

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Hongos Presentes en Semillas de Maíz (*Zea mays* L.) de San Cristóbal, Chiapas.

Por:

JUAN DANIEL LÓPEZ PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Hongos Presentes en Semillas de Maíz (*Zea mays* L.) de San Cristóbal, Chiapas.

Por

JUAN DANIEL LÓPEZ PÉREZ

TESIS

Presentado 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



M.C. José Luis Arispe Vázquez

Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

Con gratitud y respeto a mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que abrió sus puertas del conocimiento para mí, las oportunidades que me ha brindado son incomparables, por mi formación profesional. Muchas gracias.

A todos mis maestros y compañeros de la carrera por sus conocimientos, consejos, ayuda, confianza y formación.

A mis asesores:

Con mucha admiración al M.C. Abiel Sánchez Arizpe por el apoyo, tiempo, amistad y conocimientos brindados.

Al M.C. José Luis Arispe Vázquez por todo el apoyo incondicional, tiempo, consejos, conocimientos y amistad brindada durante todo este tiempo.

A la Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda por su valioso apoyo para la realización de este proyecto.

Y a todas aquellas personas que de alguna u otra manera colaboraron para terminar este proyecto.

A todos ellos, ¡muchas gracias!

DEDICATORIA

A DIOS

Por guiar cada pasó que he dado en mi vida, ya que ha sido con la certeza de que estás a mi lado llenando mi corazón con la luz de tu espíritu y es por ello que he alcanzado cada meta propuesta.

A MIS PADRES

Por su comprensión y ayuda en momentos difíciles. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

Rito López Santizo y Maira Pérez Domínguez

A MIS HERMANOS

Les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado. Muchas gracias hermanos.

Marisol, Ximena, Andrew

A MI SOBRINO

Quien ha sido y es una motivación, inspiración y felicidad.

Andrés

A MIS TÍOS, PRIMOS Y ABUELOS:

Todos ustedes representan una gran inspiración en mi vida y un gran ejemplo a seguir, por confiar en mí y brindarme su apoyo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| DEDICATORIA..... | iv |
| INDICE DE FIGURAS | vii |
| INDICE DE CUADROS | viii |
| RESUMEN | ix |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| OBJETIVOS..... | 2 |
| HIPÓTESIS..... | 2 |
| REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| Importancia del Maíz..... | 3 |
| Producción Mundial de Maíz..... | 3 |
| Producción Nacional de Maíz | 4 |
| Enfermedades de Maíz Transmitidas por Semillas..... | 5 |
| Importancia del Género <i>Fusarium</i> | 7 |
| <i>Fusarium</i> spp. en Maíz | 8 |
| Pudrición de la Mazorca por <i>Fusarium</i> | 8 |
| Micotoxina Producidas por <i>Fusarium</i> | 10 |
| Hongos Asociados con la Pudrición de la Mazorca y Granos de Maíz | 11 |
| Género <i>Penicillium</i> en Maíz | 11 |
| Género <i>Nigrospora</i> en Maíz | 12 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 13 |
| Ubicación del Experimento | 13 |

| | |
|--|----|
| Material Genético..... | 13 |
| Prueba de Sanidad de la Semilla en Medio de Cultivo PDA..... | 14 |
| Preparación de PDA..... | 14 |
| Desinfección de semilla..... | 15 |
| Siembra..... | 15 |
| Preparación de laminillas..... | 16 |
| Identificación del patógeno..... | 16 |
| Prueba de Vigor y Germinación..... | 17 |
| Prueba de vigor y germinación de la semilla en toallas de papel..... | 17 |
| Evaluación de germinación..... | 17 |
| Evaluación de vigor..... | 18 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 19 |
| CONCLUSIÓN..... | 24 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 25 |
| APÉNDICE..... | 32 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura. 1. Producción Mundial de Maíz, Fuente: FIRA, 2016. | 4 |
| Figura 2. Producción Nacional de Maíz 2005 - 2015, Fuente: FIRA, 2016. | 5 |
| Figura 3.- Departamento de Parasitología, UAAAN, 2019. | 13 |
| Figura 4.- Genotipos, A) Criollo Amarillo y B) Criollo Blanco. | 13 |
| Figura 5.- Preparación de Medio de Cultivo PDA, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2019. | 14 |
| Figura 6.- Desinfección de la Semilla. | 15 |
| Figura 7.- Siembra de Semillas en Medio de Cultivo PDA. | 15 |
| Figura 8.- Prueba de Vigor y Germinación en Toallas de Papel Enrolladas. | 17 |
| Figura 9.- A) semilla sin Germinar, B) Plántula Anormal, c) Plántula Normal, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2019. | 17 |
| Figura 10.- A) Medición de plúmula y B) Medición de raíz en plántulas de maíz... | 18 |
| Figura 11.- Conidióforos y Conidios de <i>Nigrospora</i> sp. UAAAN. | 19 |
| Figura 12.- Estructura de <i>Penicillium</i> sp. UAAAN. | 20 |
| Figura 13.- Estructura de <i>Alternaria</i> sp. UAAAN. | 20 |
| Figura 14.- Estructura de <i>Fusarium</i> sp. UAAAN. | 21 |
| Figura 15.- Incidencia de hongos en el Criollo Amarillo | 21 |
| Figura 16.- Incidencia de hongos en el Criollo Amarillo | 22 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1.- Germinación..... | 22 |
| Cuadro 2.- Vigor..... | 23 |
| Cuadro 3.- Incidencia de los hongos sobre el genotipo de maíz amarillo de acuerdo a las características de la colonia. | 32 |
| Cuadro 4.- Incidencia de los hongos sobre el genotipo de maíz blanco de acuerdo a las características de la colonia. | 32 |
| Cuadro 5.- Análisis de varianza del vigor..... | 33 |
| Cuadro 6.- Análisis de varianza de germinación..... | 33 |

RESUMEN

En México se producen diversas variedades, sin embargo, la producción de maíz blanco y amarillo es la más importante. El maíz blanco se destina principalmente al consumo humano y el maíz amarillo se destina a la industria o a la fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria. Unos de los principales problemas que interfieren en la producción del maíz es la incidencia de hongos fitopatógenos, que originan pérdidas que ascienden a millones de pesos al año.

El objetivo de esta investigación fue identificar los hongos presentes en 2 genotipos de maíz criollo de la región de San Cristóbal, Chiapas, relacionados con la importancia de la calidad de semilla. La técnica de sanidad que se utilizó para la detección de hongos fue la prueba en placa con medio de cultivo PDA, en la cual se utilizaron 100 semillas por los 2 genotipos, es decir, 50 de genotipo amarillo y 50 de genotipo blanco con 10 repeticiones de 5 semillas por tratamiento, las cuales se incubaron a una temperatura de 25 ± 2 °C por 8 días. La identificación de hongos fitopatógenos se realizó con apoyo de las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (2006). Para la prueba de vigor y germinación se empleó la prueba de la semilla en toallas de papel enrollada, donde se utilizaron 200 semillas por tratamiento, 4 repeticiones de 50 semillas y se mantuvieron a una temperatura ambiente de 25 °C, evaluándose a las 168 h. Los resultados se manejaron en términos de porcentaje y se transformaron por raíz cuadrada de arco seno, y se sometieron a un análisis completamente al azar, la comparación de las medias de los tratamientos se realizó con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$), utilizando el software SAS versión 9.1. Los géneros de hongos identificados fueron: *Penicillium*, *Alternaria*, *Nigrospora* y *Fusarium*, la germinación y el vigor de las semillas fue de 63.50, 4.45 y 69.33, 6.10 para el Criollo Amarillo y Criollo Blanco respectivamente.

