

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 Tepalcingo, Morelos

Por:

LUIS MERELES GUERRERO

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 Tepalcingo, Morelos

Por:

LUIS MERELES GUERRERO

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 Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2018



AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la vida y permitirme vivir hasta este día, por darme las fuerzas para seguir adelante, por darme la sabiduría y el entendimiento, por ser fiel y bueno.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por haberme aceptado y darme las facilidades para seguir adelante.

A **mi familia** que siempre me apoyaron en todo momento para hacer posible este logro en mi vida.

Al **M.C Abiel Sánchez Arizpe** por todo el apoyo que me brindo a lo largo de la carrera, por ser un maestro y amigo.

A la **Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda** por su orientación durante en todo momento, por el tiempo que dedico para hacer este posible.

Al **Ing. José Luis Arispe Vázquez** por el apoyo y tiempo que me dedico, por su amistad y compañerismo.

A la **Dra. Yisa María Ochoa Fuentes** por su apoyo durante toda mi carrera, por sus consejos y tiempo dedicado durante mi formación.

Al **Dr. Felipe de Jesús Osuna Canizales** por haberme aceptado para realizar mis prácticas profesionales.

A todos ellos, muchas gracias.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Por el apoyo que me dieron en todo momento, por sus oraciones, por ser siempre unos padres ejemplares.

SILVESTRE, VICTORIA

A MI ESPOSA E HIJA

Gracias por su apoyo en todo momento, por sus oraciones, por su amor, por ser lo que me impulsaba a seguir día a día.

GRISELL, ZURISADAI

A MIS HERMANOS

Por apoyarme en todo momento, por sus consejos, sus oraciones.

FEDERICO, REMIGIO, MARIO, DANIEL, JOSE, LUCINO, SABRINA, YOLANDA,
BARBARA, ANALI.

A MIS SUEGROS

Por apoyarme en todo momento y cuidar de mi esposa e hija, a mis cuñados que siempre me apoyaron.

CLEMENCIA, JESUS

A MIS AMIGOS

Omar Hernández, Jesús Osvaldo Pérez, Melchor, Vitalino, Delfino, Daniela, Eduardo, Dr. Oscar Ángel, Edgar Eliseo que siempre me brindaron su amistad y apoyo durante todo este tiempo y a todos mis compañeros de esta generación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
Justificación	2
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Importancia del Maíz	3
Producción Mundial	3
Producción Nacional.....	4
Producción Estatal.....	4
Calidad de la semilla	5
Enfermedades del Maíz.....	6
Problemas Fitosanitarios del Maíz.....	6
Pudrición de la mazorca.....	6
Síntomas de pudrición de mazorca.....	7
Descripción del género <i>Fusarium</i>	7
Clasificación taxonómica del patógeno	8
Síntomas de <i>Fusarium verticillioides</i>	8
Diseminación del hongo.....	10

Factores que favorecen el desarrollo de <i>F. verticillioides</i>	11
Importancia económica de <i>F. verticillioides</i>	11
Características del Género <i>Aspergillus</i>	12
Pudrición de la mazorca por <i>Aspergillus</i> sp.	12
Características del Género <i>Penicillium</i>	13
Pudrición de la mazorca por <i>Penicillium</i> sp.....	14
Importancia de la Identificación de Patógenos	15
MATERIALES Y MÉTODOS	16
Ubicación del Experimento	16
Material Genético	16
Tipo de Muestreo para la Colecta.....	17
Pruebas de Sanidad de la Semilla.....	18
Prueba de papel secante y congelamiento	18
Preparación de medio de cultivo	20
Aislamiento de patógenos.....	21
Reaislamiento de patógenos.....	21
Preparación de laminillas	21
Evaluación	22
Análisis estadístico	22
Prueba de Germinación.....	23
Evaluación	24
Análisis estadístico	25
Prueba de Vigor.....	25
Prueba de vigor con estrés complejo.....	25
Evaluación	27

Análisis estadístico	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
Identificación.....	28
Porcentaje de incidencia de patógenos en la semilla	32
Prueba de Germinación.....	33
Prueba de Vigor.....	34
CONCLUSIÓN	36
BIBLIOGRAFÍA	37
APÉNDICE.....	42

ÍNDICE DE CUADROS

No. de cuadro	Descripción	Pág.
Cuadro1.	Incidencia de hongos sobre la semilla por tratamiento de acuerdo al color de la colonia.....	32
Cuadro 2.	Comparación de medias de la prueba de vigor.....	35
Cuadro 3.	Incidencia de los hongos sobre la semilla de maíz de acuerdo al color de la colonia.....	42
Cuadro 4.	Que muestra la incidencia de hongos.....	48
Cuadro 5.	Que muestra la comparación de medias de la incidencia de hongos.....	48
Cuadro 6.	Que muestra la prueba de vigor.....	48
Cuadro 7.	Que muestra la comparación de medias de la prueba de vigor.....	48
Cuadro 8.	Que muestra la prueba de germinación.....	49
Cuadro 9.	Que muestra la comparación de medias de la prueba de germinación.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

No. de figura	Descripción	Pág.
Figura 1.	Síntomas causados por <i>Fusarium</i> sp.....	7
Figura 2.	Daño causado por <i>Aspergillus</i> sp.....	13
Figura 3.	Daño causado por <i>Penicillium</i> sp.....	14
Figura 4.	Departamento de Parasitología.....	16
Figura 5.	Tipo de muestreo para la colecta de los genotipos de maíz.....	17
Figura 6.	Ubicación geográfica del municipio de Tepalcingo, Morelos.....	17
Figura 7.	Establecimiento del experimento.....	18
Figura 8.	Desinfección de la semilla.....	18
Figura 9.	Siembra de semilla	19
Figura 10.	Charolas en el congelador,	19
Figura 11.	Charolas colocadas a temperatura ambiente.....	20
Figura 12.	Aislamiento de patógenos,	21
Figura 13.	Identificación de hongos fitopatógenos.	22
Figura 14.	Colocación de las 50 semillas sobre los papeles para germinación.....	23
Figura 15.	Colocación de las repeticiones en forma de taco.....	24
Figura 16.	A) Plántula Normal, B) Plántula Anormal, C) Plántula no Germinada.....	24
Figura 17.	Semillas para la prueba de vigor.....	25
Figura 18.	Semillas colocadas en horizontal en el papel humedecido.....	26
Figura 19.	Tratamientos en forma de tacos.....	26

