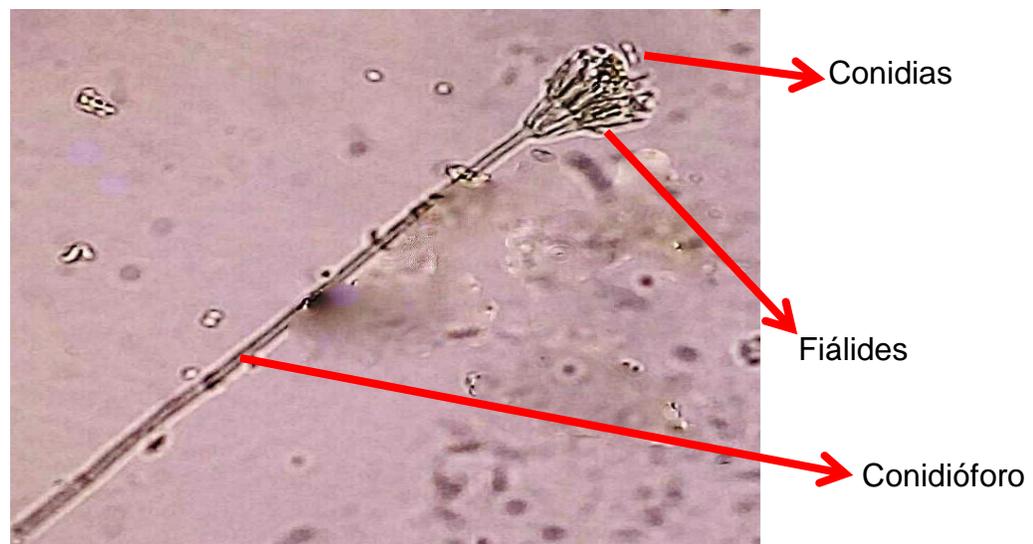


Figura 21. Conidióforo, Fiálides y Conidias del hongo *Penicillium* sp. En semillas de maíz, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018

En la colonia de color blanco se observaron características distintivas que corresponden al género de *Fusarium verticillioides*, (ver figura 22 y 23), presenta abundantes macroconidias hialinas de forma oval o de garrote y están ligeramente aplanados en cada extremo. Los macroconidios con forma curva a casi recta tienen de 3-7 septas, la célula basal tiene forma de pie (ver figura 23). No hay

clamidosporas y se forman abundantes microconidias uniformes en forma de cadenas largas (Warham *et al.*, 2003)

De la misma manera, Vázquez (2008) en la detección de hongos en semillas de maíz en las variedades VAN-443, ME, AN-447, proveniente del estado de Veracruz reporto alta incidencia de *Fusarium verticillioides* de 83.5%, 65.62% mientras que la semilla de Guanajuato reporto un 13.75% de incidencia del mismo hongo.

Así mismo la zona centro-norte de la provincia de Santa Fe, Saubois y Piontelli (1994), observaron que *Fusarium verticillioides* fue la especie que prevalece con 52.6 % de incidencia en 38 muestras de maíz cosechado.

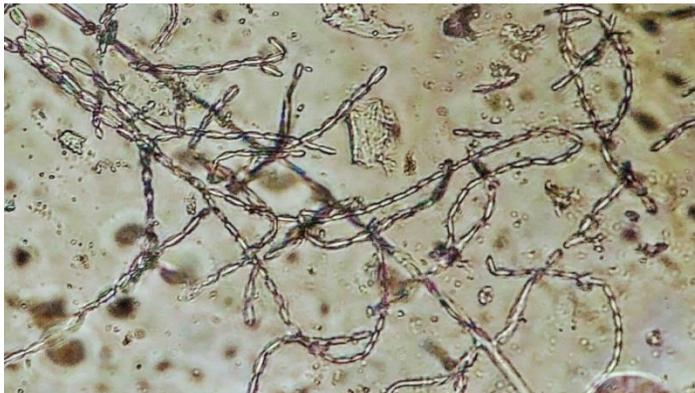


Figura 22. Microconidias en cadena de *Fusarium verticillioides* aislado de maíz, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018

