

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Calidad Fisiológica e Identificación de Hongos Causantes de la Pudrición de
Mazorca de Maíz *Zea mays* L. en San Cayetano, Chiapas

Por:

ÉDGAR ELISEO DÍAZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Calidad Fisiológica, Identificación de Hongos Causantes de la Pudrición de
Mazorca *Zea mays* L. en San Cayetano, Chiapas

Por:

ÉDGAR ELISEO DÍAZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de.

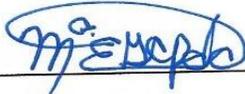
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



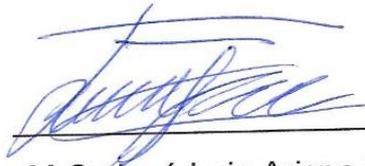
M.C. Abiel Sánchez Arizpe

Asesor Principal



Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda

Coasesor



M.C. José Luis Arispe Vázquez

Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios YHWH, en primer lugar, por haberme brindado la vida para seguir con mis propósitos, por darme las fuerzas suficientes para seguir adelante aun teniendo tantas pruebas y dificultades en mi estancia, gracias mi Dios logré mi meta.

A la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO (UAAAN)**, por brindarme todo el prestigio de tener los servicios que necesitaba, los conocimientos necesarios para mi formación como ingeniero agrónomo para aplicarlo en el desarrollo del campo agrícola mexicano.

A mi **Familia** por la Fe y la confianza que pusieron en mí. Por no dejarme solo cuando más los necesitaba, sin duda ellos siempre estuvieron en todo tiempo, gracias familia hermosa.

Al **M.C. Abiel Sánchez Arizpe** por brindado su apoyo incondicional en cuanto el desarrollo de esta investigación realizada y por aclararme todas las interrogaciones durante la investigación.

A la **Dra. Elizabeth Galindo Cepeda** por el apoyo de la revisión de este proyecto y sus consejos.

Al **M.C. José Luis Arispe Vázquez** por su valioso tiempo y paciencia en la realización de esta investigación, y por ayudarme cuando lo necesitaba, sin lugar a duda un amigo que siempre estaba para cualquier duda, le deseo éxitos.

Al **Sr. Gustavo Aquino Pérez** por sus sabios consejos que en mí depositó, el apoyo incondicional cuando lo necesite durante mi formación académica. Sin lugar a duda un amigo verdadero que siempre mantuvo la puerta de su casa abierta para mí. Le deseo muchas bendiciones, salud y éxito en esta vida.

Al **Sr. René** por su confianza y paciencia que tuvo en mí cuando andaba más necesitado en sentido económico, le deseo bendiciones y éxitos en todo lo que haga.

DEDICATORIA

A mis Padres:

Martha Hernández Gómez

Eliseo Díaz Gómez

Por apoyarme en todo momento incondicionalmente, por la Fé y la confianza que mantuvieron en mí durante que salí de la puerta de la casa de ellos, con la esperanza de volver con éxito. Sabemos que no fue fácil para todos, los extrañe mucho, sacrifique el tiempo de no estar con ellos para poder alcanzar la meta. En especial a mi hermosa Madre, sus sabios consejos como madre y padre que en mí depositó y su amor incondicional que a pesar de malos y buenos momentos nunca dejó de creer en mí, le pido a Dios te de salud y millones a años más, Te Amo Madre Mía.

Yaneth Viridiana Balderas Muñiz

Por ser la persona más linda. Estoy muy agradecido por tu apoyo y la amistad incondicional que me brindaste en la etapa más difícil de mi formación como Ingeniero, y los mejores momentos inolvidables, tus consejos y ejemplos que me hicieron de mí una mejor persona. Gracias, por tanto.

Felicitas Gutiérrez Acevedo

Estoy agradecido por haber compartido tus risas y buenas energías conmigo, tus palabras sabias durante el monitoreo de plagas y enfermedades y en los últimos días de mis prácticas profesionales, muchas gracias.

Ing. Daniel Pestaña Hermida

Ing. Rodolfo Arano contreras

Estoy muy agradecido en primer lugar por darme la oportunidad de poder realizar mis prácticas profesionales en una empresa de alta tecnología, por apoyarme en tiempo para poder redactar la tesis, y el ejemplo que usted demostraba al realizar las actividades correspondientes en el área de Fito sanidad, muchas gracias. ¡Claro! Como no agradecerle a usted ing. Rodolfo, por las enseñanzas y la amistad.

A mis hermanos:

César Fabián Díaz Hernández

Erick Jonathan Díaz Hernández

Por ser los mejores hermanos que tengo, gracias por sus valiosos apoyos y consejos y por cuidar de mamá, y aquellos bellos y divertidos momentos que hemos vivido como los tres mosqueteros que somos, y estaremos más unidos que nunca. Los amo mucho hermanos, éxitos y bendiciones para ustedes.

A los Señores:

Daniel Balderas y Josefina de Balderas, por sus sabios consejos, y por haberme abierto la puerta de su casa donde recibí apoyo incondicional durante la etapa más difícil de mi formación, y los momentos de reflexión que me hicieron razonar, estoy muy agradecido por todo lo que ofrecieron para poder seguir día a día, les deseo bienestar en la salud y miles de años más, Dios me los bendiga.