Palabras claves: Genotipo, Incidencia, Vigor, Germinación, Hongos.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una de las plantas con mayor domesticación y evolución, además, su diversidad genética está concentrada en Mesoamérica, principalmente en México, que es el centro de origen.

Entre sus principales usos se encuentran la alimentación humana, animal y producción de almidones; por otra parte, es un insumo para la elaboración de aceites, barnices, pinturas, caucho y jabones, entre otros (Chávez, 1995).

De acuerdo con CONABIO (2011), en América Latina se han descrito cerca de 220 razas de maíz, de las cuales 64 (29%) se han identificado y descrito para México, 59 son nativas y cinco crecen también en países latinoamericanos.

En México el maíz es ampliamente cultivado por su aportación nutrimental, consumiéndose principalmente como grano seco procesado, en razón de ello la investigación de la obtención de nuevas variedades está encaminada a mejorar la producción y calidad de proteína del grano. (Di Marco *et al.*, 2003).

Dentro de la evaluación de calidad del grano de maíz, se debe tener en cuenta no solo su grado de sanidad, sino también características biofísicas como dureza y textura, y su composición química la cual permite conocer el valor nutricional del mismo.

Entre los factores que pueden afectar la calidad del grano de maíz, desde la cosecha hasta el periodo de almacenamiento, se encuentran la temperatura, el aire, la actividad del agua, los insectos o ácaros, los hongos, la presencia de roedores, las impurezas, y daños mecánicos. Aunado a lo anterior, se registra comúnmente la incidencia de hongos fitopatógenos que principalmente invaden al grano. Para el cultivo de maíz, se destacan los géneros *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*, causando efectos nocivos en el cultivo y en los consumidores del grano (Rodríguez-del Bosque *et al.*, 1995; Rodríguez-del Bosque, 1996).

Los tres géneros son productoras de micotoxinas: en *Aspergillus* son comunes las aflatoxinas, principalmente las B1, M1 y G1 (*A. flavus*); en *Fusarium* son importantes las fumonisinas, zearalenona y los tricotecenos, entre otras; mientras que en *Penicillium* destacan la síntesis de la patulina, la citrina y la ocratoxina A. Los efectos en el corto y largo plazo después del consumo de micotoxinas se traducen en desórdenes fisiológicos, citotóxicos e inmunosupresivos; así como por sus efectos teratogénicos, mutágenos y cancerígenos (Albright, 2001; Fandohan *et al.*, 2003; Munkvold, 2003; Peraica y Dominan, 2001).

OBJETIVOS

- Identificar los diferentes géneros de hongos presentes en semilla de maíz de dos genotipos de la región de san Cristóbal Chiapas.
- Determinar la incidencia de los hongos presentes en los dos genotipos de maíz.
- Determinar vigor y germinación de cada genotipo de maíz.

HIPÓTESIS

Se espera encontrar al menos 2 hongos relacionados con la importancia de la calidad de semilla.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del Maíz

El maíz (*Zea mays* L.) cultivado es una planta completamente domesticada, en donde, el hombre y el maíz han vivido y evolucionado juntos desde tiempos remotos. El maíz no crece en forma salvaje y no puede sobrevivir en la naturaleza, siendo completamente dependiente de los cuidados del hombre (Wilkes, 1985; Galinat, 1988; Dowswell, Paliwal y Cantrell, 1996).

El maíz es uno de los cultivos más valorados, debido a su alta productividad y a los diversos usos de sus productos en la nutrición humana, la cría de animales y la industria alimentaria (Yousif, 2010).

Según la FAO (1993) el maíz, el trigo y el arroz son considerados los cereales más importantes del mundo, suministran elementos nutritivos para procesos de transformación, con los que se producen almidón, aceite, proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y desde hace poco, combustible.

En México, el maíz forma parte de nuestra alimentación diaria, es el cultivo de mayor presencia en el país, constituye un insumo para la ganadería y para la obtención de numerosos productos industriales, por lo que, desde el punto de vista alimentario, económico, político y social, es el cultivo agrícola más importante (Polanco y Flores 2008).

Producción Mundial de Maíz

De acuerdo a FOSTAT (2017) durante el ciclo comercial 2016/17 se obtuvo una producción de maíz en el mundo de 1,025.6 millones de toneladas. Indicando un incremento de producción de 6.9% con respecto a la producción obtenida en 2015/16. Los principales países productores son: Estados Unidos (37%), China (21%), Brasil (8%) y con menores participaciones se encuentran la Unión Europea y Argentina.

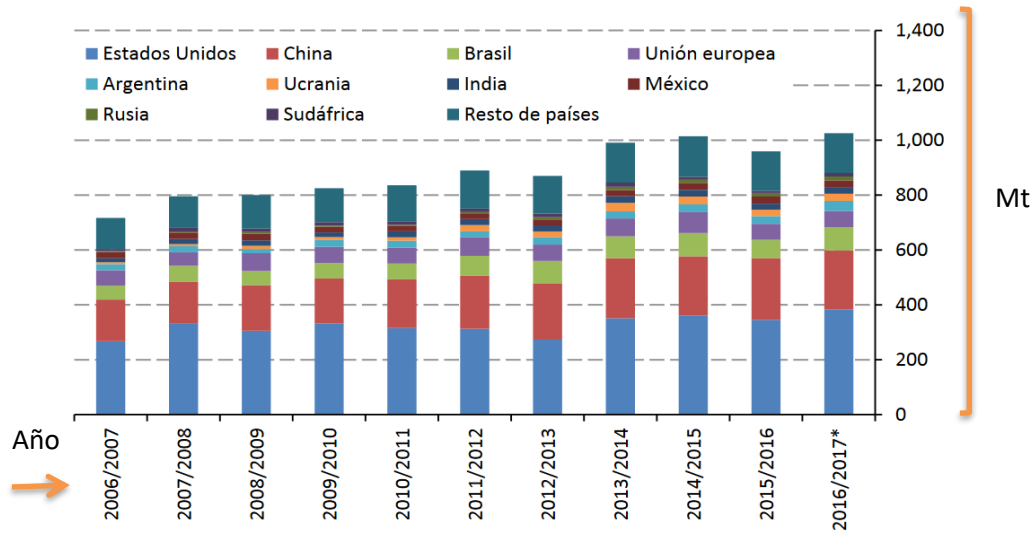


Figura 1. Producción Mundial de Maíz, Fuente: FIRA, 2016.

Producción Nacional de Maíz

Durante el año agrícola 2015 la producción de maíz grano en México creció a una tasa anual de 6.1% para totalizar 24.69 millones de toneladas. La composición por tipo de maíz muestra que el 85.9% de la producción nacional correspondió a maíz blanco, 13.6% a maíz amarillo y el restante 0.5% a otros tipos de maíz. Es de resaltar que la proporción de maíz amarillo se ha incrementado de 6.9% en el año agrícola 2005 a 13.6 en 2015 (FOSTAT 2017).

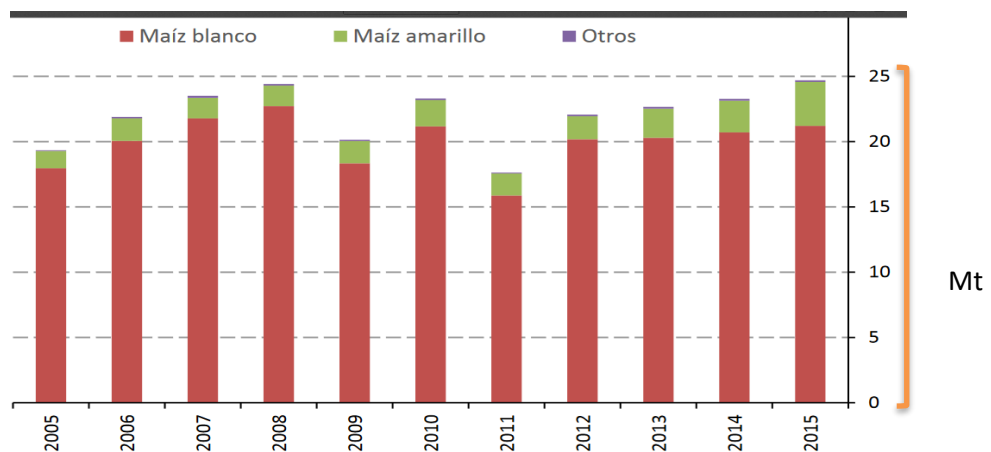


Figura 2. Producción Nacional de Maíz 2005 - 2015, Fuente: FIRA, 2016.