Figura 20. Plántulas más largas.....	27
Figura 21. Macro y microconidias de <i>Fusarium verticillioides</i> aislado de maíz.....	28
Figura 22. Microconidias en cadena de <i>Fusarium verticillioides</i> aislado de maíz.....	29
Figura 23. Conidias de <i>Alternaria</i> sp, aislado de maíz.....	29
Figura 24. Conidióforo de <i>Aspergillus</i> sp, aislado de maíz.....	30
Figura 25. Conidióforo de <i>Penicillium</i> sp, en semilla de maíz.....	31
Figura 26. Conidias de <i>Bipolaris</i> sp, aislado de maíz.....	32
Figura 27. Que muestra el porcentaje de incidencia de patógenos.....	33
Figura 28. Que muestra el porcentaje de semillas germinadas de manera normal y anormal.....	34

RESUMEN

El maíz desde la perspectiva productiva, se ubica como el cultivo de mayor importancia en nuestro país, puesto que lo podemos encontrar en todos los estados, bajo diversos climas y en distintas altitudes. El rendimiento productivo se ve afectado a consecuencia de las pérdidas ocasionadas por la aparición de enfermedades entre las que destacan las causadas por hongos pertenecientes a los géneros *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*. No solamente representan un riesgo para el propio productor, sino también para la salud del consumidor debido a la producción de micotoxinas. El objetivo de esta investigación fue identificar, así como estimar la incidencia de los hongos presentes en dos materiales criollos y un criollo mejorado del Estado de Morelos, se realizó mediante la prueba de papel secante y congelamiento en la que se utilizan 400 semillas, donde se establecieron 3 tratamientos con 8 repeticiones cada uno, en las que cada charola se colocaron 50 semillas, posteriormente para el lado de la calidad de la semilla se llevó a cabo la prueba de germinación en toallas de papel enrolladas en las cuales se utilizaron 200 semillas en 4 repeticiones y vigor con la prueba de vigor con estrés complejo en la cual se utilizaron 100 semillas en 4 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*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Bipolaris*, *Aspergillus*, con una incidencia que va de 0.2 al 77.8%, así como la germinación de la semilla que va desde 24 a 69 % y vigor con una media desde 8.29 a 8.85.

Palabras clave: Incidencia, Pudrición, Vigor, Germinación, Maíz.

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo más importante de México desde el punto de vista alimenticio, económico, el maíz, como muchos de los cultivos, es afectado por diferentes factores que limitan su producción y su rentabilidad; entre estos están plagas y las enfermedades.

Las enfermedades limitan el rendimiento y calidad del grano; sin embargo, los diferentes hongos que causan pudrición de la mazorca están asociados a otros factores como daño físico, exceso de humedad y daños por insectos.

Siendo estos dos últimos factores de mayor importancia para que el hongo tenga una vía de acceso a los granos de la mazorca, y las condiciones favorables para que el hongo se desarrolle e incrementen la incidencia y severidad de la pudrición en la mazorca, lo cual puede repercutir en una pérdida del rendimiento que puede causar pérdidas de hasta 30% además de la pérdida de calidad en el grano (Apodaca y Quintero, 2013)

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 las regiones con algunas lluvias en mayo, lluvias intensas en junio y julio, con días muy calurosos en agosto y lluvias regulares en septiembre y octubre, siendo el maíz el principal sustento de muchos campesinos del estado.

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 siguiente investigación es con la finalidad de dar a conocer al agricultor la importancia de utilizar semillas sanas para consumo como para la siembra.

Objetivos

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

Hipótesis

Identificar al menos tres géneros de hongos asociados a la pudrición de mazorca de maíz, estimando el daño con niveles de incidencia significativa.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del Maíz

México es centro de origen y diversidad de maíz, es 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. 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

USDA (2017) reportó que en el año 2016 la producción mundial de maíz fué 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.

SIAP y SAGARPA (2012) reportaron que el 85 % de los países cultivan maíz, y al parecer México en el año 2012 pasó 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.

Producción Nacional

Nadal y Wise (2002) mencionaron que la producción de maíz en México representaba más de dos tercios del valor neto de la producción agrícola.

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).

El sector agrícola se puede considerar como un sector de empuje, y en coordinación con otros sectores puede generar importantes fuentes de empleo, para así elevar el bienestar de la población. Respeto al cultivo de maíz, Paliwal *et al.* (2001) destaca que es uno de los cultivos con mayor producción a nivel mundial, de igual forma, es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea, y que la diversidad de ambientes bajo la que se cultiva mucho mayor a la de cualquier otro cultivo.

Producción Estatal

Las estadísticas del 2018 del SIAP sobre siembras y cosechas en el año agrícola en zona de riego y temporal del estado de Morelos al 31 de octubre, se obtuvieron los siguientes resultados; con relación a las superficies (hectáreas) sembradas fueron de 37,612 ha con un rendimiento de 3.884 ton/ha (SIAP, 2018).

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.

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.

CIAT (1980) señaló que una semilla es de buena calidad cuando tiene pureza tanto varietal como física, un alto porcentaje de germinación y está libre de organismos patógenos, tanto externa como internamente. Una semilla de buena calidad permite al agricultor obtener rendimientos significativamente mayores. Es un elemento básico en el trabajo de fitomejoradores, agrónomos y empresas productoras de semillas.

Enfermedades del Maíz

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

Las enfermedades ocasionadas por *Giberella* sp. 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) reportaron que *Fusarium graminearum* y *Fusarium verticillioides* inducen la pudrición de la mazorca en campo en la Región Serdán Puebla.

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*. En México, *F. verticillioides* es el más frecuente en las mazorcas, es el más adaptado a ambientes que van desde el templado al tropical (ver figura 1). 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 (*F. moniliforme*).



Figura 1. Síntomas causados por *Fusarium* sp.

Síntomas de pudrición de mazorca

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 causadas por *Fusarium verticillioides*.

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)

Descripción del Género *Fusarium*

El género *Fusarium* fué 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)

Alexopoulos y Mims (1979) mencionaron que *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.

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

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Clase: Ascomycetes

Orden: Hipocreales

Género: *Fusarium*

Especie: *verticillioides*

Síntomas de *Fusarium verticillioides*

Varon y Sarria (2007) reportaron que 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.

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 Fumonisin, que son tóxicas para algunas especies animales.