A mis amigos:

Guadalupe, Adrián, Abelardo, Alberto, Marcelino, Rolando, Lino Rangel, Víctor Hernández, Cayetano, Patricio Sánchez, Moctezuma, Omar Hernández, Luis Mereles, Juan Daniel López, Don Chava Gisela Salamanca Bautista, por su valiosa amistad sincera, momentos divertidos y su valioso apoyo durante mi formación académica

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
<u>AGRADECIMIENTOS</u>	iii
<u>DEDICATORIA</u>	iv
<u>ÍNDICE DE CUADROS</u>	viii
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	ix
<u>RESUMEN</u>	x
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS	2
HIPÓTESIS	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
El Maíz en México	3
Producción Mundial del Maíz	3
Producción Nacional de Maíz	3
Producción Estatal	3
Enfermedades del Maíz	4
Pudrición de Mazorca	5
Hongos de importancia en la Pudrición de la Mazorca	5
Importancia del Género <i>Fusarium</i>	5
Características Generales de <i>Fusarium</i>	5
Clasificación Taxonómica de <i>Fusarium</i> según Whitaker (1969).	6
Efecto del genero <i>Fusarium</i> sobre la salud humana y animal.....	6
Características del Género <i>Penicillium</i>	7
Clasificación Taxonómica del Género <i>Penicillium</i> Según Link (1809).....	8

Características Generales de <i>Nigrospora</i>	9
Calidad de Semilla	9
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Ubicación del Experimento	11
Material Genético	11
Prueba de Sanidad de Semilla.....	12
Preparación de medio de cultivo.....	12
Siembra	13
Identificación de hongos	14
Análisis estadístico	14
Prueba de Germinación	14
Ubicación del experimento.....	14
Germinación	15
Evaluación de Germinación	15
Análisis Estadístico	16
Prueba de Vigor	16
Vigor	16
Evaluación.	17
Análisis Estadístico	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
CONCLUSIÓN	22
BIBLIOGRAFÍA	23
APÉNDICE	26

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Medias de germinación.....	21
Cuadro 2. Medias de vigor	21
Cuadro 3. Incidencia de hongos fitopatógenos en maíz Criollo Amarillo.....	26
Cuadro 4. Incidencia de hongos fitopatógenos en maíz Criollo Rojo	27
Cuadro 5. Análisis de varianza de germinación.	27
Cuadro 6. Análisis de varianza del vigor	27

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Características de <i>Fusarium</i> sp.....	6
Figura 2. Daño causado por <i>Penicillium</i> sp.	8
Figura 3. Daño causado por <i>Nigrospora</i> sp.....	9
Figura 2. Departamento de Parasitología, UAAAN, 2019.	11
Figura 5. Maíz criollo Amarillo	11
Figura 6. Maíz Criollo Rojo.....	11
Figura 7. Conteo de semillas.....	12
Figura 8. Preparación de medios	12
Figura 9. Desinfección de Semillas	13
Figura 10. Siembra de semilla de maíz	13
Figura 11. Identificación de hongos fitopatógenos.	14
Figura 12. Invernadero (UAAAN 2019).	14
Figura 13. a) Plántula normal b) Plántula anormal c) Semilla no germinada.....	15
Figura 14. Desinfección de las semillas	16
Figura 15. Tratamiento con papel de estraza enrollados.	17
Figura 16. Plúmula y Raíz de Maíz	17
Figura 17. Estructura de <i>Fusarium</i> sp. UAAAN.....	18
Figura 18. Características de <i>Penicillium</i> sp. UAAAN.	19
Figura 19. Característica de <i>Nigrospora</i> sp. UAAAN.....	19
Figura 20. Géneros de hongos fitopatógenos en los maíces criollos	20

RESUMEN

En México el maíz es altamente significativo tanto para la comunidad mexicana y para los productores, se debe a que en épocas precolombinas fue la base de alimentación. Hoy en la actualidad enfrenta un grave problema con la pudrición de mazorca causados por hongos fitopatógenos y algunos son causantes de micotoxinas, que pueden llegar a causar daño a las personas como animales. El objetivo de esta investigación fue identificar, así como estimar la Incidencia de hongos presentes en dos genotipos de maíz criollos provenientes de la Col. San Cayetano, el Bosque Chiapas, México, de igual manera evaluar la calidad fisiológica.

Para la determinación de la incidencia de hongos presentes en los materiales criollos, se realizó por medio de cultivo PDA (papa dextrosa agar, Bioxon) donde se utilizaron 50 semillas de cada genotipo, con 10 repeticiones cada una, y en cada placa de Petri se colocaron 5 semillas, incubándose a una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por un lapso de 192 h, y la identificación de hongos fitopatógenos se llevó a cabo mediante claves taxonómicas. La calidad de semilla se llevó a cabo mediante la prueba de vigor de la semilla, en donde se utilizó toallas de papel enrolladas en las cuales se utilizaron 400 semillas en 4 repeticiones por genotipo y para la prueba de germinación de la semilla se utilizaron charolas de plástico, sobre la cual se colocaron 4 cm de tierra, después se colocaron 100 semillas por charola de manera equidistante y posteriormente se colocaron otros 4 cm de tierra y se mantuvieron a temperatura ambiente en el invernadero del Departamento de Parasitología por 168 h, siendo un total de 4 repeticiones por genotipo. Los resultados se procesaron en porcentaje y se analizaron en un análisis completamente al azar mediante la prueba de Tukey al 0.01 de significancia en el programa estadístico SAS versión 9.1. Los géneros identificados fueron: *Penicillium*, *Nigrospora*, *Fusarium*, con una incidencia que va de, así como la germinación de la semilla que va desde 14 a 90 % y vigor con una media de 6.85 a 7.85.

Palabras Clave: Maíz, Hongo, Calidad Fisiológica

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los principales alimentos cultivables a nivel mundial, además, es considerado como uno de los productos más importantes producidos en México; como en primer lugar ocupa Estados Unidos con 357, 267,000 toneladas seguidos de china 215,000,000 t y Brasil con 95,000,000 t (USDA, 2017).

De los más de 30 millones de toneladas que se consumen anualmente, sólo el 71.9% es producido nacionalmente, es decir, que en el país hay un déficit de un poco más del 28% del consumo nacional aparente, del total de maíz producido en México, el 57% es destinado para el consumo humano, 29% es para el consumo animal y 20% para la industria. Los principales productores son: Sinaloa con 26%, Jalisco con 12.6%, Estado de México 6.5%, Chiapas con 6.0%, Michoacán con 5.9% y Veracruz con 5.7% (SIAP, 2018).