Por ciclo agrícola, la producción de maíz en México ocurre mayormente durante el ciclo primavera-verano. Así, durante el año agrícola 2015, el 74.5% de la producción de maíz provino del ciclo primavera-verano, mientras que el restante 31.6% se produjo en otoño-invierno (FIRA, 2016).

Enfermedades de Maíz Transmitidas por Semillas

Las enfermedades de la semilla son uno de los factores que provocan el deterioro de la misma, además de las condiciones climáticas anteriores a la cosecha, la madurez de la semilla, el daño mecánico, el ambiente de almacenamiento (temperatura y humedad), los insectos y los genes. El deterioro de la semilla puede medirse de manera cuantitativa, evaluando una muestra según tres criterios diferentes; viabilidad, germinación y vigor de la semilla (Warham y Sulton 2003).

Doria (2010) mencionó que las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de propagar la vida. Sin embargo, en su misión de ser portadoras de las características genéticas, agronómicas y morfológicas generadas por la investigación fitotécnica pueden servir también de vehículo para transportar patógenos que pueden producir deterioros de la producción agrícola.

Las semillas ofrecen las condiciones nutricionales adecuadas para sí misma y para otros seres vivos que se asocian a ella en busca de alimentos y oportunidades de sobrevivencia. Neergaard (1979), afirmó que el 90% de los cultivos destinados a la producción de alimentos puede sufrir algún tipo de enfermedad y sus agentes, en su mayoría, son transmitidos por la semilla. Se ha encontrado cerca de 1.500 organismos presentes en lotes de semillas de aproximadamente 600 géneros de plantas, por lo que se puede concluir que la mayoría de los patógenos asociados a la semilla pueden ser transportados por ella misma.

Al maíz lo afectan numerosas enfermedades, dentro de ellas las fungosas, que provocan severos daños ya que anualmente en las zonas maiceras se presentan ligeros decrementos hasta pérdidas totales de la producción por diversas

enfermedades. En el maíz, se han reportado aproximadamente 125 enfermedades, para su reconocimiento y manejo se clasifican de acuerdo a la parte de la planta que infectan, como: follaje, espiga, tallo y mazorca (Rodríguez y De León, 2008)

Las enfermedades fungosas del maíz prácticamente se inicia con las infecciones causadas en el endospermo del grano más que todo hacia el escutelo por especies de los denominados hongos del campo, principalmente correspondientes a los géneros *Gibberella*, *Fusarium*, *Diplodia* y *Helminthosporium*, y otros contaminantes externos ocasionados por los denominados hongos de almacén, principalmente *Aspergillus* y *Penicillium* además por los comúnmente conocidos como saprofitos de los géneros *Mucor* y *Rhizopus* (Castaño, 1978; Ahmed y Blutta, 1989).

En cuanto a los hongos de campo estos infectan los granos de la mazorca desde el cultivo y sobreviven en estado latente en el endospermo de la semilla, principalmente en el escutelo, reanudando de inmediato sus funciones vitales en presencia de las condiciones óptimas para su desarrollo (Moreno, 1988). Ocasionan además la pronta muerte del embrión con lo cual la semilla pierde su viabilidad siendo más susceptible aquellas variedades de endospermo muy amiláceo (Castaño, 1978).

De acuerdo a Christensen y Kaufmann (1969), los principales daños ocasionados por hongos son: 1.- reducción del poder germinativo; 2.- ennegrecimiento total o parcial de los granos y semilla (particularmente de los embriones); 3.- calentamiento y hedor; 4.- diversos cambios bioquímicos; 5.- producción de toxinas, que al ser ingeridas pueden ser dañinas al hombre y a los animales domésticos; y 6.- pérdida de peso.

Navarrete (1986), señaló que generalmente las semillas infectadas van a producir cultivos de menor calidad, así como bajo rendimiento, pues al desarrollarse la nueva plántula se desarrolla también el patógeno contenido en la semilla, afectando el desarrollo normal de la planta. Además, el hecho de sembrar semillas

infectadas repercute a nivel epidemiológico, pues esta se comporta como foco de infección a partir del cual se diseminan los patógenos hacia plantas vecinas y se incrementara la incidencia de la enfermedad.

Fenwick (1988), mencionó que la cantidad de inoculo puede ser bastante pequeño, pero muchas enfermedades son capaces de multiplicarse rápidamente al momento de sembrar las semillas y esta poca cantidad puede causar graves daños en el cultivo.

Importancia del Género *Fusarium*

Fusarium es un hongo de amplia distribución mundial, que pertenece a un extenso género de hongos filamentosos, muy común en los suelos cultivados. Su presencia se asocia más a suelos neutros y ligeramente ácidos, se desarrolla entre los 6 y 40°C con un óptimo de 18 a 30°C; es aeróbico y en general necesita de una humedad relativa alta para crecer y proliferar. La mayoría de las especies son saprófitas y son microorganismos relativamente abundantes en suelo. Algunas especies producen micotoxinas en los cereales que pueden afectar a la salud de personas y animales si éstas entran en la cadena alimentaria (Blancard *et al.*, 2000).

La importancia de *Fusarium* como patógeno de plantas se ha puesto de manifiesto, debido a la dificultad de controlar las enfermedades que produce. Ya que se dividen en tres grupos en función del tipo de enfermedad que producen. 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*) (Price, 1984).

En condiciones normales de laboratorio, las colonias presentan un crecimiento rápido, que en pocos días llega a cubrir toda la placa del medio de cultivo. El color que desarrollan puede depender de la especie y del medio de cultivo, y éste puede

ser blanquecino, crema, anaranjado, rosa, rojizo, púrpura, etc. La velocidad de crecimiento, la morfología y la pigmentación de la colonia son datos importantes para la identificación morfológica (Nelson *et al.*, 1983).

***Fusarium* spp. en Maíz**

Fusarium sp., puede sobrevivir en estado latente, o alimentándose de los restos vegetales que quedan en el suelo, después de la cosecha. El hongo presente en los rastros, o sobre la superficie de la semilla, penetra a través de los tejidos tiernos de la radícula, invade las raíces, alcanza el cuello y la pudrición puede ascender varios entrenudos de la base del tallo. El hongo puede ser sistémico, gracias al sistema vascular y de esta forma llega a alcanzar a las mazorcas e infectar a la semilla. Esporas transportadas por el aire o insectos, también pueden infectar directamente a los tallos, hojas y particularmente a los elotes (Apodaca y Quintero, 2008).

MacGee (1988) enlistó las principales enfermedades del maíz mencionando que son portadas y transmitidas por semillas, así como su agente causal y entre estas se encuentran las pudriciones del tallo, raíz y mazorca, ocasionadas por el género de *Fusarium*.

Aunque estas pudriciones son causadas por las especies de *Fusarium verticillioides* y *F. graminearum*, la especie de *F. verticillioides* es la más reportada como causante de daños en las zonas maiceras de México, especialmente cuando las plantas se acercan a la madurez y esta se encuentra asociada con periodos de sequía, Pérez (1985) reportó una marca y sobresaliente incidencia de este patógeno en tallos de maíz por daños de podredumbre en la zona maicera del bajío.