Peiretti *et al.* (2007) reportaron que el principal agente patógeno causante de la podredumbre de la mazorca de maíz es *Fusarium verticillioides* (Sacc) 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 Fumonisin que tienen efectos tóxicos cuando son consumidos por humanos y animales.

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, con gran importancia económica ya que son habituales fitopatógenos.

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

Summerell *et al.* (2003) mencionaron 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.

Diseminación del hongo

CIMMYT (2013) reportó que hay insectos tales como el barrenador europeo del maíz (*Elasmopalpus angustellus*), 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) reportaron 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) reportaron 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.

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.

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 el 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)

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.

Ferreya (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. verticillioides 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 (Velluti, 2002).

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).

Pudrición de la mazorca por *Aspergillus* sp.

Esta enfermedad puede constituir un problema serio cuando se almacenan mazorcas infectadas con alto contenido de humedad. Existen varias especies de *Aspergillus* capaces de infectar las plantas de maíz en el campo. La más común es *A. niger*, que genera masas pulverulentas negras de esporas que cubren los granos y el olote o raquis, a diferencia de *A. glaucus*, *A. flavus* y *A. ochraceus*, cuyas masas normalmente son amarillo-verdosas; y de *A. parasiticus*, la especie menos común, cuya masa es verde hiedra. *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* (ver figura 2) producen micotoxinas, conocidas como aflatoxinas, que resultan tóxicas para mamíferos y aves (CIMMYT, 2004).



Figura 2. Daño causado por *Aspergillus* sp.

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).

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 del 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 es 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).

Pudrición de la mazorca por *Penicillium* sp

El daño más frecuente es causado por *Penicillium oxalicum* (ver figura 3), aunque en ocasiones puede haber otras especies asociadas. Muchas veces la infección está asociada con el daño causado por insectos en la mazorca. Un polvo de color azul-verdoso muy conspicuo crece entre los granos y sobre la superficie del olote. Los granos dañados por el hongo desarrollan un color amarillento y rayas visibles en el pericarpio (CIMMYT, 2004)



Figura 3. Daño causado por *Penicillium* sp. (CIMMYT, 2004)

Importancia de la Identificación de Patógenos

Las medidas de manejo dependen de la identificación apropiada de las enfermedades y de los agentes causales. Por ello, el diagnóstico es uno de los aspectos más importantes en el entrenamiento de un fitopatólogo. Sin una identificación adecuada de la enfermedad, sería una pérdida de tiempo y dinero, y podrían aumentar las pérdidas de plantas. Por esta razón, un diagnóstico correcto es vital. La identificación de las plantas afectadas es uno de los primeros pasos en el diagnóstico de sus enfermedades. Se deben tomar en cuenta tanto el nombre común como el nombre científico de la planta (Apsnet, 2002).

Además de conocer el nombre común y científico de la planta afectada, es importante saber el nombre de la variedad o cultivar, cuando sea posible. Puede presentarse una gran variedad de grados de susceptibilidad a una enfermedad en particular dentro de los diferentes cultivares de una especie de planta.

Las variaciones sintomatológicas mostradas por las plantas enfermas pueden resultar en un diagnóstico incorrecto. Estas variaciones pueden resultar a causa de varios factores. Puede ser que esté presente más de un problema y en algunos casos, que estén involucrados más de un patógeno en la infección de la planta. Los síntomas asociados en estos casos pueden ser significativamente distintos de los síntomas expresados en respuesta a cada uno de los diferentes patógenos actuando de manera individual (Apsnet, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Experimento

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.



Figura 4. Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Material Genético

Las semillas fueron proporcionadas por el Ing. José Luis Arispe Vázquez que fueron traídas del municipio de Tepalcingo, Morelos, los cuales fueron:

- Maíz negro (Criollo de la región).
- Zapata 6 (Criollo mejorado).
- Maíz rojo (Criollo de la región).

Tipo de Muestreo para la Colecta

Primeramente, se obtuvieron muestras en parcelas de productores del municipio de Tepalcingo, Morelos con $18^{\circ} 26'$ de latitud norte y los $98^{\circ}18'$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1,100 metros sobre el nivel del mar. Realizando un muestreo de tipo W donde se muestrearon 11 puntos por cada genotipo tomando 5 mazorcas por punto dando un total de 55 mazorcas por parcela.

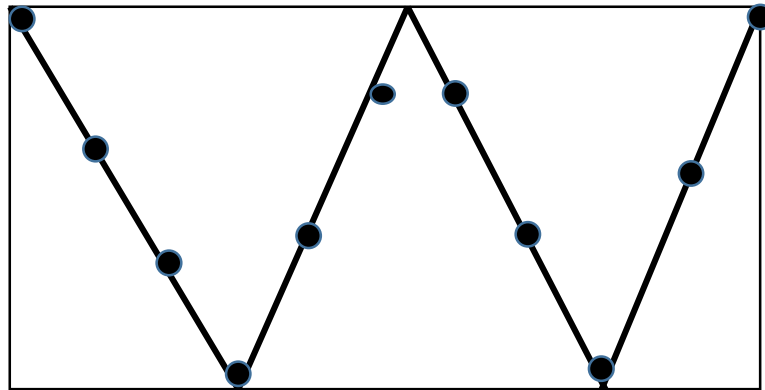


Figura 5. Tipo de muestreo para la colecta de los genotipos de maíz.



Figura 6. Ubicación geográfica del municipio de Tepalcingo, Morelos.

Pruebas de Sanidad de la Semilla

Prueba de papel secante y congelamiento

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



Figura 7. Establecimiento del experimento, Laboratorio de Fitopatología, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

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



Figura 8. Desinfección de la semilla, Laboratorio de Fitopatología, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

La siembra fué realizada en charolas de plástico colocando un papel secante estéril previamente humedecido, se colocaron 50 semillas por charola, y finalmente éstas fueron selladas con clean pack y se rotularon para su posterior seguimiento, dando un total de 24 repeticiones por los 3 genotipos.



Figura 9. Siembra de semilla, Laboratorio de Fitopatología, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Las charolas se mantuvieron en una temperatura ambiente de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 2 días en el laboratorio de Fitopatología, posteriormente fueron llevadas al congelador del Departamento de Fitomejoramiento a una temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas (ver figura 10). Finalmente se retiraron del congelador y se mantuvieron a temperatura ambiente de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 11 días, alterando 12 horas de luz blanca y 12 horas de oscuridad (ver figura 11).



Figura 10. Charolas en el congelador, Departamento de Fitomejoramiento, UAAAN, 2018.