La producción de maíz en México es de 27, 762, 481 t, siendo el 7º productor a nivel global, detrás de Estados Unidos, China, Brasil, Argentina, India (SAGARPA, 2011). México es el mercado más grande de maíz en el mundo, representando el 11% del consumo mundial, cada mexicano consume, en promedio, 196 kg de maíz anualmente, cifra muy superior al promedio mundial (SAGARPA, 2014).

El maíz es afectado por un gran número de fitopatógenos, sin embargo, algunos de los géneros más importantes son *Fusarium* y *Aspergillus*, causantes de grandes pérdidas en el rendimiento (del 6 al 55% para el centro de Mexico), disminución en la calidad del grano y que adicionalmente producen sustancias tóxicas conocidas como micotoxinas, las cuales causan enfermedades de importancia que afectan la salud humana y de los animales que consumen granos contaminados con ellos (González *et al.*, 2007; Briones *et al.*, 2015; POA, 2009).

Las especies de *Fusarium* presentan distribución cosmopolita, son endémicas en las regiones maiceras, capaces de colonizar todas las partes de la planta y sobrevivir largos períodos en restos vegetales (Thomas y Buddenhagen, 1980)

JUSTIFICACIÓN

Esta investigación se realizó para obtener información sobre hongos asociados a la pudrición de mazorca de maíz, en San Cayetano Chiapas.

OBJETIVOS

- Identificar los diferentes hongos asociados a la pudrición de mazorca.
- Determinación de vigor y germinación de semilla.

HIPÓTESIS

- Se espera encontrar al menos 2 géneros de hongos asociados a la pudrición de mazorca de maíz.

REVISIÓN DE LITERATURA

El Maíz en México

En México las numerosas variedades de maíces nativos se utilizan para elaborar además de la tortilla, una enorme cantidad de preparaciones culinarias tradicionales, lo que hace del maíz uno de los elementos fundamentales de la cocina nacional. Estos maíces siguen siendo el sustento de miles de familias rurales mexicanas. Sin embargo, ante el proceso de globalización se ha adoptado un estilo “moderno” de alimentación que tiende a sustituir a los platillos tradicionales por alimentos procesados, no necesariamente basados en maíz, México se considera centro de origen, domesticación y diversificación del maíz (*Zea mays* L.), existen 59 razas de acuerdo con la clasificación más reciente basada en características morfológicas e isoenzimáticas que representan un significativo porcentaje de las 220 a 300 razas de maíz existentes en el continente americano (Mejía, 2014).

Producción Mundial del Maíz

De acuerdo con FIRA (2016) durante el ciclo comercial 2016 se observará el nivel de producción mundial más alto de la historia, al totalizar 1,025.6 millones de toneladas y el continente de América produce el 50.9%.

Producción Nacional de Maíz

La producción de maíz de México es de 27, 762, 481 t, en el cual Sinaloa es el principal productor de maíz abarcando alrededor del 6, 167, 095.85 t, seguido de Jalisco con 4, 024, 863.86 t y el estado de México con 2, 219, 616.11 t (SIAP, 2017)

Producción Estatal

SIAP (2018) muestra una estadística de producción en riego y en temporal del estado de Chiapas, contando con un área de siembra de 111, 736 ha, con un rendimiento De 1. 664 ton/ha, es decir, una producción de 111, 737.664 t.

Enfermedades del Maíz

En todas las regiones productoras de maíz del mundo, cada año se presentan enfermedades que afectan el rendimiento y la calidad del grano. 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 (Agrios, 2005).

Entre las pudriciones de mazorca más relevantes están las inducidas por especies del género *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 (Charmley *et al.*, 1994)

Las principales especies de *Fusarium* son *Gibberella*: *Fusarium moniliforme* (Actualmente *F. verticillioides*), *Gibberella*, *F. graminearum*, respectivamente. Estas especies, además de inducir pudriciones de mazorca, pueden producir diversas toxinas potencialmente riesgosas (Koehler, 1959; De León, 1974; Bacon y Williamson, 1992).

Fusarium moniliforme como la causa más importante y más frecuente de las pudriciones en mazorca, aislaron mohos de mazorcas dañadas y encontraron que *F. moniliforme* fue la que se presentó con mayor incidencia. Además, existen registros de que esta especie ha sido aislada de mazorcas de maíz de los estados de Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Puebla y de Nuevo León, así como de *F. graminearum*, que fue aislada de mazorcas de maíz procedentes del Estado de México, Michoacán y Yucatán (Zenteno y Muñoz, 1968)

Fusarium moniliforme, *F. verticilloides* y *Gibberella* produce fumonisinas, ácido fusárico, fusarinas y naftoquinonas. (Savard y Blackwell, 1994).

Pudrición de Mazorca

El maíz en México, es afectado principalmente por hongos que causan los llamados carbones, *Sporisorium reilianum*, *Ustilago maydis* (DC), o bien las que causan los tizones y manchas foliares, como *Helminthosporium spp.* (Dreschlera), *Fusarium spp.*, *Curvularia spp.*, *Alternaria spp.*, complejo de la mancha de asfalto y el cornezuelo del maíz, *Claviceps gigantea* (Programa de Maíz de CIMMYT, 2003)

Hongos de importancia en la Pudrición de la Mazorca

De acuerdo con García (2016) dentro de los hongos de mayor importancia que causan pudrición de la mazorca se encuentran *Diplodia*, *Gibberella*, *Fusarium* y *Aspergillus*.

Importancia del Género *Fusarium*

El primer grupo, cuyo representante principal es *F. oxysporum*, los cuales provocan marchitamiento vascular. El segundo grupo, provoca pudrición en la raíz, el cual es *F. solani*, y por ultimo las especies que provocan enfermedades en plantas gramíneas (*F. verticilliodies*, *F. graminearum*, *F. avenaceum*, y *F. culmorum*) (SEMINIS, 2017).