McGee (1988) mencionó que *Fusarium verticillioides* es el causante de pudriciones del tallo y mazorca en maíz y *Fusarium culmorum* y otras especies causan pudriciones en el tallo y raíz, donde la médula del tallo se desintegra dejando intactos solo los haces vasculares.

Pudrición de la Mazorca por *Fusarium*

Entre las enfermedades de mayor importancia económica se encuentra la pudrición de mazorca causada por *Fusarium* sp., la cual se localiza en todas las regiones donde se siembra el maíz, principalmente en zonas tropicales con alta humedad relativa. Este patógeno es capaz de colonizar y causar daño en todas las etapas del cultivo y sobrevivir amplios periodos en residuos vegetales (Thomas y Buddenhagen, 1980; Desjardins *et al.*, 1994; De León, 1997; Mendoza *et al.*, 2003). En semilla, puede invadir y ocasionar manchas en el exterior, reduciendo la tasa de germinación por la muerte del embrión (De León, 1997; González *et al.*, 2007; Morales *et al.*, 2007). La severidad de esta enfermedad en maíz causa un efecto directo en la disminución del rendimiento, que, para el centro de México, oscila del 6 al 55% (González *et al.*, 2007; Briones *et al.*, 2015) y en la zona agrícola de Sinaloa se reportan pérdidas mayores a 30% (García *et al.*, 2012).

La incidencia de pudrición se ha incrementado en los últimos años, debido en parte al efecto de la precipitación desde la formación de la espiga hasta la cosecha, y a la presencia de daño mecánico en la mazorca y del grano provocado por el gusano elotero *Helicoverpa zea* B., gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* L. y otros insectos, los cuales contribuyen a la diseminación de las esporas de *Fusarium* (De León, 1997; Paliwal *et al.*, 2001; Wu, 2006).

Las mazorcas infectadas por *Fusarium* desarrollan una pudrición característica de unos cuantos granos aislados o áreas relativamente grandes de granos. El micelio blanco o ligeramente rosado se puede desarrollar sobre los granos infectados. Granos afectados presentan un rayado, debido a la presencia del micelio bajo el pericarpio. Similar al caso anterior, en maíz esta especie sintetiza micotoxinas conocidas como fumonisinas (Rodríguez y De León, 2008).

Respecto al efecto de *Fusarium verticillioides* sobre la calidad fisiológica de la semilla Marasas *et al.*, (1988) encontraron evidencia de infección en semillas durante la germinación viéndose afectado el vigor, al utilizar el filtrado tóxico de este hongo como inóculo encontraron que las micotoxinas de *Fusarium*

verticillioides producidas en los granos infectados son demasiado tóxicas para los humanos y animales.

Especies de *Fusarium* contaminan las mazorcas en el campo, y posteriormente cuando éste cereal es sometido a secado y otros procesos, el hongo puede llegar a morir; no obstante, la micotoxina puede permanecer en el grano (Ayvar, 1997).

Micotoxina Producidas por *Fusarium*

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. (Schumann, 1991).

Los hongos del género *Fusarium* producen micotoxinas como la zearalenona producida por *F. oxysporum*, *F. avenacearum*, *F. graminearum*, fumonisinas producidas por *F. verticillioides*, moniliforminas por *F. subglutinans* y *F. avenacearum* y deoxinivalenol por *F. verticillioides* y *F. graminearum* (Marasas, 2001). Sólo unas pocas especies del género *Fusarium* tienen la capacidad de atacar algunos cereales y de producir micotoxinas (Schumann, 1991).

El nivel de micotoxinas en grano depende en gran medida de la severidad de la podredumbre de la espiga (Reid *et al.*, 1996, Desjardins *et al.*, 1998); por lo tanto, el desarrollo y uso de genotipos con resistencia frente a estos patógenos puede ser una alternativa de manejo útil para reducir la contaminación con micotoxinas. Las dos principales vías de ingreso de *Fusarium spp.* al grano de maíz son los estigmas o las heridas causadas por pájaros o insectos en los granos en desarrollo (Lew *et al.*, 1991).

Hongos Asociados con la Pudrición de la Mazorca y Granos de Maíz

Según la FAO (2001) varios hongos infectan las mazorcas y los granos causando su pudrición, algunos de los causantes de la pudrición de las mazorcas están ampliamente distribuidos y muchos de ellos causan daños importantes entre la iniciación de la floración femenina y la cosecha, sobre todo en áreas húmedas y con lluvias abundantes afectando sensiblemente el rendimiento y calidad.

Dentro de los hongos más comunes que causan la pudrición de la mazorca y del grano se encuentran: *Diplodia maydis* y *D. macrospora*; *Fusarium spp.*; *Physalospora zae*; *Aspergillus spp*; *Cladosporium herbarum*; *Rhizoctonia zae*; *Nigrospora oryzae*; *Penicillium spp*; entre otros (FAO, 2001)

Smith y White (1988) menciona que algunas especies de hongos, especialmente *Penicillium oxalicum*, *Aspergillum flavus* y *A. niger* que causan la pudrición de los granos en el campo son también parásitos de los granos almacenados y pueden dañar el grano de maíz en el período de almacenamiento. Estos hongos, en el campo, atacan y dañan el grano cuando su humedad es alta, por lo general por encima de 18%. Durante el almacenamiento los hongos atacan y dañan el grano cuando la humedad está entre 14 y 18%.

Género *Penicillium* en Maíz

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).

Género *Nigrospora* en Maíz

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 muestran pequeñas masas negras de esporas (CIMMYT, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Experimento

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.



Figura 3.- Departamento de Parasitología, UAAAN, 2019.

Material Genético

Se utilizaron 2 genotipos de maíz criollo, los cuales fueron obtenidos de la región de San Cristóbal de las Casas, Chiapas (Ver figura 4).

1.- Maíz Amarillo

2.- Maíz Blanco

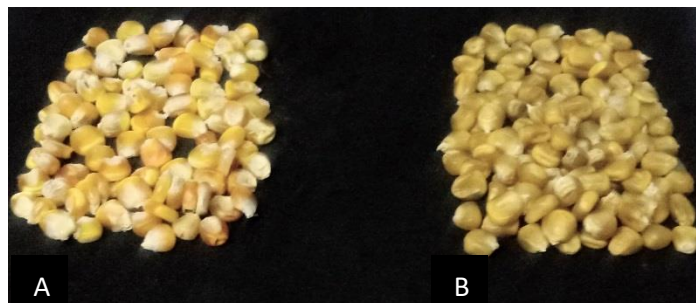


Figura 4.- Genotipos, A) Criollo Amarillo y B) Criollo Blanco

Prueba de Sanidad de la Semilla en Medio de Cultivo

El medio utilizado fue el de papa dextrosa agar (PDA).

Se realizó de acuerdo a la prueba del manual de laboratorio para la semilla de maíz y trigo de Warham y Sulton (2003).

Preparación de PDA completo papa dextrosa agar

En un matraz de 1 litro se agregó 19.5 gramos de PDA sintético, posteriormente se añadió 500 ml de agua destilada, tapando el matraz con papel aluminio, para luego agitarlo de manera constante y así obtener una mezcla homogénea. A continuación, se esterilizó en la olla de presión a 120 °c por 15 minutos, dejándolo enfriar por 45 minutos, después en la cabina de flujo laminar se procedió a vaciarlo en cajas de Petri, para su solidificación (ver figura 5).



Figura 5.- Preparación de Medio de Cultivo PDA, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2019.