Figura 11. Charolas colocadas a temperatura ambiente, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Después de la incubación, se procedió a contar el número de las colonias de hongos por su color de acuerdo a la repetición de cada genotipo, para su posterior identificación, así como las semillas sanas, es decir, semillas que no presentaron crecimiento de micelio.

Preparación de medio de cultivo

En un matraz de 1l se agregó 19.5 de PDA sintético, posteriormente se añadió 500 ml de agua destilada, tapando el matraz con papel aluminio y este se agito de manera constante para que de este modo se disolviera. Después se colocó en la olla de presión a 15 atmosferas por 15 minutos para su esterilización, dejando enfriar por 45 min, para posteriormente vaciarlo en cajas Petri, para su solidificación.

Aislamiento de patógenos

Después de observar el desarrollo completo de las colonias de hongos que fueron aisladas en charolas se procedió a aislar los hongos en cajas petri con PDA tomando muestra de cada color de las colonias colocando muestra de micelio con una aguja realizando diferentes repeticiones incubando en el laboratorio de Fitopatología a una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.



Figura 12. Aislamiento de patógenos, Laboratorio de Fitopatología, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Reaislamiento de patógenos

Con la ayuda del sacabocados se tomó una muestra del micelio de las diferentes repeticiones y se colocó en las cajas petri con PDA para su desarrollo, incubándose a una temperatura ambiente de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Preparación de laminillas e identificación de hongos

Una vez aisladas las diferentes colonias de hongos, con la ayuda una aguja de disección se tomó una muestra del hongo y se colocó en un portaobjetos con una gota

de lactofenol para extender el micelio y por último se colocó el cubre objetos para observar al microscopio.

La identificación de se realizó de acuerdo al Manual de Laboratorio para la Semilla de Maíz y Trigo del CIMMYT (Warham *et al.*, 2003) y al manual de Barnett y Hunter (1972). Donde se detectaron 5 colonias de diferentes colores, identificándose los siguientes hongos fitopatógenos en las muestras con el microscopio compuesto y utilizando el objetivo de 40x.



Figura 13. Identificación de hongos fitopatógenos, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Evaluación

La incidencia se reportó en términos de porcentaje de la semilla colonizada por cada género de hongos encontrados.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de la incidencia de los hongos presentes en las semillas de maíz fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de separación de medias

usando la prueba de rangos múltiples de Tukey al 0.05 de significancia, para detectar diferencia entre tratamientos, en el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León versión 2.5 (Olivares, 1994).

Prueba de Germinación

Para esta prueba se utilizó papel especial para germinación de semillas, el cual fué proporcionado por el laboratorio de semillas del Departamento de Fitomejoramiento, lo primero que se hizo fue humedecer el papel en agua destilada para posteriormente colocar de manera horizontal 50 semillas por cada repetición siendo un total 12 repeticiones por los 3 tratamientos.



Figura 14. Colocación de las 50 semillas sobre los papeles para germinación, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Para cubrir las semillas se utilizó otro papel humedecido cubriendo perfectamente a las semillas, se dobló en forma de taco de un lado al otro, metiendo las repeticiones en una bolsa, rotulándolas para su posterior identificación (ver figura 15).



Figura 15. Colocación de las repeticiones en forma de taco, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Se colocó cada tratamiento a temperatura ambiente de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, durante 8 días.

Evaluación

Se determinaron las cantidades de plántulas normales, plántulas anormales y semillas no germinadas en cada repetición de 50 semillas.

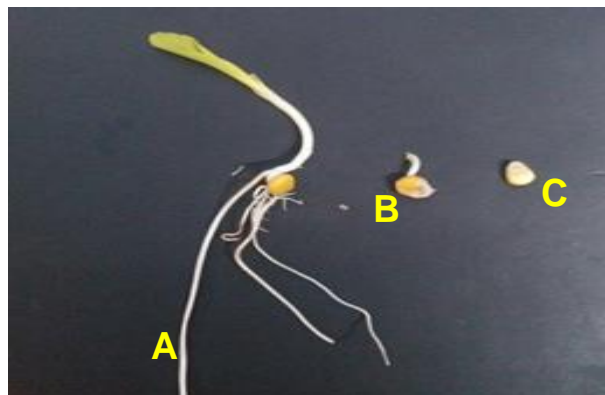


Figura 16. A) Plántula Normal, B) Plántula Anormal, Plántula no Germinada, C) Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

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, empleando 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, primeramente, se contaron las semillas para esta prueba siendo un total de 100 semillas por genotipo.



Figura 17. Semillas para la prueba de vigor, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Posteriormente se humedeció el papel con agua destilada, para colocar las semillas colocando dos líneas al centro del papel con 25 semillas por repetición siendo 4 repeticiones por cada genotipo (ver figura 18).



Figura 18. Semillas colocadas en horizontal en el papel humedecido, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Se colocó un papel humedecido para cubrir perfectamente las semillas doblándolo en forma de taco, de un extremo al otro, colocando nuestros datos para su identificación en cada repetición, metiéndolas en bolsas de acuerdo a cada tratamiento.



Figura 19. Tratamientos en forma de tacos, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Al final cada tratamiento se mantuvo a una temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 8 días que dura la muestra.

Evaluación

Se utilizó según el Manual de Laboratorio para la Semilla de Maíz y Trigo del CIMMYT (Warham *et al.*, 2003), modificada, para esta prueba en cada repetición se midieron las 5 plántulas más largas y se calculó la longitud media.

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



Figura 20. Plántulas más largas, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Análisis estadístico

Los resultados 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

Cada una de las muestras se analizó en el microscopio compuesto con el objetivo de 40x comenzando con la de color blanco que presentó características de *Fusarium verticillioides*, con abundantes microconidias hialinas de forma oval y están ligeramente aplanadas en los extremos. Las macroconidias, de curvas a casi rectas; tienen de 3-7 septas, la célula basal tiene forma de pie (ver figura 21) (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 reportó alta incidencia de *Fusarium verticillioides* de 83.5%, 65.62% mientras que la semilla de Guanajuato reportó un 13.75% de incidencia del mismo hongo.