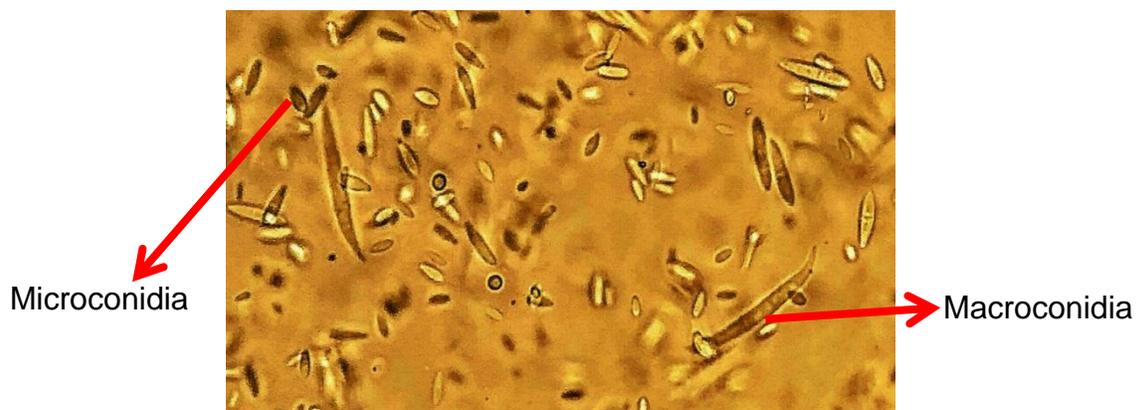


Figura 23. Macro y Microconidias de *Fusarium verticillioides* aislado de maíz, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018

En la colonia de color rosado pálido se observaron características que pertenecen a *Trichotecium roseum*, los conidióforos son erguidos o suberguidos, producidos individualmente o en grupos, simples o raramente ramificados, largos delgados, hialinos, septados, las cadenas son cortas de conidios bicelulares en el ápice del conidióforo simple hialino, la colonia en la semilla se asemeja a *Fusarium gliocadium* (Warham *et al.*, 2003), al igual Summerbell (2011) dijo que esta especie está estrechamente relacionado con *Acremonium* sp. (ver figura 24 y 25)

Del mismo modo Sánchez (2006) reportó que *Trichotecium roseum* es una especie patógena muy común en especies forestales, que se han encontrado asociado a la podredumbre de semillas de *Abies*, *Fraxinus*, *Pinus sylvestris* y *Quercus*.



Figura 24. *Trichotecium roseum* aislado de maíz, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018

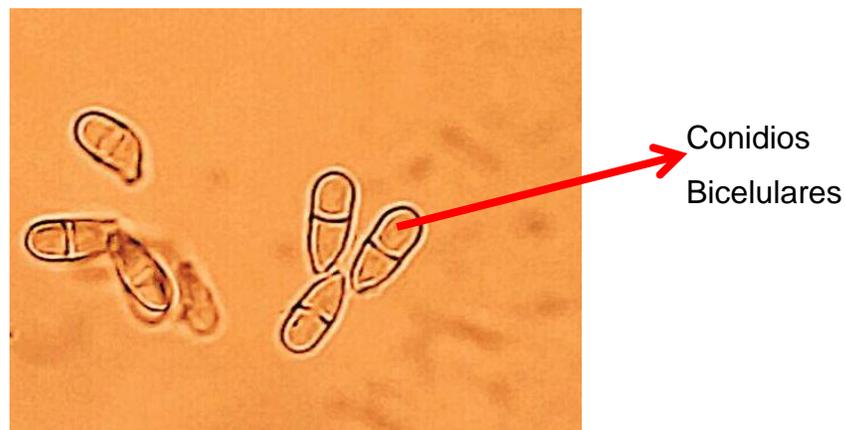
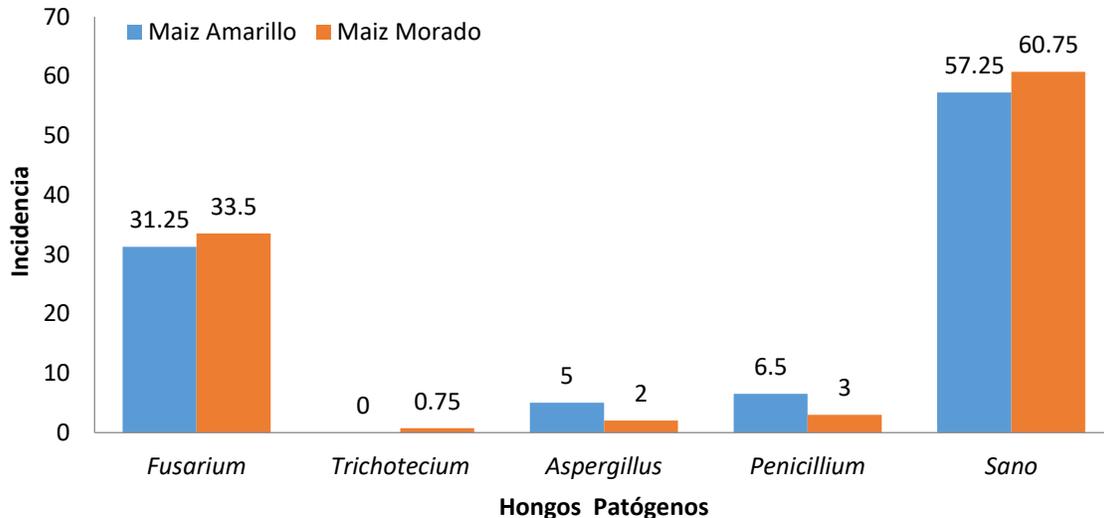