Desinfección de semilla

Se tomaron 50 semillas de cada material genético, para desinfectarlas en una solución de hipoclorito de sodio (blanqueador comercial) al 3% durante 3 minutos, luego enjuagarlas con agua destilada por 1 min y finalmente se dejaron secar en toallas de papel por 10 min, para después realizar la siembra (ver figura 6).



Figura 6.- Desinfección de la Semilla.

Siembra

La siembra fue realizada en las cajas de Petri con el medio de cultivo PDA, 50 semillas fueron seleccionadas y distribuidas en 10 repeticiones de 5 semillas por caja de Petri, para cada genotipo, por último, se rotularon y sellaron e incubaron a una temperatura de 25 °C durante un periodo de 8 días (ver figura 7).



Figura 7.- Siembra de Semillas en Medio de Cultivo PDA.

Preparación de laminillas

Una vez terminado el periodo de incubación, se presentó el desarrollo de diferentes colonias fungosas.

En un porta objetos se agregó una gota de lactofenol y con una aguja de disección esterilizada se tomó una pequeña cantidad de micelio, luego se puso un cubre objetos, para posteriormente identificar las muestras montadas de cada colonia fungosa presente.

Identificación del patógeno

Los hongos se identificaron con la ayuda de un microscopio compuesto con los objetivos 5x, 10x, y 40x, Utilizando las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (2006), y con el apoyo del manual de laboratorio para semillas de maíz y trigo de Warham y Sulton (2003).

Prueba de Vigor y Germinación.

Prueba de vigor y germinación de la semilla en toallas de papel enrolladas

La metodología se realizó según el manual de laboratorio de ensayos para semillas de maíz y trigo de Warham y Sulton (2003), modificado a 200 semillas por tratamiento.

Se tomaron 200 semillas de maíz de cada genotipo, con 4 repeticiones de 50 semillas, distribuidas uniformemente en una sola línea en la parte media superior de la toalla de papel previamente humedecida, la radícula apuntando hacia la parte inferior de la toalla de papel y con el lado del embrión hacia arriba. A continuación, se cubrió con una toalla de papel humedecida, se doblaron en forma de taco, se colocaron las repeticiones dentro de bolsas de plástico abiertas de la parte superior y marcadas con los datos correspondientes, para finalmente

dejarlos en la cámara bioclimática a temperatura ambiente de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 168 h. (ver figura 8).



Figura 8.- Prueba de Vigor y Germinación en Toallas de Papel Enrolladas – Maíz.

Evaluación de germinación

Se evaluó mediante criterios de Warham y Sulton (2003), contando el número de plántulas normales, anormales y semillas no germinadas (ver figura 9)

Los resultados se manejaron en términos de porcentaje y se transformaron por raíz cuadrada de arco seno, y se sometieron a un análisis completamente al azar, la comparación de las medias de los tratamientos se realizó con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$), utilizando el software SAS versión 9.1.

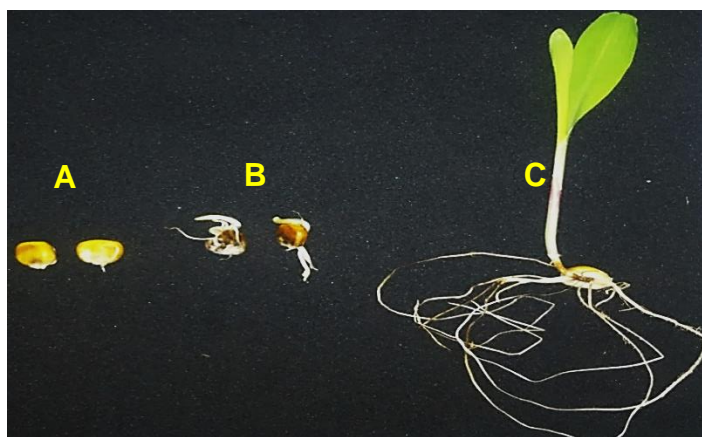


Figura 9.- A) semilla sin Germinar, B) Plántula Anormal, c) Plántula Normal, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2019.

Evaluación de vigor

Se utilizó la evaluación según el manual de laboratorio para la semilla de maíz y trigo Warham y Sulton (2003), en este caso 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 del 1 al 10 (Valor más alto), según la cantidad de plántulas con una longitud superior a 2/3 de la longitud media de las 5 plántulas más largas (ver figura 10)

Los resultados se manejaron en términos de porcentaje y se transformaron por raíz cuadrada de arco seno, y se sometieron a un análisis completamente al azar, la comparación de las medias de los tratamientos se realizó con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$), utilizando el software SAS versión 9.1

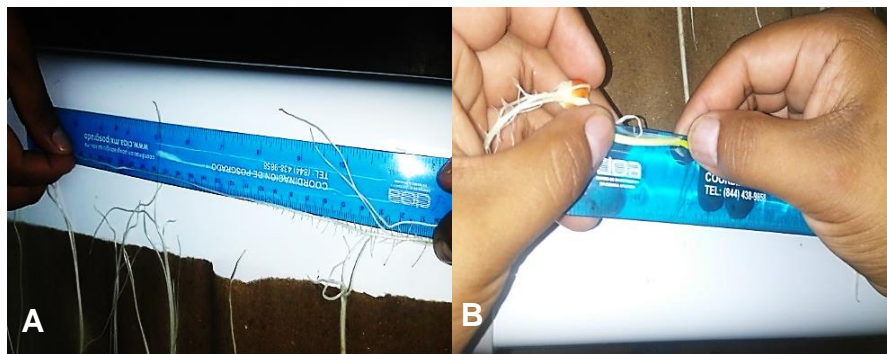


Figura 10.- A) Medición de plúmula y B) Medición de raíz en plántulas de maíz

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de Hongos

Se observaron 4 tipos de colonias de diferente coloración, que fueron, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria* y *Nigrospora*, para su identificación se utilizaron las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (2006) utilizando el microscopio compuesto con los objetivos 5x, 10x, y 40x.

En la colonia de color café claro se presentaron características del género *Nigrospora*, hifas subhialinas amarillentas y conidióforos de apariencia corta, globosa y de color café pálido, produciendo un conidio de manera individual. Los conidios de color café oscuro a negro brillante, en forma de huevos (Ver figura 11).

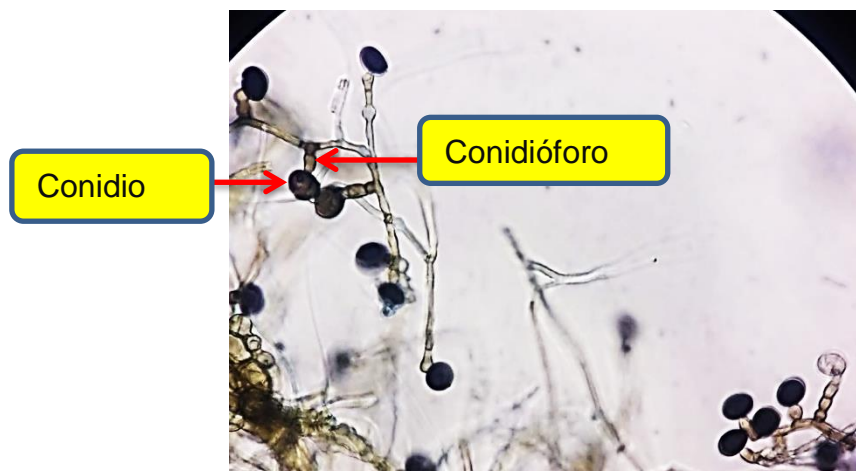


Figura 11.- Conidióforos y Conidios de *Nigrospora* sp. UAAAN.