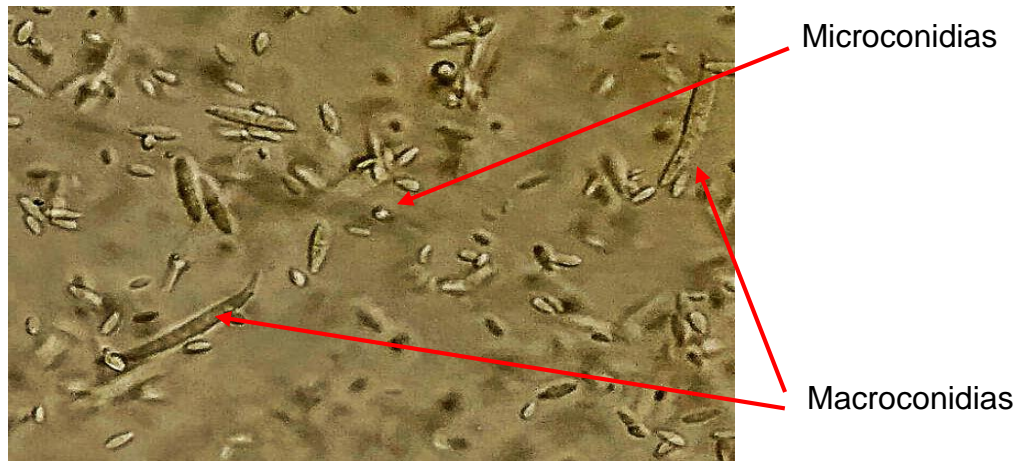


Figura 21. Macro y microconidias de *Fusarium verticillioides* aislado de maíz, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.



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

En la colonia que se identificó de color gris se observaron características propias del género *Alternaria*, con conidios de color café claro y con pico, con septas transversales y longitudinales y miden de 20-90 micras por 8-20 micras (Warham *et al.*, 2003), del mismo modo Ordoñez (2015), reportó al género *Alternaria* en su investigación en el grano de maíz de diferentes almacenes del estado de México, con una incidencia no significativa menor al 10%.



Figura 23. Conidias de *Alternaria* sp, aislado de maíz, Departamento de Parasitología, UAAAN 2018.

En la colonia que se identificó con el color negro se observaron características del género *Aspergillus* (ver figura 24) que presenta conidióforos lisos, hialinos o parduscos cerca del ápice; tienen hasta 3.0 mm de largo y 15-20 micras de diámetro, 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.

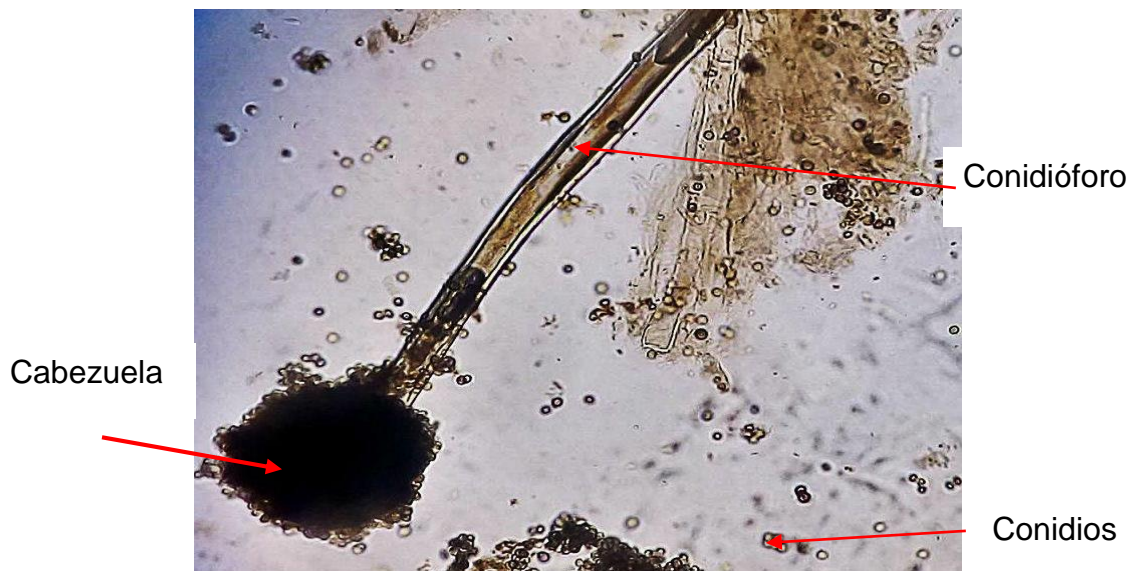


Figura 24. Conidióforo de *Aspergillus* sp, aislado de maíz,

Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

En la colonia de color verde se observaron características del género *Penicillium* (ver figura 25) que presenta; conidióforos hialinos, lisos. Septados, con una serie de ramificaciones que le dan estructura característica de un cepillo, con típicas filias hialinas en forma de frasco que producen largas cadenas secas de conidios (Warham *et al.*, 2003).

En una investigación con semillas de maíz provenientes de almacén agrícola reportaron que el género *Penicillium* fue el hongo más frecuente con una incidencia del 71% (Pachón y Castaño, 1991).

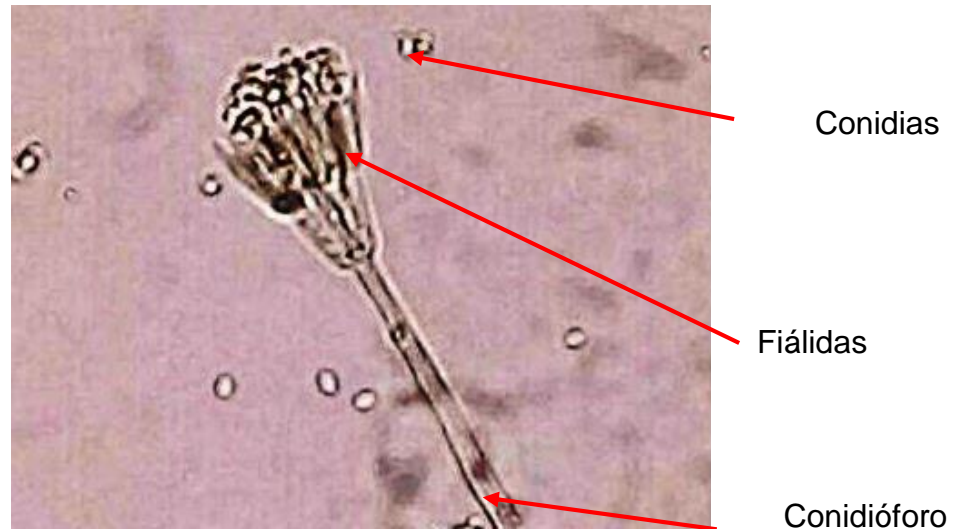


Figura 25. Conidióforo de *Penicillium* sp, en semilla de maíz, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

En la colonia que se identificó de color café se observaron características del género *Bipolaris* (ver figura 26) que presenta conidióforos de color café, largos, delgados, rectos o curvos, individuales o en grupos de 2 a 3, pálidos y lisos de 5 a 11 septas (Warham *et al.*, 2003).