Figura 25. Conidias de *Trichotecium roseum* aislado de maíz, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018

Incidencia de los Patógenos sobre la semilla

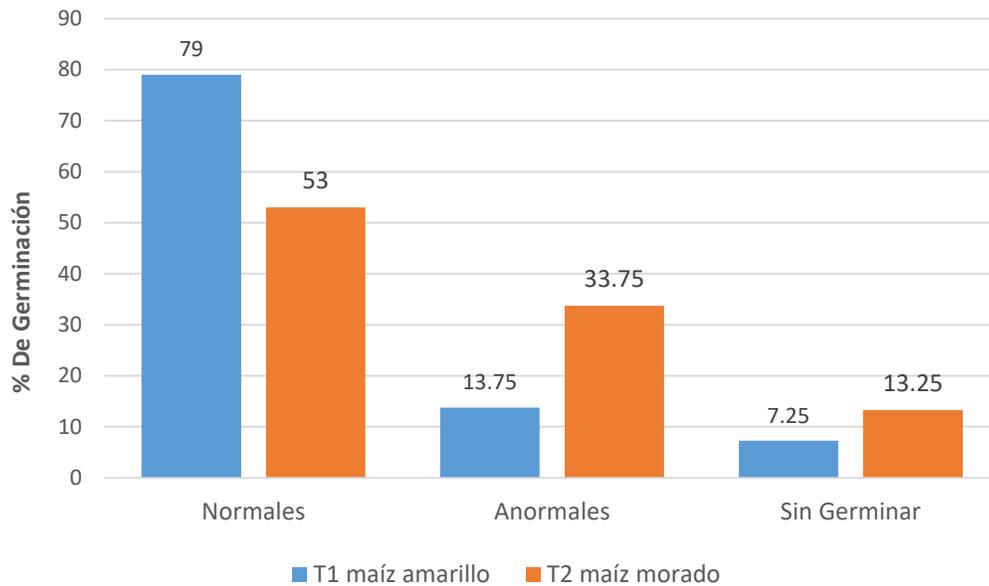
Cuadro 1. Incidencia de los hongos sobre la semilla por tratamiento de acuerdo al color de la colonia.