Características Generales de *Fusarium*

Las microconidias son ovoides o en forma de riñón, con un tamaño de 5-12 x 2,3-3,5 μm y, ocasionalmente, con uno o dos tabiques. Las microconidias pueden formar masas (simulan cabezas) pero nunca cadenas. Las macroconidias tienen de uno a cinco septos. Su tamaño es de 23-54 x 3-4,5 μm . Tienen forma de media luna, ligeramente curvadas, con pared fina y delicada. (Araceli y Juan, 2013).

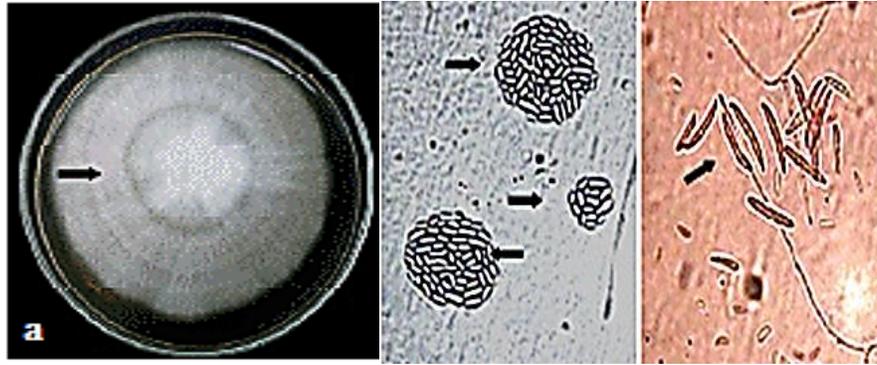


Figura 3. Características de *Fusarium* sp.

Clasificación Taxonómica de *Fusarium* según Whitaker (1969).

Reino: Fungi

División: Eumycota

Clase: Deuteromycete

Orden: Monoliales

Familia: Monoliacea

Género: *Fusarium*

Efecto del genero *Fusarium* sobre la salud humana y animal

Algunos géneros de hongos patógenos de plantas tienen la capacidad de producir toxinas, las cuales pueden afectar de formas diversas al hombre y a los animales que ingieren alimentos contaminados con esos hongos. Entre los géneros productores de toxinas están *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, entre otros. Unas de las micotoxinas más tóxicas y más investigadas son las llamadas aflatoxinas producidas por el hongo *Aspergillus flavus* (Schumann, 1991).

Fusarium graminearum, *F. moniliforme* y *F. tricinctum*, patógenos de maíz y de algunos cereales menores, producen la toxina zearalenona, la cual causa desequilibrios hormonales, infertilidad, disminución del crecimiento y, en casos

extremos, la muerte de los animales que consumen granos contaminados (Rebell, 1981).

Fusarium graminearum sobre granos de cereales, especialmente maíz, también tiene la capacidad de producir la toxina deoxinivalenol o vomitoxina, la cual causa rechazo en el consumo de alimentos contaminados y disminución en el peso de los animales que lo consumen (Rebell, 1981).

Fusarium moniliforme y *F. proliferatum*, cuando se desarrollan sobre granos de maíz, pueden producir la toxina fumonicina, la cual puede causar leucoencefalomacia en caballos (Vesonder y Hesseltine, 1981). Hay apenas un registro en la literatura sobre la producción de una micotoxina producida por *Fusarium oxysporum*; se trata de la fumonicina producida por el hongo *Fusarium oxysporum* varo *redolens*, el cual causa lesiones en las raíces del pino blanco oriental, *Pinus strobus* (Pardo *et al.*, 1995).

Se presenta un registro sobre la destrucción de nidos y de panales en abejas salvajes por el hongo *Fusarium oxysporum*, sin especificar si es patógeno de plantas o si es un saprófito (Rebell, 1981).

Características del Género *Penicillium*

El daño más frecuente es causado por *Penicillium oxalicum*, 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 (Raquis). Los granos dañados por el hongo desarrollan un color amarillento y rayas visibles en el pericarpio (CIMMYT, 2004).

Este género se caracteriza por formar conidios en una estructura ramificada semejante a un pincel que termina en células conidiógenas llamadas fiálides. Si hay sólo un verticilo de fiálides el pincel es monoverticilado. Las ramificaciones de un pincel poliverticilado son ramas, rámulas, métulas y fiálides. Los conidios

generados en fiálides suelen llamarse fialoconidios para indicar su origen (Benítez, 2003)

En la fiálide, al dividirse el núcleo, se extiende simultáneamente el extremo apical que luego se estrangula separando a la espora recién formada. Se llama conectivo a la porción de pared que une entre sí a los conidios permitiendo la formación de cadenas, y en algunas especies se aprecia claramente con el microscopio óptico (Webster, 1986).



Figura 4. Daño causado por *Penicillium* sp.

Clasificación Taxonómica del Género *Penicillium* Según Link (1809)

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Eurotiomycetes

Orden: Eurotiales

Familia: *Trichocomaceae*

Género: *Penicillium*

Características Generales de *Nigrospora*

Conidióforos cortos, mayormente simple, raramente ligeramente ramificado, inflado en la punta, con un pequeño poro en la punta, a partir del cual se desarrollan conidias terminales individuales. Conidia brillante, amarillo pálido a amarillo anaranjado, cuando es joven, marrón oliva a negro, cuando está maduro, unicelular, hasta 15 μm de diámetro, o elipsoide, 11-16 x 9.5 -12 μm (CIMMYT, 2004).



Figura 5. Daño causado por *Nigrospora*.

Esta enfermedad está ampliamente distribuida y el hongo causante sobrevive generalmente en los residuos de las plantas que quedan en el campo. Las mazorcas están disecadas (momificadas) y no pesan. Además, los granos están manchados y se desprenden fácilmente del olote. Un examen cuidadoso de los tejidos del olote y de las puntas de los granos mostrará pequeñas masas negras de esporas (CIMMYT, 2014).

Calidad de Semilla

CIMMYT (2016) señaló que la calidad de la semilla empieza en el campo manteniendo la calidad después de la cosecha, como su acondicionamiento, almacenamiento, considerando los componentes como: pureza genética, fitosanitaria y fisiológica. La calidad de la semilla depende de una combinación de

factores fisiológicos, morfológicos y ambientales que interactúan entre sí. Algunos aspectos todavía son desconocidos.