Sin embargo, Ramírez (2014) en Galeana Nuevo León identificó de la misma manera a este patógeno que es el agente causal del tizón norteño del maíz era *Helminthosporium turcicum*. Presentando un clima de acuerdo al INAFED (2010) seco semicálido con una precipitación anual que oscila entre los 300 y 500 mm con un suelo arcilloso. Mas sin en cambio Tepalcingo, Morelos predomina un clima templado subhúmedo con una precipitación de 800-1000 mm anuales con un suelo arcilloso.



Figura 26. Conidias de *Bipolaris* sp, aislado de maíz,
Departamento de Parasitología, UAAAN, 2018.

Porcentaje de incidencia de patógenos en la semilla

Cuadro1. Incidencia de hongos sobre la semilla por tratamiento de acuerdo al color de la colonia.

Tratamiento	<i>Fusarium verticillioides</i>	<i>Alternaria</i> sp	<i>Penicillium</i> sp	<i>Aspergillus</i> sp	<i>Bipolaris</i> sp	Sano
1 Criollo Maíz Negro	77%	3.2%	0.3%	2%	3%	14.5%
2 Zapata 6 Amarillo	53.7%	4%	0.7%	1%	5.3%	35.3%
3 Criollo Maíz Rojo	77.8%	4%	0.2%	4%	2%	12%

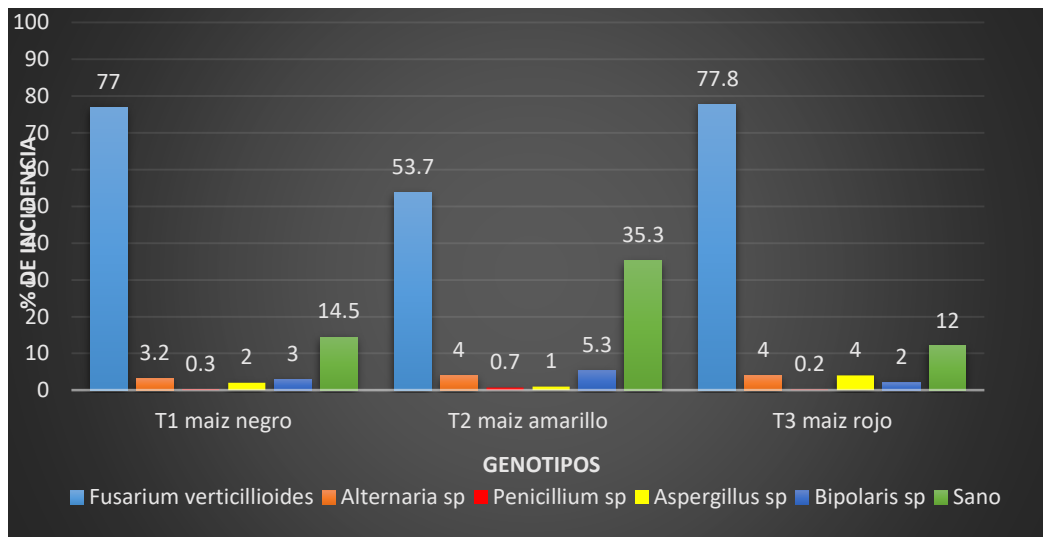


Figura 27. Que muestra el porcentaje de incidencia de patógenos.

Se observa que el tratamiento 3 (Maíz Rojo), manifestó la mayor incidencia del 88% por *Fusarium verticillioides*, *Alternaria sp*, *Bipolaris sp*, *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, y el tratamiento con una menor incidencia de 64.7% por *Fusarium verticillioides*, *Alternaria sp*, *Bipolaris sp*, *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, fué el tratamiento Zapata 6, los cuales corresponden a los hongos de campo y *Penicillium sp*, *Aspergillus sp*, que corresponden a los hongos de almacén.

Prueba de Germinación

El tratamiento 1 (Maíz Negro) fue el superior, de acuerdo al mayor número de semillas germinadas normalmente, 69% y en el caso de semillas anormales fue el tratamiento 2 (Zapata 6) el que presento el mayor número de semillas anormales, 43%, En cambio Cardoso (2016) reportó 0% de germinación en semillas de maíz HS5G debido a la incidencia de los hongos *Fusarium oxysporum* y *Fusarium verticillioides* siendo este último la causa más importante y frecuente de las pudriciones en mazorca.

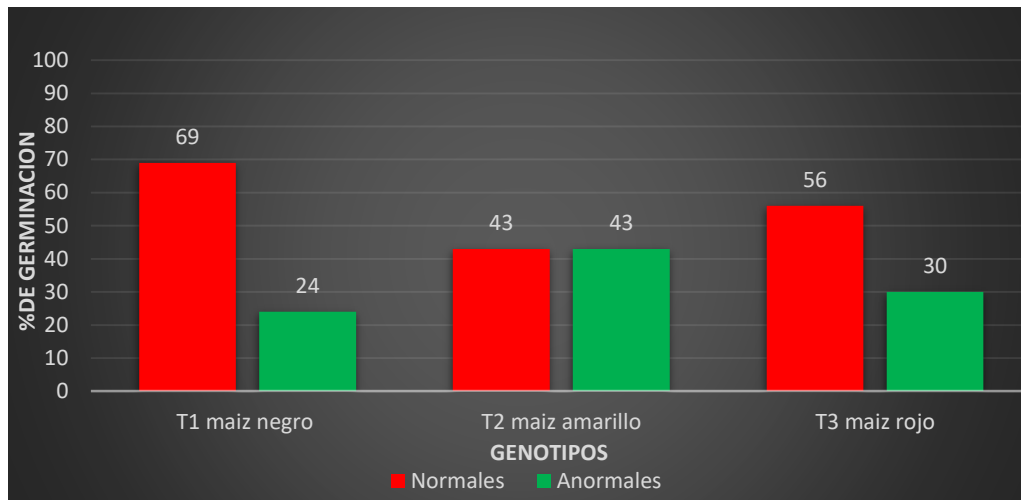


Figura 28. Que muestra el porcentaje de semillas germinadas de manera normal y anormal.