En la colonia de color verde presentó características que definen a *Penicillium* sp., los conidióforos conspicuos, hialinos, lisos, septados, con una serie de ramificaciones parecido a un cepillo, con típicas fiáldas hialinas en forma de frasco. Los conidios unicelulares esféricos u ovoides, lisos y de color azul-verde (Ver figura 12).



Figura 12.- Estructura de *Penicillium* sp. UAAAN.

En la colonia de color café oscuro a negro se observaron características de género *Alternaria*, el cual presenta conidióforos de color café oscuro a oliváceo, se producen individualmente y en pequeños grupos simples o ramificados. Los conidios con forma de huevo y raqueta, de color café oscuro con paredes lisas o ligeramente rugosas (Ver figura 13).

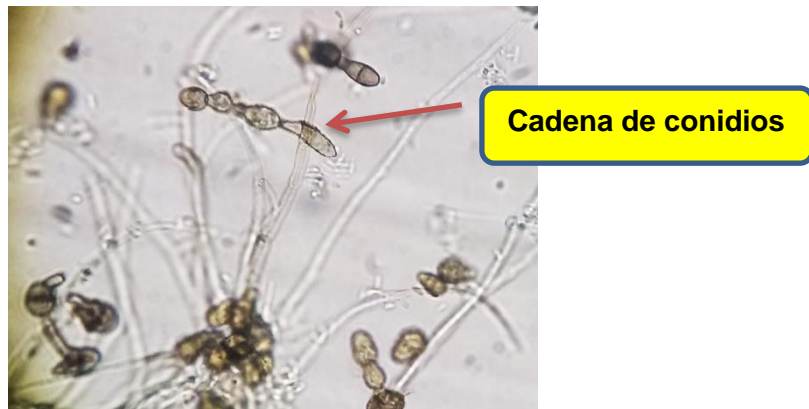


Figura 13.- Estructura de *Alternaria* sp. UAAAN.

En la colonia de color blanco-purpura se presentaron características del género *Fusarium*, el cual presento abundantes microconidios de forma oval, hialinos, unicelulares y ligeramente aplanados en cada extremo, también se formaron cadenas de microconidios. Los macroconidios hialinos, septados de forma curva a casi recta y ligeramente alargados (Ver figura 14).

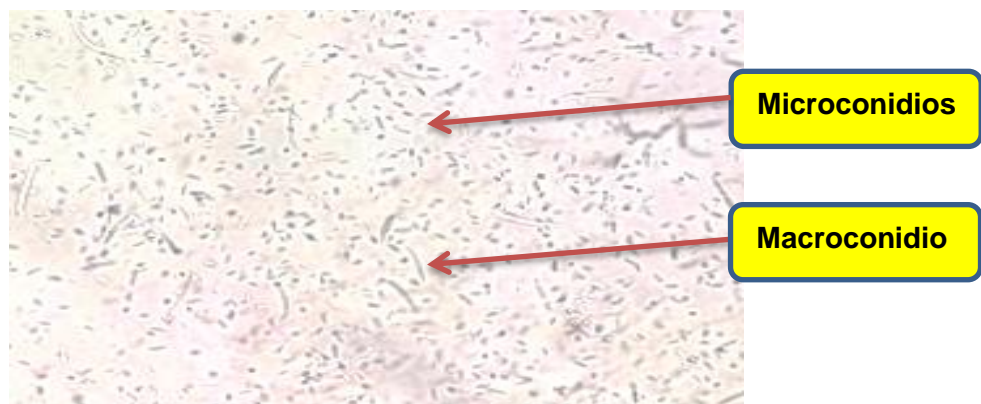


Figura 14.- Estructura de *Fusarium* sp.

Incidencia de Hongos

La incidencia de los hongos sobre los genotipos criollos fue del 100% (Ver figura 15 y 16). Hernández (2018) reporto a *Fusarium verticillioides* en maíces criollos del Municipio de La Trinitaria Chiapas, con una incidencia del 31.25 al 33.55% para el Criollo Amarillo y Morado respectivamente. Sin embargo, en este trabajo, *Fusarium* sp. presento una incidencia del 80% en Criollo Amarillo y 82% en Criollo Blanco.