La calidad de la semilla causa muchos impactos: abundancia o hambruna, ganancias o pérdidas. Un buen manejo agronómico en los campos de multiplicación y buen manejo post cosecha son fundamentales para obtener semilla de alta calidad.

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 6. Departamento de Parasitología, UAAAN, 2019.

Material Genético

Las semillas de maíz fueron proporcionadas por La señora Carmela Hernández Gómez, del municipio Larrainzar, Chiapas México, los cuales fueron; maíz criollo Amarillo y Rojo de la región (Figuras 5 y 6).



Figura 5. Maíz criollo Amarillo.



Figura 6. Maíz Criollo Rojo.

Prueba de Sanidad de Semilla

Se realizó la prueba de acuerdo al Manual de Laboratorio de Ensayos para la Semilla de Maíz y Trigo CIMMYT (Warham *et al.*, 2003), en este caso modificada, se tomaron 50 semillas por cada genotipo, es decir, 10 repeticiones de 5 semillas por repetición (Figura 7).



Figura 7. Conteo de semillas, Departamento de Parasitología UAAAN, 2019.

Preparación de medio de cultivo

Se pesaron 19.5 g de PDA (Papa Dextrosa Agar, Bioxon) y se vertieron dentro de un matraz de 1 l y se agregaron 500 ml de agua destilada, agitándose de manera constante hasta lograr una mezcla homogénea, posteriormente se esterilizó en una olla de presión a 120 °C durante 15 min (Figura 8).



Figura 8. Preparación de medios, Departamento de Parasitología UAAAN 2019.

Siembra

Las semillas se desinfectaron con solución de hipoclorito al 3% (cloralex) durante tres min, posteriormente con agua destilada (tres veces por 1 min).



Figura 9. Desinfección de Semillas, Departamento Parasitología UAAAN, 2019.

La siembra se realizó en la cama de flujo laminar, donde se colocaron 5 semillas de maíz por placa de Petri de manera equidistante por repetición por genotipo, las cuales se sellaron, rotularon e incubaron a una temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un lapso de 192 h.



Figura 10. Siembra de semilla de maíz, Departamento de Parasitología UAAAN

Identificación de hongos

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).



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

Análisis estadístico

Los resultados se procesaron en porcentaje y se analizaron en un análisis completamente al azar mediante la prueba de Tukey al 0.01 de significancia en el programa estadístico SAS versión 9.1.

Prueba de Germinación

Ubicación del experimento

El experimento se realizó en el invernadero del Departamento de Parasitología (Fig. 14).



Figura 12. Invernadero (UAAAN 2019).

Germinación

La prueba de germinación se realizó con 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 por genotipo, es decir, 4 charolas por cada genotipo, primero se agregó tierra hasta obtener una capa de 4 cm, después se colocaron 100 semillas por charola de manera equidistante y posteriormente se colocaron otros 4 cm de tierra y se mantuvieron a temperatura ambiente en el invernadero del Departamento de Parasitología por 168 h,

Evaluación de Germinación

Se contaron las plántulas de la siguiente manera: normales, anormales y semillas no germinadas de cada repetición de 100 semillas (Fig.16).

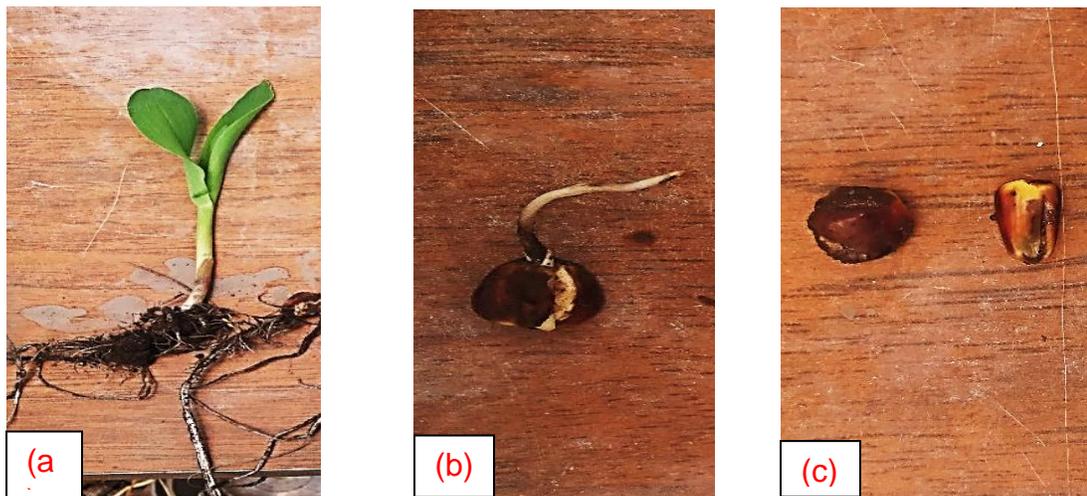


Figura 13. a) Plántula normal b) Plántula anormal c) Semilla no germinada, Departamento de Parasitología UAAAN

Análisis Estadístico

Los resultados se analizaron en un análisis completamente al azar mediante la prueba de Tukey al 0.01 de significancia en el programa estadístico SAS versión 9.1.

Prueba de Vigor

Vigor

Primero se desinfectaron las semillas con solución de hipoclorito al 3% (Cloralex) durante tres min, posteriormente con agua destilada (tres veces por 1 min).

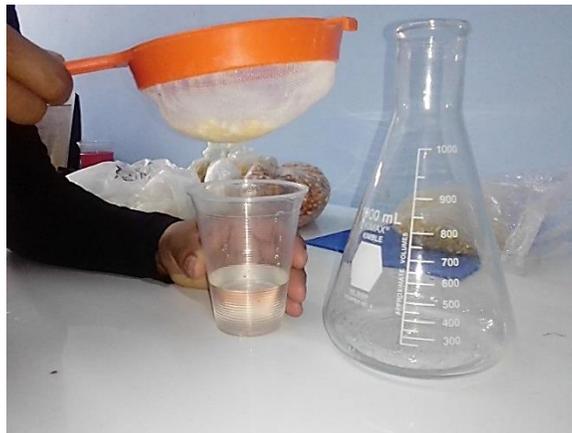


Figura 14. Desinfección de las semillas, Departamento de Parasitología UAAAN.