Se observa que el tratamiento dos (Maíz morado), para el caso de *Fusarium verticillioides* manifestó la mayor incidencia del 33.5 %, catalogado dentro de los llamados hongos de campo, pero para el caso de *Penicillium* sp. y *Aspergillus* sp, el maíz amarillo presento el mayor grado de incidencia con valores respectivos de 6.5 y 5 % que corresponden a la categoría de hongos de almacén, por el consecuente el maíz morado fue el que sobresalió con un mayor número de semillas sanas con un valor de 60.75% de semillas sanas a diferencia del (Maíz amarillo) con un 57.25%, no encontrándose diferencia estadísticas entre los tratamientos, así mismo Betanzos *et al.*, 2009 Mencionaron en un estudio realizado por INIFAP en 578 muestras de mazorcas indicaron el ataque severo de los hongos de los géneros *Diplodia* y *Fusarium* causaban pérdidas de grano de 4.2% a 19.2% y que la severidad del daño se relacionaba con los genotipos cultivados, en especial con las variedades criollas.

Prueba de Germinación

Cuadro 2. Que muestra el porcentaje de semillas germinadas de manera normal y anormal.



El tratamiento 1 (Maíz Criollo Amarillo), fué el que presentó mayor porcentaje de semillas germinadas en condiciones evaluadas como normales, 79% a comparación del otro maíz criollo morado 53%, con el mayor número de semillas anormales 33.75% y semillas sin germinar con un porcentaje de 13.25%.

Así mismo Anderson (1973) estableció que la semilla después de haber alcanzado el máximo nivel de calidad de madurez fisiológica, inicia un proceso de cambios degenerativos e irreversibles, que ocasionan pérdidas en la germinación y vigor.

Prueba de Vigor

Las plántulas con menor grado de vigor se obtuvieron en el genotipo 2 (Criollo Morado) con una media del 5.65 de acuerdo a (Warham *et al.*, 2003), mientras que el genotipo 1 (Criollo Amarillo) con una media del 6.325, expreso mayor vigor de acuerdo al tamaño de plántula encontrado, debido a que los hongos presentes en la semilla no afectaron de manera significativamente la germinación de la misma, esto en la comparación de medias de Tukey con significancia de 0.05 del análisis estadístico de la Universidad de Nuevo León versión 2.5, al igual Huber y McDonald (1982), evaluando pruebas de vigor y germinación en semillas de cebada, observaron que semillas de alto vigor se reflejaba una alta longitud de plúmula, comparándolas con semilla de medio y bajo vigor. Al igual Marasas *et al.* (1988) encontraron evidencia de infección en plántulas durante la germinación viéndose afectado el vigor de las mismas.

Cuadro 3. Que muestra medias de los tratamientos de la prueba de vigor.

TRATA.	REP.	MEDIA
1	8	6.325000
2	8	5.650000

No se hace comparación de medias porque no existe diferencia significativa entre tratamientos.

CONCLUSIÓN

Se hallaron diferentes géneros de hongos de importancia que afectan la calidad de la semilla, en los diferentes materiales de maíces criollos evaluados, los cuales fueron: *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus* sp. y *Penicillium* sp.

La incidencia va desde el 0.75 al 33.5%, teniendo efecto, pero no de manera significativa en la calidad fisiológica de la semilla que se estudió.

En base a datos obtenidos en la prueba de vigor se puede concluir que los hongos presentes en la semilla no afectan significativamente la germinación y vigor de la semilla de maíz en estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G.N., 2005. *Plant Pathology*. Fifth Edition. Ed. Elsevier Academic Press San Diego, California. U.S.A. p 632, 992.
- Alexopoulos, C. J. y Mims, C. W. 1979. "Introductory of Mycology". Third Edition. John Wiley & Sons, New York, USA. p 632
- Alexopoulos, C., J.; C. W. Mins and M. Blackwell. 1996. *Introductory Mycology*. Fourth Edition, Wiley & Sons, Incorporated John, New York, USA. 868 p.
- 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: Marzo de 2017).
- Apsnet (2002). American Phytopathological Society, Micotoxinas en los cultivos: una amenaza para la salud de los animales domésticos y humanos. Disponible en: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Mycotoxins/Pages/default.aspx>
- Anderson, J.D. 1973. Metabolic changes associated with senescence. *Seed Science & Technology*. p 401-416
- Barnett H.L. Y Hunttter B. (1992). *Illustrate Genera of imperfect Fungi* 1 era. Edición
- Benítez E.M. 2003. Estudio de las especies micotoxigenicas del genero *Penicillium*: *Penicillium verrusocum* Dierckx. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. p15-18.