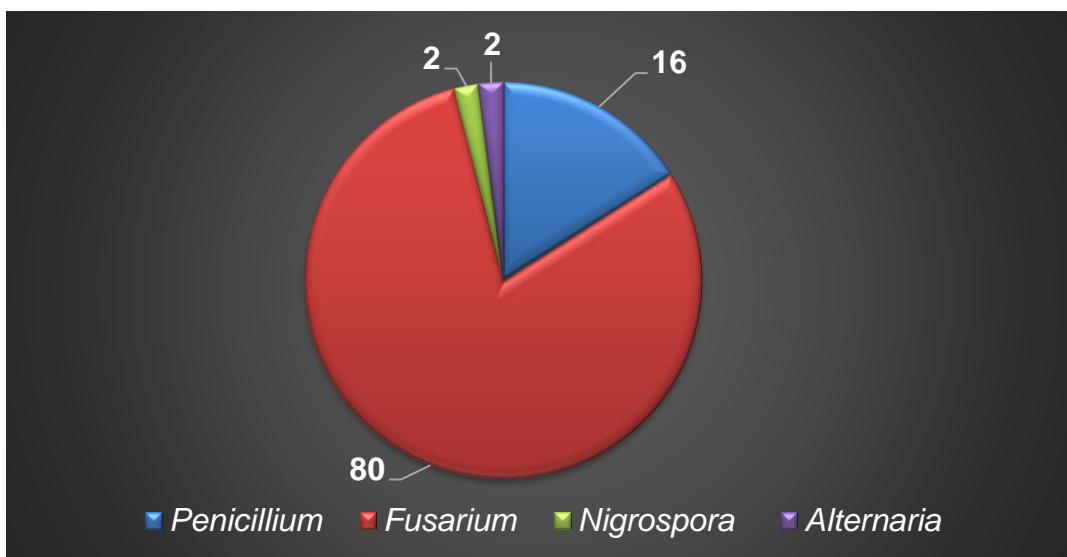


Figura 15.- Incidencia de hongos en el Criollo Amarillo

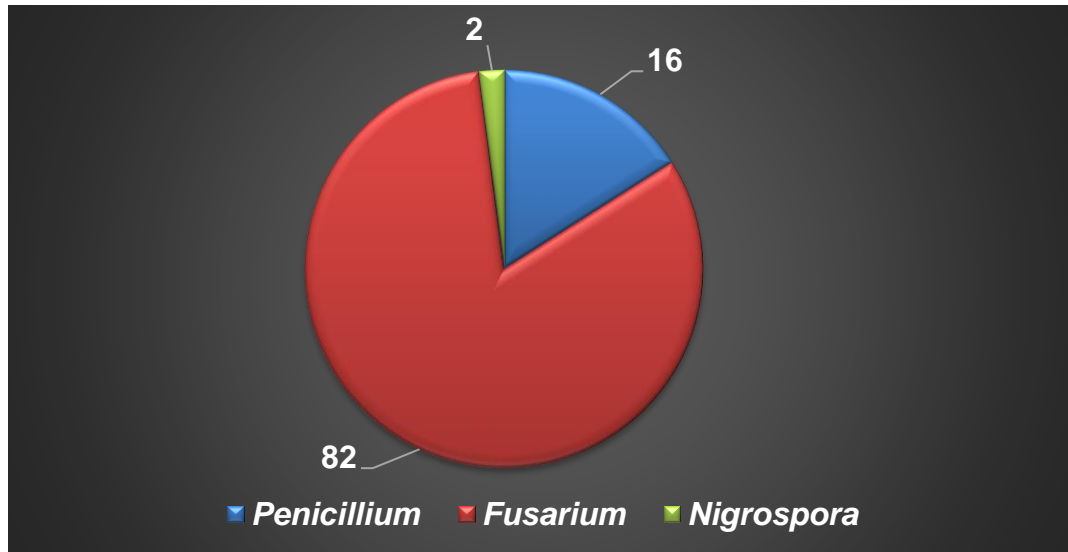


Figura 16.- Incidencia de hongos en el Criollo Blanco

Prueba de Germinación

De acuerdo al análisis estadístico no se muestra diferencia estadística en la germinación de los genotipos de maíz $P > F 0.70$, con un coeficiente de variación del 28.60 %, el Criollo Amarillo presento la germinación más alta con una media de 69.33 y el Criollo Blanco 63.50. (Ver Cuadro 1). García (2018) reporto una incidencia de los hongos en genotipos de maíz Pioneer 4082, Elotero 7573, Jaguan, Pozolero y un Criollo del 64 al 100%, no afectando la germinación de las semillas, el genotipo Pioneer 4082 presento 92.50% de germinación y los genotipos restantes presentaron un porcentaje de germinación de 89.50%, sin embargo, la incidencia del 100% de los hongos en las semillas en estudio si resultaron afectadas, presentado un nivel de germinación bajo.

Cuadro 1.- Germinación

| Genotipo | Media | Agrupación |
|------------------|-------|------------|
| Criollo Amarillo | 69.33 | A |
| Criollo Blanco | 63.50 | A |

Letras iguales no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Prueba de Vigor

En la prueba de vigor no se muestra diferencia estadística entre genotipos Criollos $P > F$ 0.20, con un coeficiente de variación del 31.10%, el Criollo Blanco con una puntuación de 6.10 y el Criollo Amarillo 4.45 (Ver cuadro 2), Hernández (2018) reportó una incidencia total de hongos y un valor en el vigor de 39.25, 6.32 y 47.25, 5.65 para el Criollo Morado y Amarillo respectivamente.

Cuadro 2.- Vigor

| Genotipo | Media | Agrupación |
|------------------|--------------|-------------------|
| Criollo Amarillo | 4.45 | A |
| Criollo Blanco | 6.10 | A |

Letras iguales no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad.

CONCLUSION

Se identificaron 4 géneros de hongos en los genotipos, los cuales son; *Fusarium* (80%), *Penicillium* (16%), *Nigrospora* (2%) y *Alternaria* (2%), en el Criollo Amarillo y *Fusarium* (82%), *Penicillium* (16%) y *Nigrospora* (2%) en el Criollo Blanco afectando la germinación y vigor de las semillas en estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, S.L and Blutta, A.R 1989. Seed-borne fungal pathogens of maize in Pakistan Journal of Scientific and industrial research. 32 (2) 1 107-109 Pakistán.
- Albright, D.M. 2001. Human health effects of airborne mycotoxin exposure in fungi-contaminated indoor environments. Professional Safety 46:26-28.
- Apodaca-Sánchez, M.A. y Quintero-Benítez, J.A. 2008. Pudrición de la Mazorca. I Curso de Manejo Sustentable del Maíz: resultados de investigación en el Norte de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA y Gobierno del Estado de Sinaloa. Los Mochis, Sinaloa. 71 p.
- Ayvar-Serna, S. 1997. Aislamiento e identificación de las micotoxinas producidas por el hongo *Fusarium moniliforme* Sheld., en maíz y su relación con las enfermedades denominadas pudrición de la mazorca y germinación prematura. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 34 p.
- Barnett L. H. and Hunter B. B. 2006. Illustrate genera of imperfect fungi. Minnesota, The American Phytopathology Society Press. 978-0-89054-192-0. 200-220 p.
- Blancard, D., Lecoq, H., y Pitrat, M. 2000. Enfermedades de las cucurbitáceas: observar, identificar, luchar. Ediciones Mundi-Prensa Libros. Barcelona, España. 187pp.
- Briones, R. D.; Castillo, G. F.; Chávez, S. J. L.; Aguilar, R. V. H.; García, A. C. L. y Ramírez, H. A. 2015. Respuesta del maíz nativo del altiplano mexicano a pudrición de mazorca, bajo infección natural. Agron. Mesoam. 26(1):73-85.
- Castaño, J.J. 1978. Enfermedades del Maíz en Colombia. Noticias fitopatogenicas. Vol. 4. Núm. 2 ICA Colombia.
- Chávez A., J. L. 1995. Mejoramiento de Plantas 1. Segunda Edición. Ed. Trillas. México. 136 p.

- Christensen, C.M. and H.H. Kaufmann. 1969. Grain storage. The role of fungi in quality loss. University of Minnesota Press. Minneapolis Minn. States of América. 153 p.
- CIMMYT.2004. Enfermedades del maíz una guía para su identificación en el campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. CIMMYT, El Batán, 4a Edición.118 p.
- CONABIO. 2011. Base de datos del proyecto global “Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México”. Octubre de 2010. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.html>
- De León, C. 1997. Enfermedades del maíz causadas por hongos. In: I curso Internacional sobre diagnóstico y enfermedades en maíz. Seminario taller de cosecha de maíces de la zona andina. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Cochabamba, Bolivia. Editorial PRODUMEDIOS. Bogotá, Colombia. 94 p.
- Desjardins, A. E.; Plattner, R. D. and Nelson, P. E. 1994. Fumonisin production and other traits of *Fusarium moniliforme* strains from maize in northeast Mexico. *Appl. Environ. Microbiol.* 60(5):1695-1697.
- Desjardins, A. E., R. D. Plattner, M. Lu and L. E. Clafflin. 1998. Distribution of fumonisins in maize ears infected with strains of *Fusarium moniliforme* that differ in fumonisin production. *Plant Disease*.
- Di Marco O. N. y M. S. Aello. 2003. Calidad nutritiva de la planta de maíz para silage. Unidad Integral Balcarse. (Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)-INTA EEA Balcarse). Verificado en marzo del 2006.
- Doria, Jessica. (2010). GENERALIDADES SOBRE LAS SEMILLAS: SU PRODUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 00. Recuperado en 04 de septiembre de 2019, de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011&lng=es&tlng=es.

Dowswell, C.D., Paliwal, R.L. & Cantrell, R.P. 1996. Maize in the third world. Boulder, CO, USA, Westview Press.

Fandohan, P., Hell, K., Marasas, W.F.O., and Wingfield, M.J. 2003. Infection of maize by Fusarium species and contamination with fumonisin in Africa. African Journal of Biotechnology 2:570-579.

FAO. (1993). El maiz en la nutricion humana. Disponible en: <http://www.fao.org/3/t0395s/T0395S00.htm#Contents>

FAO. (2001). El maiz en los trópicos. Disponible en: <http://www.fao.org/3/X7650S/x7650s00.htm>

FAOSTAT 2017. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

Fenwinck K., A 1988. Seed production of agricultural crops. First Edition Longman Scientific and Technical. Great Britain. 227 p.

FIRA (2016). Fideicomisos Instituidosen Relación con la Agricultura. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf

Galinat, W.C. 1988. The origin of corn. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. Corn and corn improvement, 3rd ed., p. 1-31. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.

García, G. C.; Lizárraga, S. G. J.; Armenta, B. A. D. y Apodaca, S. M. A. 2012. Efecto de productos biorracionales en la incidencia de hongos y concentración de aflatoxinas en maíz blanco cultivado en Sinaloa, México. Rev. Científica UDO Agrícola. 12(4):830-838.