En papel de estraza humedecido se colocaron 25 semillas (una repetición) con el embrión hacia abajo, uniformemente alineados, enseguida se cubrió con otro papel previamente humedecido y se enrollaron cuidadosamente (Fig. 17). Así se procedió hacer con los dos genotipos de maíz dando en total 16 repeticiones, 8 por cada genotipo, los cuales se acomodaron cuidadosamente dentro de la cámara Bioclimática 1 a una temperatura $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 8 días.



Figura 15. Tratamiento con papel de estraza enrollados, Departamento de Parasitología UAAAN 2019.

Evaluación.

Se evaluó según el Manual de Laboratorio de Ensayos para la semilla de Maíz y Trigo (Warham *et. al* 2003).

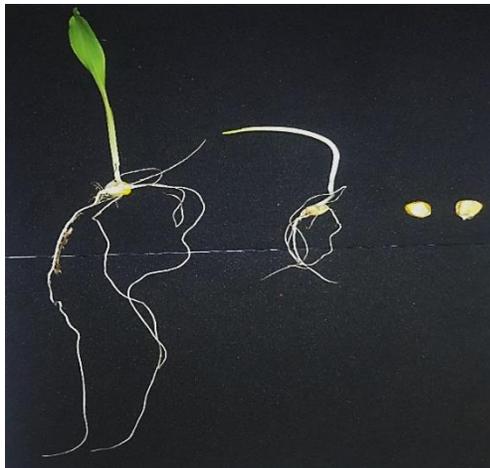


Figura 16. Plúmula y Raíz de Maíz, Departamento de Parasitología UAAAN 2019.

Análisis Estadístico

Los resultados se analizaron en un análisis completamente al azar mediante la prueba de Tukey al 0.01 de significancia en el programa estadístico SAS versión 9.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de Hongos Fitopatógenos

En los resultados se lograron observar tres tipos de colonias de hongos causante de la pudrición de mazorca como: *Fusarium*, *Penicillium* y *Nigrosporium*. Para su identificación se utilizaron las claves de Barnett y Hunter (2006), utilizando el microscopio compuesto con los objetivos 10x Y 40x.

En la colonia blanco- salmón se presentaron características del género *Fusarium*, donde presentó abundantes microconidios en forma oval, hialinos y unicelulares, y macroconidias (Figura 17).



Figura 17. Estructura de *Fusarium* sp. UAAAN.

En la colonia de hongos de color verdoso se presentaron características de *Penicillium* sp., conidióforos conspicuos, lisos, hialinos y septados, con una serie de ramificaciones en forma de un pincel, las ramificaciones en unas células que se conocen como fiálides y fueron hialinas. Los conidios unicelulares esféricos u ovoides de color azul-verdoso (Figura 18).

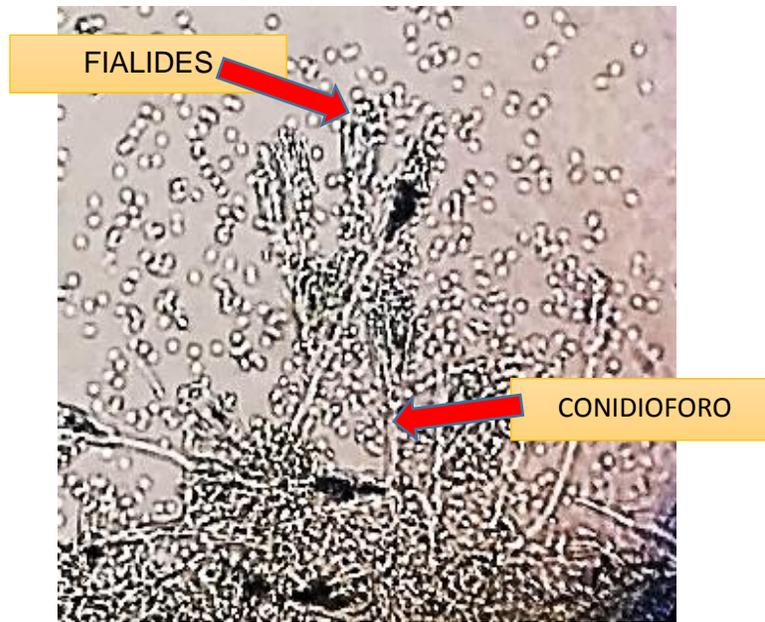


Figura 18. Características de *Penicillium* sp. UAAAN.

En la colonia de hongos de color café claro se presentaron características del género *Nigrospora*, las hifas subhialinas amarillentas con conidióforos cortos, globosos y de color café pálido, dando lugar a un conidio individual de color café oscuro a negro brillante, en forma oval (Figura 19).

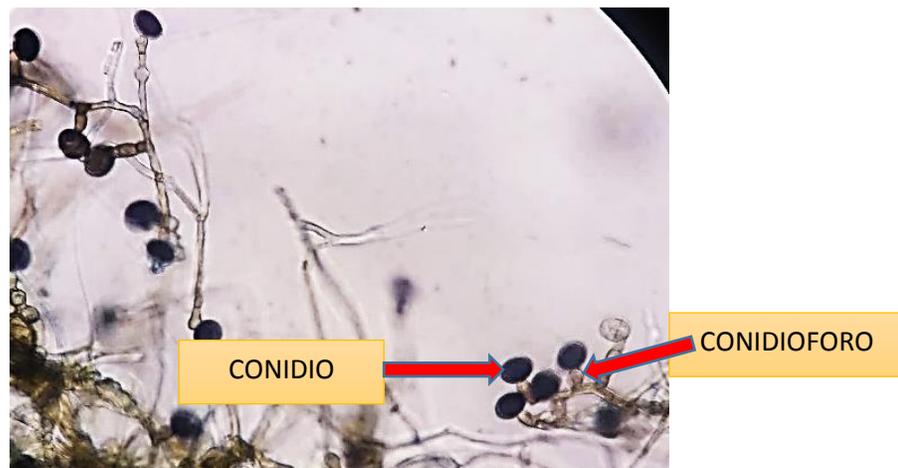


Figura 19. Característica de *Nigrospora* sp. UAAAN.