- Betanzos M E, A Ramírez F, B Coutiño E, N Espinosa P, M Sierra M, A Zambada M, M Grajales S (2009) Híbridos de maíz resistentes a pudrición de mazorca en Chiapas y Veracruz, México. *Agric. Tec. Méx.* 35:389-398.
- Cabañes F.J., M.L. Abarca, M.R. Bragult, G. Castilla.2007. Micotoxinas en los alimentos: Especies productoras de micotoxinas. (Ed. Soriano C.J.M.) Editorial Díaz de Santos. España. p29-30.
- 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. p 276-284.
- 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. p147-153.
- CIMMYT, 2004. Enfermedades del maíz, una guía para su identificación en el campo. Cuarta edición. México, D.F. [Documento en línea]. Disponible en: <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/812/94349.pdf>. [Consulta: Abril 2017].
- Derache R y Derache Ph. 2005. Toxicología y seguridad de los alimentos: Toxicidad de los hongos (Ed. Derache). Edición omega, S.A. Plato, 26-08006 Barcelona.pp:165-191.
- FAO, 2003. Consulta sobre la producción mundial del maíz [Documento en línea]. Disponible en: http://www.fao.org/agronoticias/agronoticias/detalle/en/?dyna_fef%5Buid%5D=143943. [Consulta: Marzo 2017].

FAO, 2013. Consulta sobre la producción mundial del maíz [Documento en línea]. Disponible en: http://www.fao.org/agronoticias/agronoticias/detalle/en/?dyna_fef%5Buid%5D=143943. [Consulta: Marzo 2017].

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 marzo de 2017].

Garcia-Aguirre G y Martínez- Flores R.2010.Especies de *Fusarium* en granos de maíz recién cosechado y desgranado en el campo en la región de la Ciudad Serdán, Puebla. Revista Mexicana de Biodiversidad 81 p. 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. p 91-101.

Gimeno A; Martins M.L.2006.Mycotoxins and Micotoxicosis in animal and humans. Special Nutrients Inc.USA Eds. p. 127

Gonzales S.A.2009. Diagnóstico y control de especies de *Aspergillus* productoras de Ocratoxina A. Tesis doctoral. Universidad Autónoma Complutense de Madrid. 181 p.

H. Ayuntamiento Municipal Constitucional de la Trinitaria. (2011-2012). Plan del Desarrollo Municipal.

Hesseltine C.W. and Bothast R.J. (1977). Mold development in ears of corn from tasseling to harvest. Micología 69: 328-340.

Huber, T.A y M.B. McDonald Jr.1982.Gibberellic acid influence on aged and unaged barley seed germination and vigor. *Agronomy Journal*.74: p 386-389.

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: 02 de Marzo 2017).

Leslie J.F., B.A. Summerell. 2006.The *Fusarium* Laboratory Manual.Ed. Wiley Blackwell Disponible en [http:// books.google.com.mx/books?hl=esPR=the + *Fusarium*+ Laboratoryuc-Go=one pageq=the%20 Fusarium%20Laboratory%20Manuelaf=false](http://books.google.com.mx/books?hl=esPR=the+Fusarium+Laboratoryuc-Go=one+pageq=the%20Fusarium%20Laboratory%20Manuelaf=false) (Consultado 19 de febrero de 2017).

Marasas, W. F. O., T. S. Kellerman, W. C. A. Gelderblom, J.A. W. Coetzer, P. G. 1988. Leukoencephalomalacia in horse induced by fumonisin B1, insolated from *Fusarium moniliforme*. *Onderstepoort J. vet. Fres.* 55:197-203.

McDonald, M. B. Jr- 1975. A review and evaluation of seed vigor test. *Proceedings of the Association of Seed Analysts.* 65: 109-139.

Méndez A.A y E.M.Moreno.2009. Las micotoxinas: Contaminantes naturales de los alimentos. *Ciencia* 7p. Disponible en <http://revistaciencia.amc.edu.mx/online/619-Albores%20Micotoxinas.pdf> [24de Febrero de 2017].