Prueba de Vigor

Las plántulas con menor grado de vigor se obtuvieron en el tratamiento 2 (Zapata 6 Amarillo) con una media de 8.29 , mientras que el genotipo 1 (Maíz Negro) expresó mayor vigor de acuerdo al tamaño de la plántula encontrado con una media de 8.85, esto nos muestra que los hongos encontrados en la semilla no afectaron significativamente la germinación de la semilla, esto de acuerdo a la comparación de medias de Tukey con significancia de 0.05 del análisis estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León versión 2.5 (Olivares, 1994), al igual que Marasas *et al.*, (1988) encontraron evidencia de infección en plántulas durante la germinación viéndose afectado el vigor de las mismas. 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.

Cuadro 2. Comparación de medias de la prueba de vigor

Tratamiento	Media	Agrupación
1 Maíz negro	8.85	A
2 Zapata 6	8.29	A
3 Maíz rojo	8.80	A

CONCLUSIÓN

- Se encontraron 5 diferentes hongos asociados a la pudrición de la mazorca afectando la calidad de la semilla los cuales fueron: *Fusarium verticillioides*, *Alternaria* sp, *Penicillium* sp, *Aspergillus* sp y *Bipolaris* sp.
- La incidencia va desde 0.2 al 77.8%, la cual no es significativa en cuanto la calidad de la semilla ya que no se ve afectada la germinación y el vigor.
- De acuerdo a los datos obtenidos en la prueba de vigor podemos concluir que, los hongos no afectan significativamente la germinación y el vigor de la semilla de maíz.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. Ed. Elsevier Academic Press. San Diego, California. 922 p.
- Alexopoulos, C. J. y Mims, C. W. 1979. "Introductory of Mycology". Third Edition. John Wiley & Sons, New York, USA. 632 p.
- 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. 2013. Agrosintesis. Pudrición de la mazorca. [Documento en línea]. <http://agrosintesis.com/component/content/article/49-front-page/326pudricion-de-la-mazorca>. [Consulta: Marzo 2017].
- Apsnet, 2002. American Phytopathological Society, Diagnóstico de Enfermedades en Plantas. Disponible en: <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/DiagnosticoEnfermedadesPlantas.aspx>
- Benítez E.M.2003. Estudio de las especies micotoxigenicas del genero *Penicillium*: *Penicillium verrucosum* Dierckx. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.pp:15-18.
- 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.
- Cardoso, M. Y. 2016. Detección de hongos en semillas de maíz. Tesis Lic. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 2016. P. 35.
- 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.

- CIAT, 1980. Semilla de frijol de buena calidad. Segunda edición. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. P. 137
- 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].
- CIMMYT, 2013. Enfermedades del maíz. [Documento en línea]. Disponible en: <http://libcatalog.cimmyt.org/download/cim/13181.pdf>. [Consulta: noviembre 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].
- Ferreira, 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] <http://infouniversidades.siu.edu.ar/noticia.php?id=1000>. [Consulta: octubre 2017].
- 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 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. Pp 91-101.
- Gonzales S.A. 2009. Diagnóstico y control de especies de *Aspergillus* productoras de Ocratoxina A. Tesis doctoral. Universidad Autónoma Complutense de Madrid. 181 p.
- 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.

- INAFED, Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal, (2010).
- 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.
- 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. 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. 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.
- 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. 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.
- Paliwal, Raipusudan, Granados, Gonzalo, Lafitte, Honor Renée, Violic, Alejandro 2001. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción, Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

- Pereitti, D. A., U.; M. C. Nazar. L.; C. A., Biasutti. V.; L. M., Giorda. L. 2007. Susceptibilidad a *Fusarium verticillioides* (Sacc) Nirenberg en la población de maíz mpb-fca 8561. *Agronomía Mesoamericana* 18(2): 171- 176. 2007. ISSN: 1021-7444. p. 172.
- 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 Important agricultural products. *Studies in Micology*, 59:53-66. doi:10.3114/sim.2007.59.07.
- Ramírez, H. D. M. 2014. Identificación e Incidencia y Severidad del Tizón Norteño del Maíz en el Ejido del Prado, Galeana Nuevo León, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Departamento de Parasitología. p. 51
- Romero C.S. 1988. Hongos Fitopatógenos. Primera edición en español. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, Mex. 347 p.
- 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: noviembre 2017].
- SIAP. 2018. Avance de Siembras y Cosechas. Resumen nacional por cultivo [Documento en línea]. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do?jsessionid=268D92A15226FE11D2108B7954DBCD03 [Consulta: noviembre 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].
- Summerell, B., A.; Salleh, B. y Lesli, J. F. 2003. A Utilitarian Approach to *Fusarium* identification. *The American Phytopathological Society*. Vol. 87, No. 2. p 117-128.

- 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.
- USDA, 2017. Panorama Agroalimentario. Maíz 2016. [Documento en línea] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf.
- 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. p 8-32.
- 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.
- 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, España. p 2-15.
- Visagie, C.M., J. Houbraeken., 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 Mejoramiento de Maíz y Trigo. CIMMYT. Mexico. D. F. p. 84.
- 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. p 1695-1700.

APÉNDICE

Cuadro 3. Incidencia de los hongos sobre la semilla de maíz de acuerdo al color de la colonia.

Genotipo	Repetición	No. De semillas Infectadas	% de incidencia	Hongo
1 Criollo Negro	1	38	76	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		2	4	<i>Alternaria sp</i>
		0	0	<i>Penicillium sp</i>
		7	14	Sano
		1	2	<i>Aspergillus sp</i>
		2	4	<i>Bipolaris sp</i>
	2	39	78	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		2	4	<i>Alternaria sp</i>
		0	0	<i>Penicillium sp</i>
		8	16	Sano
		1	2	<i>Aspergillus sp</i>
		0	0	<i>Bipolaris sp</i>
	3	38	76	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		1	2	<i>Alternaria sp</i>
		0	0	<i>Penicillium sp</i>
		7	14	Sano
		1	2	<i>Aspergillus sp</i>
		3	6	<i>Bipolaris sp</i>
	4	39	78	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		2	4	<i>Alternaria sp</i>
		0	0	<i>Penicillium sp</i>
		6	12	Sano