Incidencia

La incidencia de los hongos en los genotipos criollos fue del 100%, en ambos genotipos rojo y amarillo se obtuvo mayor incidencia por *Fusarium* sp. del 46% del criollo rojo y 42% en criollo amarillo (Figura 20). Del mismo modo Mereles (2018) reportó una incidencia del 88% por *Fusarium verticilloides* en maíz rojo criollo del estado de Morelos en el municipio de Tepalcingo, ambas localidades de estudio tienen condiciones ambientales diferentes, sin embargo, *Fusarium* spp. es un patógeno cosmopolita, es decir, este hongo se encuentra ampliamente distribuido en todas las zonas donde se cultiva el maíz, es decir, en todo el mundo (Leslie y Summerell, 2006).

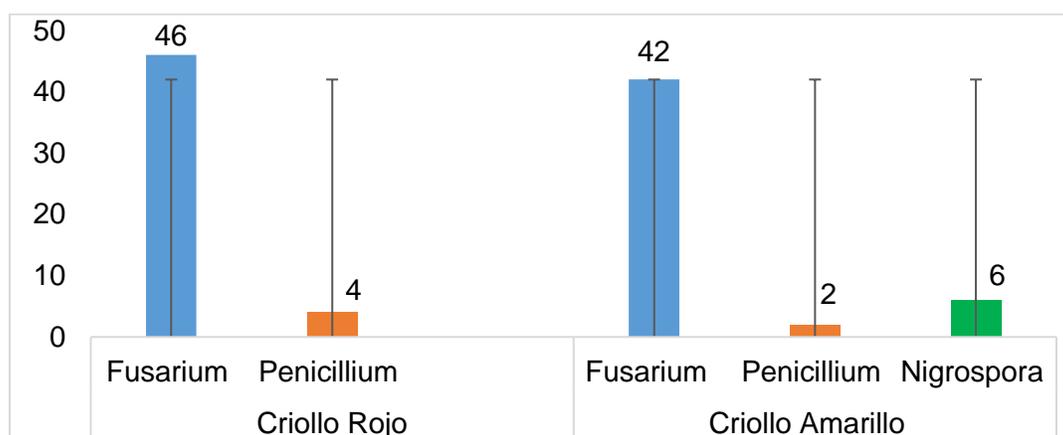


Figura 20. Géneros de hongos Fito patógenos en los maíces criollos

Germinación

De acuerdo al análisis estadístico no se muestra diferencia estadística entre la germinación de los genotipos, $P > F 0.89$, con un coeficiente de variación del 50.13, con una media de 54.75 para el genotipo rojo y 57.50 para el genotipo Amarillo respectivamente (Cuadro 1). Deduciendo que la alta incidencia de hongos (100%) sobre las semillas si afecta la germinación de las semillas en estudio. Sin embargo, De león (2017) reportó una germinación del 78.25 % en maíz híbrido Faisán del estado de Puebla, con una incidencia por *Fusarium* sp. 36.25%.

Cuadro1. Medias de germinación

Genotipo	Media	Grupo Estadístico
Amarillo	57.50	A
Rojo	54.75	A

Letras iguales no son estadísticamente diferentes de acuerdo a Tukey al 0.01

Vigor

De acuerdo al análisis estadístico no se muestra diferencia estadística entre el vigor de los genotipos criollos, $P > F$ 0.10 con un coeficiente de variación del 9.90, con una media de 7.85 en amarillo y 6.85 para el rojo respectivamente (Cuadro 2), con una longitud de 2/3. Deduciendo que la alta incidencia de hongos (100%) sobre las semillas si afecta el vigor de las semillas en estudio. Garcia (2017) reportó una germinación del 89.50% al 92.50% con una media en el vigor del 6.33 al 9.1, con una incidencia por *Fusarium* sp. mayor del 80% sobre los genotipos Elotero 7573, Criollo Pozolero, Pionner 4082 y Jaguan.

Cuadro 2. Medias de vigor

Genotipo	Media	Grupo Estadístico
Amarillo	7.85	A
Rojo	6.85	A

Las letras iguales no son estadísticamente diferentes de acuerdo a Tukey al 0.01

CONCLUSIÓN

En conjunto se identificaron 3 géneros de hongos de las cuales fueron *Fusarium* con un (88%), *Penicillium* con un (6%) y *Nigrospora* con un (6%) causantes de la pudrición de la mazorca, reduciendo la calidad de la semilla como la germinación que se obtuvo del 56% y de vigor de 2/3 con una germinación de 7.35%. La presencia de hongos reduce la calidad de la semilla.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. Ed. Elsevier Academic Press Inc.. San Diego, California. 922 p.
- Araceli M. y J. L.T. Rodríguez (2013). Infecciones causadas por el género *Fusarium*. Control, Calidad, SEIMC.
- Boschini. 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. Agronomía Mesoamérica.
- Blaszkowski J., Piech M. 2002. Comparación de comunidades fúngicas a base de semillas de avena y cebada desnudas y descascaradas. Phytopath. Pol. 24, 71-74.
- Benitez E. M. 2003. Estudio de las especies micotoxigenicas del género *Penicillium verrocusum* Dierckx. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.pp: 15-18.
- Charmley, L. L., A. Rosenberg y L. H. Trenholm. 1994. Factors responsible for economic losses due to *Fusarium* mycotoxin contamination of grains, food, and feedstuffs. In Mycotoxins in grain: compounds other than aflatoxin, D. J. Miller y L. H. Trenholm (Eds.). Eagan, Minnesota. p. 471–486.
- CIMMYT, 2016. Enfermedades del maíz. (Documento en línea). Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/18109/58348.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.(Consulta septiembre 2017)
- CIMMYT, 2014. Enfermedades del maíz una guía para su identificación en de campo. Cuarta edición. México D.F.
- CIMMYT, (2003) Enfermedades del maíz resistentes al carbon de la espiga del maíz (*Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae*), en los valles altos de México.
- De León T. A. K. G. (2017) Detección e Identificación de Hongos en Semillas de dos Materiales Híbridos de Maíz del Estado de Puebla, Tesis. Licenciatura, UAAAN; Páginas 23-26.