Mendoza, M., E.; E, Andrio., E.; A, López., B.; R, Rodríguez., Guerra.; L, Latournerie., Moreno.; S, A. Rodríguez., Herrera. 2006. Tasa de pudrición

del tallo en el maíz causado por *Fusarium moniliforme*. *Agronomía Mesoamericana*. Celaya, Guanajuato, México. Vol. 17, No. 1. p 19-24

Moreno, M. E. 1978. 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. p. 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. p. 211-216.

Olivares, S. E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUNL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín. N.L.

Ordoñez K. 2015. Potencial micotoxigenico de grano de maíz en estado de postcosecha. Tesis. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México, p 22, 84

Pachon, C y Castaño J. (1991). Identificación de hongos en semillas almacenadas de maíz y frijol, enero 1999. Universidad de caldas. 275 Manizales, Colombia.

Perrone, G., A. Susca, G.Cozzi, K.Ehrlich, J. Varga, J.C. Frisvad, M.Meijer, P.Noonim, W.Mahakarnchanakul, R.A. Samson.2007.Biodiversity of *Aspergillus* species in some Importanticultural products. *Studies in Micology*,59:53-66.doi:10.3114/sim.2007.59.07.

Romero C.S. 1988.Hongos fitopatógenos. Primera edición en español. Universidad Autónoma Chapingo.p 347

Sánchez, M. 2006 Material Vegetal de Reproducción: Manejo, Conservación, y Tratamiento. Estado Fitosanitario Etiología y Control de Enfermedades de Semilla. p.162. Disponible en:

<http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/91379.pdf>.

Sanchis V., S. Martin., A.J.Ramos.2000. Control de micotoxinas emergentes. Situación legislativa actual. Rev Iberoam Micol. 17: p 69-75

Sanchis V., S. Martin., A.J.Ramos.2007. Micotoxinas en alimentos: factores determinantes en la producción de micotoxinas (Ed. Soriano C.J.M). Ediciones Díaz de Santos. España. p 63-68

Saubois A. y Piontelli L.E. (1994). Incidencia y distribución de cepas de *Fusarium* en maíz. VII Congreso Argentino de Microbiología, Buenos Aires

SAGARPA-SIAP.Situacion actual del cultivo del maíz al 31 de marzo de 2015.Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/agrresumen-nacional-por-cultivo> (18 de febrero de 2017).

SIAP, Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (2013) Anuario Estadístico 2011. SAGARPA. Disponible en: <http://siap.gob.mx> (Febrero 2013).

SIAP.2018 Situación actual del cultivo del maíz al 31 de julio. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/agrresumen-estatal-por-cultivo> (18 de agosto de 2018).

SIAP. 2018. Avance de Siembras y Cosechas. Resumen nacional por estado. [Documento en línea]. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do. [Consulta: noviembre 2018].

Soriano J.M y Dragacci. 2007. Micotoxinas en alimentos: Fumonisinias. (Ed. Soriano C.J.M.) Ediciones Díaz de Santos. España. p 223-234

Summerbell RC, Gueidan C, Schroers HJ, de Hoog GS, Starink M, Rosete YA, Guarro J, Scott JA (2011). *Acremonium* phylogenetic overview and revision of *Gliomastix*, *Sarocladium*, and *Trichothecium*. Stud. Mycol.

USDA, 2017. Panorama Agroalimentario. Maíz 2016. [Documento en línea] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf.

Vázquez, R. R. 2008. Detección de *Fusarium verticillioides* en tres materiales de maíz del estado de Veracruz y Guanajuato. Tesis de Lic. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. P. 25.

Visagie.C.M., J. Houbraken., J.C. Frisvad, C.H.Hong, W-Klaassen, G. Perrone, K.A. Seifert, J.Varga, T.Yaguchi, R.A.Samson.2014. Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. Fungal Biodiversity Centre. Production and hosting by Elsevier B.B78:343-371.

Warham E.J.L, Bulter D. y Sulton B.C. (2003). Ensayos para la Semilla de Maíz y Trigo: manual de laboratorio. Centro Internacional de Maíz y Trigo. CIMMYT. México. D.F. P 84.

APÉNDICE

Cuadro 4. Incidencia de los hongos sobre la semilla de acuerdo al color de la colonia.