- García, J. 2018. Detección de Hongos en Semillas de Maíz de Tepalcingo, Morelos y Saltillo, Coahuila. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México, p 25.
- González, H. A.; Vázquez, G. L. M.; Sahagún, C. J.; Rodríguez, P. J. E. y Pérez, L. D. J. 2007. Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la pudrición de mazorca. *Agric. Téc. Méx.* 33(1):33-42.
- Hernández, O. 2018. Calidad Fisiológica, Identificación de Hongos y su Incidencia en la Pudrición de la Mazorca de Maíz, *Zea mays* L. en el Municipio de La Trinitaria Chiapas. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México, p 28-29.
- Lew, A., Adler, A. and Edinger, W. 1991. Moliniformin and the European cornborer (*Ostrinia nubilalis*). *Mycotoxin Res.*7:71-76
- Marasas W. F. O. 2001. Discovery and occurrence of the fumonisinas: A Historical Perspective. *Environmental Health Perspectives Supplements*.
- Marasas, W. F. O., T. S. Kellerman, W. C. A. Gelderblom, J. A. W. Coetzer, P. G. Thiel, and J. J. Van der Lugt. 1988. Leukoencephalomalacia in a horse induced by fumonisin B₁, isolated from *Fusarium moniliforme*. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 55:197-203.
- McGee, D.C 1988. *maize Diseases: A Reference Source for Seed Technologists*. APS Press, USA.
- Mendoza, E. M.; López, B. A.; Oyervides, G. A.; Martínez, Z. G.; De León, C. y Moreno, M. E. 2003. Herencia genética y citoplásmica de la resistencia a la pudrición de la mazorca del maíz (*Zea mays* L.) causada por *Fusarium moniliforme* Sheld. *Rev. Mex. Fitopatol.* 21(3):267-271.
- Morales, R. I.; Yañez, M. M. J.; Silva, R. H. V.; García, S. G. and Guzmán, P. D. A. 2007. Biodiversity of *Fusarium* species in Mexico associated with ear rot in

- maize, and their identification using a phylogenetic approach. *Mycopathologia*. 163(1):31-39.
- Moreno M.E. 1988. Los hongos de almacén y las micotoxinas. I curso- taller Internacional sobre métodos para la detección de patógenos en semillas. Memorias. Buenavista, Saltillo Coahuila, México.
- Munkvold, G.P. 2003. Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize. *Annual Review of Phytopathology* 41:99-116.
- Navarrete M.R. 1986 Factores ambientales y biológicos que influyen en el desarrollo de la enfermedad "Germinación prematura" del maíz causada por *Fusarium moniliforme*. Tesis de maestría en fitopatología. Colegio de posgraduados. Montecillos México.
- Neergaard, Paul. 1979. Seed Pathology. Vol. I y II. Revised edition. Mac Millan Press Ltda. Gran Bretaña. 1.025 pp.
- Nelson, P.E. Toussoun, T.A and Marasas, W.F.O. 1983. *Fusarium Species. An Illustrated Manual for Identification*. The Pennsylvania University Press. University Park and London.USA. 193 p.
- Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H. R. y Violic, A. D. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Depósito de documentos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s00.htm>
- Peraica, M., and Dominan, A.M. 2001. Contamination of food with mycotoxins and human health. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* 52:23-35.
- Pérez, R.A. 1985. Efecto de Varios Niveles de Filtrado Toxico de *Fusarium spp.* En el comportamiento in Vitro de varias líneas de maíz. Tesis Professional. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila.

- Polanco J. A. y T. Flores M. 2008. Bases para una Política de Investigación y Desarrollo, Innovación de la cadena de valor del maíz. Foro Consultivo Científico y Tecnológico. CONACYT, 244p.
- Price D. (1984). *Fusarium* and plant pathology: the reservoir of infection. En the applied mycology of *Fusarium*, p. 71-93. Edited by Moss, M. O. and Smith, J. E.: Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Reid, L. M., D. W. Stewart and R. I. Hamilton. 1996b. A 4-year study of the Association between *Gibberella* ear rot Severity and Desoxynivalenol concentration. J. Phytopathol. 144:431-436.
- Rodríguez-Del Bosque, L.A. 1996. Impact of agronomic factors on aflatoxin contamination in preharvest field corn in northeastern Mexico. Plant Disease 80:988-993.
- Rodríguez-Del Bosque, L.A., Reyes-Méndez, C.A., Acosta-Núñez, S., Girón-Calderón, J.R., Garza-Cano, I. y Villanueva-García, R. 1995. Control de aflatoxinas en maíz en Tamaulipas. Folleto Técnico 17. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Río Bravo, Tamaulipas, México. 20 p.
- Rodríguez-Montesoro, R. y De León C. 2008. El cultivo del maíz: temas selectos. México, D.F. COLPOS: Mundi-Prensa México. 127 p.
- Schumann, G.L. Plant diseases: their biology and social impact. American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota. 1991.
- Smith, D.R. & White, D.G. 1988. Diseases of corn. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. Corn and corn improvement, 3rd ed., p. 687-766. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.
- Thomas, M. D. and Buddenhagen, I. W. 1980. Incidence and persistence of *fusarium moniliforme* in symptomless maize kernels and seedlings in Nigeria. Mycologia. 72(5):882-887.

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. México. D. F. p. 84

Wilkes, H.G. 1985. Teosinte: the closest relative of maize revisited. *Maydica*, XXX: 209-223.

Wu, F. 2006. Mycotoxin reduction in Bt corn: potential economic, health, and regulatory impacts. *Transgenic Res.* 15(3):277-289.

Yousif, D. (2010). Importance of maize cropping. *Management, Economic Engineering in Agriculture and rural development*, 63-66.

APÉNDICE

Cuadro 3.- Incidencia de los hongos sobre el genotipo de maíz amarillo de acuerdo a las características de la colonia.

| GENOTIPO AMARILLO | Por ciento (%) de incidencia | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | <i>Fusarium</i> | <i>Penicillium</i> | <i>Nigrospora</i> | <i>Alternaria</i> |
| Repetición 1 | 40 | 40 | 20 | 0 |
| Repetición 2 | 60 | 20 | 0 | 20 |
| Repetición 3 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Repetición 4 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Repetición 5 | 60 | 40 | 0 | 0 |
| Repetición 6 | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Repetición 7 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Repetición 8 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Repetición 9 | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Repetición 10 | 100 | 0 | 0 | 0 |

Cuadro 4.- Incidencia de los hongos sobre el genotipo de maíz blanco de acuerdo a las características de la colonia.

| GENOTIPO BLANCO | Por ciento (%) de incidencia | | |
|----------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <i>Fusarium</i> | <i>Penicillium</i> | <i>Nigrospora</i> |
| Repetición 1 | 80 | 20 | 0 |
| Repetición 2 | 100 | 0 | 0 |
| Repetición 3 | 80 | 20 | 0 |
| Repetición 4 | 100 | 0 | 0 |
| Repetición 5 | 100 | 0 | 0 |
| Repetición 6 | 40 | 60 | 0 |
| Repetición 7 | 80 | 0 | 20 |
| Repetición 8 | 100 | 0 | 0 |
| Repetición 9 | 40 | 60 | 0 |
| Repetición 10 | 80 | 20 | 0 |

Cuadro 5.- Análisis de varianza del vigor

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------------|-----------|-------------|------------|----------|---------------|
| Tratamiento | 1 | 5.44500000 | 5.44500000 | 2.02 | 0.2048 |
| Error | 6 | 16.15000000 | 2.69166667 | | |
| Total | 7 | 21.59500000 | | | |

C.V = 31.10199 %

Cuadro 6.- Análisis de varianza de germinación

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------------|-----------|-------------|------------|----------|---------------|
| Tratamiento | 1 | 58.333333 | 58.333333 | 0.16 | 0.7025 |
| Error | 5 | 1781.666667 | 356.333333 | | |
| Total | 6 | 1840.000000 | | | |

C.V = 28.60120