		1	2	<i>Aspergillus</i> sp
		2	4	<i>Bipolaris</i> sp
	5	42	84	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		0	0	<i>Alternaria</i> sp
		0	0	<i>Penicillium</i> sp
		6	12	Sano
		1	2	<i>Aspergillus</i> sp
		1	2	<i>Bipolaris</i> sp
	6	40	80	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		1	2	<i>Alternaria</i> sp
		0	0	<i>Penicillium</i> sp
		6	12	Sano
		2	4	<i>Aspergillus</i> sp
		1	2	<i>Bipolaris</i> sp
	7	38	76	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		1	2	<i>Alternaria</i> sp
		1	2	<i>Penicillium</i> sp
		9	18	Sano
		0	0	<i>Aspergillus</i> sp
		1	2	<i>Bipolaris</i> sp
	8	34	68	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		4	8	<i>Alternaria</i> sp
		0	0	<i>Penicillium</i> sp
		9	18	Sano
		1	2	<i>Aspergillus</i> sp
		2	4	<i>Bipolaris</i> sp

Genotipo	Repetición	No. De semillas Infectadas	% de incidencia	Hongo
2 Maiz Mejorado (Zapata 6 Amarillo)	1	11	22	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		3	6	<i>Alternaria sp</i>
		0	0	<i>Penicillium sp</i>
		29	58	Sano
		4	8	<i>Aspergillus sp</i>
		3	6	<i>Bipolaris sp</i>
	2	13	26	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		3	6	<i>Alternaria sp</i>
		0	0	<i>Penicillium sp</i>
		32	64	Sano
		0	0	<i>Aspergillus sp</i>
		2	4	<i>Bipolaris sp</i>
	3	29	58	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		5	10	<i>Alternaria sp</i>
		1	2	<i>Penicillium sp</i>
		13	26	Sano
		0	0	<i>Aspergillus sp</i>
		2	4	<i>Bipolaris sp</i>
	4	44	88	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		1	2	<i>Alternaria sp</i>
		0	0	<i>Penicillium sp</i>
		2	4	Sano
		0	0	<i>Aspergillus sp</i>

		3	6	<i>Bipolaris</i> sp
5		24	48	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		2	4	<i>Alternaria</i> sp
		0	0	<i>Penicillium</i> sp
		21	42	Sano
		0	0	<i>Aspergillus</i> sp
		3	6	<i>Bipolaris</i> sp
	6		45	90
		0	0	<i>Alternaria</i> sp
		1	2	<i>Penicillium</i> sp
		1	2	Sano
		0	0	<i>Aspergillus</i> sp
		3	6	<i>Bipolaris</i> sp
7		11	22	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		2	4	<i>Alternaria</i> sp
		1	2	<i>Penicillium</i> sp
		33	66	Sano
		0	0	<i>Aspergillus</i> sp
		3	6	<i>Bipolaris</i> sp
8		38	76	<i>Fusarium</i> sp <i>Verticillioides</i>
		0	0	<i>Alternaria</i> sp
		0	0	<i>Penicillium</i> sp
		10	20	Sano
		0	0	<i>Aspergillus</i> sp
		2	4	<i>Bipolaris</i> sp

Genotipo	Repetición	No. De semillas Infectadas	% de incidencia	Hongo
3 Criollo Maíz Rojo	1	40	80	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		1	2	<i>Alternaria</i> sp
		0	0	<i>Penicillium</i> sp
		5	10	Sano
		2	4	<i>Aspergillus</i> sp
		2	4	<i>Bipolaris</i> sp
	2	40	80	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		1	2	<i>Alternaria</i> sp
		0	0	<i>Penicillium</i> sp
		5	10	Sano
		3	6	<i>Aspergillus</i> sp
		1	2	<i>Bipolaris</i> sp
	3	37	74	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		5	10	<i>Alternaria</i> sp
		0	0	<i>Penicillium</i> sp
		4	8	Sano
		3	6	<i>Aspergillus</i> sp
		1	2	<i>Bipolaris</i> sp
	4	42	84	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		2	4	<i>Alternaria</i> sp
1		2	<i>Penicillium</i> sp	
0		0	Sano	
3		6	<i>Aspergillus</i> sp	

		2	4	<i>Bipolaris</i> sp
5		46	92	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		0	0	<i>Alternaria</i> sp
		0	0	<i>Penicillium</i> sp
		2	4	Sano
		1	2	<i>Aspergillus</i> sp
		1	2	<i>Bipolaris</i> sp
6		36	72	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		0	0	<i>Alternaria</i> sp
		0	0	<i>Penicillium</i> sp
		13	26	Sano
		1	2	<i>Aspergillus</i> sp
		0	0	<i>Bipolaris</i> sp
7		39	78	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		2	4	<i>Alternaria</i> sp
		0	0	<i>Penicillium</i> sp
		7	14	Sano
		1	2	<i>Aspergillus</i> sp
		1	2	<i>Bipolaris</i> sp
8		31	62	<i>Fusarium Verticillioides</i>
		5	10	<i>Alternaria</i> sp
		0	0	<i>Penicillium</i> sp
		13	26	Sano
		1	2	<i>Aspergillus</i> sp
		0	0	<i>Bipolaris</i> sp

Análisis de Varianza

Cuadro 4. Que muestra la incidencia de hongos

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	3872.32	1936.16	6.69	0.006
Error	21	6069.00	289.00		
Total	23	9941.32			

C.V. 21.89%

Cuadro 5. Que muestra la comparación de medias de la incidencia de hongos

Tratamiento	Media	Agrupación
3	87.75	A
1	85.50	A
2	59.75	B

Nivel de significancia Tukey= 0.05

Cuadro 6. Que muestra la prueba de vigor

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.739	0.369	2.621	0.126
Error	9	1.270	0.141		
Total	11	2.010			

C.V. 4.34%

Cuadro 7. Que muestra la comparación de medias de la prueba de vigor

Tratamiento	Media	Agrupación
1	8.85	A
2	8.29	A
3	8.80	A

Nivel de significancia Tukey= 0.05

Cuadro 8. Que muestra la prueba de germinación

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	1404.66	702.33	19.15	0.001
Error	9	330.00	36.66		
Total	11	1734.66			

C.V. 10.88%

Cuadro 9. Que muestra la comparación de medias de la prueba de germinación

Tratamiento	Media	Agrupación
1	69.00	A
3	55.50	B
2	42.50	C

Nivel de significancia Tukey= 0.05