Genotipo	Repetición	N° Semillas infectadas	% De Incidencia	Hongo
Maíz Criollo Amarillo	1	15	30	<i>Fusarium verticillioides</i>
		2	4	<i>Aspergillus</i> sp
		3	6	<i>Penicillium</i> sp
		30	60	Sano
	2	9	18	<i>Fusarium verticillioides</i>
		2	4	<i>Aspergillus</i> sp
		2	4	<i>Penicillium</i> sp
		37	74	Sano
	3	11	22	<i>Fusarium verticillioides.</i>
		2	4	<i>Aspergillus</i> sp
		4	8	<i>Penicillium</i> sp
		33	66	Sano
	4	25	50	<i>Fusarium verticillioides.</i>
		2	4	<i>Aspergillus</i> sp
		2	4	<i>Penicillium</i> sp
		21	42	Sano
	5	10	20	<i>Fusarium verticillioides</i>
		2	4	<i>Aspergillus</i> sp
		38	76	Sano
	6	10	20	<i>Fusarium verticillioides.</i>
		1	2	<i>Aspergillus</i>
		1	2	<i>Penicillium</i> sp
		38	76	Sano
	7	25	50	<i>Fusarium verticillioides.</i>
		7	14	<i>Aspergillus</i> sp
		12	24	<i>Penicillium</i> sp
		6	12	Sano
	8	20	40	<i>Fusarium verticillioides.</i>
		2	4	<i>Aspergillus</i> sp
		2	4	<i>Penicillium</i> sp
		26	52	Sano

Genotipo	Repetición	N° Semillas infectadas	% De Incidencia	Hongo
Maíz Criollo Morado	1	32	64	<i>Fusarium verticillioides</i>
		1	2	<i>Aspergillus</i> sp.
		1	2	<i>Penicillium</i> sp.
		16	32	Sano
	2	17	34	<i>Fusarium verticillioides</i>
		1	2	<i>Aspergillus</i> sp
		3	6	<i>Penicillium</i> sp
		29	58	Sano
	3	10	20	<i>Fusarium verticillioides</i>
		2	4	<i>Trichotecium roseum</i>
		38	76	Sano
	4	16	32	<i>Fusarium verticillioides</i>
		1	2	<i>Trichotecium roseum</i>
		1	2	<i>Aspergillus</i> sp
		2	4	<i>Penicillium</i> sp
		30	60	Sano
	5	22	44	<i>Fusarium verticillioides</i>
		2	4	<i>Aspergillus</i> sp
		2	4	<i>Penicillium</i> sp
		24	58	Sano
	6	8	16	<i>Fusarium verticillioides</i>
		1	2	<i>Aspergillus</i> sp
		1	2	<i>Penicillium</i> sp
		40	80	Sano
	7	13	26	<i>Fusarium verticillioides</i>
		1	2	<i>Aspergillus</i> sp
		2	4	<i>Penicillium</i> sp
		34	68	Sano
	8	16	32	<i>Fusarium verticillioides</i>
		1	2	<i>Aspergillus</i> sp
		1	2	<i>Penicillium</i> sp
		32	64	Sano

Cuadro 5. Análisis de varianza de la incidencia de los hongos en las semillas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	49.000000	49.000000	0.1361	0.718
Error	14	5039.000000	359.928558		
Total	15	5088.000000			

C.V. = 26.27%

Cuadro 6. Tabla de medias.

TRATA.	REP.	MEDIA
1	8	42.750000
2	8	39.250000

No se hace comparación de medias porque no existe diferencia significativa.

Cuadro 7. Análisis de varianza de la Germinación.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	1352.000000	1352.000000	81.1200	0.000
Error	6	100.000000	16.666666		
Total	7	1452.000000			

C.V.= 6.19%

Cuadro 8. Comparación de medias.

TRATAMIENTO	MEDIA	AGRUPACION
1	79.0000	A
2	53.0000	B

Nivel de significancia Tukey=0.05

Cuadro 9. Análisis de Varianza de Vigor.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	1	1.822510	1.822510	2.9617	0.104
ERROR	14	8.615051	0.615361		
TOTAL	15	10.437561			

C.V.= 13.10%