- Link (1809). <http://www.tecnicoagricola.es/penicillium-digitatum-moho-verde-y-penicillium-italicum-moho-azul/>.
- Mejía, J. D. J. C. (2014). Maíz: Alimento fundamental en las tradiciones y costumbres mexicanas. *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 12(2), 425-432.
- FIRA (2016). Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura.
- González Merino, A., & Ávila Castañeda, J. F. (2007). El maíz en Estados Unidos y en México: Hegemonía en la producción de un cultivo. *Argumentos (México, DF)*, 27(75), 215-237.
- García Dávila Alejandra (2016). Técnico PIMAF 13 de noviembre de 2016.
- García M. J. C. (2018) Deteccion de Hongos en Semillas de Maíz de Tepalcingo, Morelos y Saltillo, Coahuila. Tesis Licenciatura, UAAAN; Paginas 23-26.
- Leslie, F. J. and Summerell, A. B. 2006. The Fusarium Laboratory Manual
- Mereles G. L. (2018). Calidad Fisiologica, Identificación de Hongos y su Incidencia en la Pudricion de la Mazorca de Maíz *Zea mays* L. en el Municipio de Tepalcingo, Morelos. Tesis, Licenciatura. UAAAN; Página 33.
- PARDO, V.M. Hongos fitopatógenos de Colombia. Centro de Publicaciones. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 1995.
- SAGARPA (2014). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación.
- SAGARPA (2011). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación.
- SIAP (2018). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Estadísticas del sector agroalimentario y pesquero.
- SEMINIS (2017). Productor y comercializador de semillas de frutas y verduras del mundo.

- SCHUMANN, G.L. Plant diseases: their biology and social impact. American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota. 1991.
- Savard, M. E. y B. A. Blackwell.1994. Spectral characteristics of secondary metabolites from *Fusarium* fungi. In *Mycotoxins in grain: compounds other than aflatoxin*, J. D. Miller and H.L. Trenholm (eds.). Eagan, St. Paul, Minnesota. p. 59–69
- REBELL, G. *Fusarium* infections in human and veterinary medicine. p. 210-220. En P.E. Nelson, T.A. Toussoun and R.J. Cook (eds.). *Fusarium: diseases, biology and taxonomy*. Pennsylvania State University Press. University Park and London. 1981
- Thomas M.D., y I.W. Buddenhagen. 1980. Incidence and persistence of *Fusarium moniliforme* in symptomless maize kernels and seedlings in Nigeria. *Mycologia* 72:882-887.
- VESONDER, RF. y c.«. HESSEL TINE. Metabolites of *Fusarium*. p. 350-364. En P.E. Nelson, T.A. Toussoun and R.J. Cook (eds.). *Fusarium: diseases, biology and taxonomy*. Pennsylvania State University Press. University Park and London. 1981.
- Whitaker, J. R. (1969). Determination of Molecular Weights of Proteins by Gel Filtration of Sephadex. *Analytical Chemistry*, 35(12), 1950-1953.
- Koehler, B. 1959. Corn ear rots in Illinois. III. Agricultural Experiment Station Bulletin 639:87.
- Webster J. 1986. *Introduction to Fungi*. 2^o ed. Cambridge University Press.
- Zenteno–Zevada, M. y O. A. Muñoz. 1968. Estudios sobre hongos parásitos de gramíneas de la República Mexicana. VII. Segunda prueba de inoculación en mazorcas de maíz con *Fusarium moniliforme* Sheld. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 34:111–116.

APÉNDICE

Cuadro 3. Incidencia de hongos fitopatogenos en maíz Criollo Amarillo

		GENOTIPO CRIOLLO AMARILLO			
Repeticiones		Porciento (%) de incidencia de hongos fitopatogenos			
		<i>Fusarium sp.</i>	<i>Penicilium sp.</i>	<i>Nigrospora</i>	
Repetición 1		100	0	0	
Repetición 2		100	0	0	
Repetición 3		100	0	0	
Repetición 4		80	20	0	
Repetición 5		100	0	0	
Repetición 6		100	0	0	
Repetición 7		10	0	90	
Repetición 8		100	0	0	
Repetición 9		100	0	0	
Repetición 10		90	0	10	

Cuadro 4. Incidencia de hongos fitopatogenos en maíz Criollo Rojo

		GENOTIPO CRIOLLO ROJO			
Repeticiones		Por ciento (%) de Incidencia de hongos fitopatogenos			
		<i>Fusarium</i>	<i>Penicilium</i>		
Repetición 1		100	0		
Repeticion 2		60	40		
Repeticion 3		100	0		
Repeticion 4		100	0		
Repeticion 5		100	0		
Repeticion 6		100	0		
Repeticion 7		90	10		
Repeticion 8		100	0		
Repeticion 9		100	0		
Repeticion 10		100	0		

Cuadro 5. Análisis de varianza de germinación.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	15.125000	15.12000	0.02	0.8946
Error	6	4749.740000	791.625000		
Total	7	4764.875000			

C.V= 50.13066

Cuadro 6. Análisis de varianza del vigor

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	2.0000000	2.00000000	3.77	0.1001
Error	6	3.1800000	0.53000000		
Total	7	5.1800000			

C.V= 9.904911