

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Identificación e Incidencia de Hongos Portados en Semillas de Maíz
del Estado de Puebla

Por:

ABRAHAM CORDERO GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Abril del 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Identificación e Incidencia de Hongos Portados en Semillas de Maíz

del Estado de Puebla

Por:

ABRAHAM CORDERO GARCÍA

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



Ing. Elizabeth Laureano Luna
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México



Abril 2017

AGRADEIMIENTOS

*A **Dios** por brindarme la fuerza, la inspiración de seguir adelante. La dicha de existir y la oportunidad de lograr una meta más en mi vida.*

*A **MI ALMA TERRA MATER** por haberme acogido en su seno durante mi formación profesional.*

*A **Mi Familia** por la confianza y el gran apoyo económica y moralmente que me brindaron durante mi formación profesional. A mis abuelos, Vicente (+), Petra (+), Rafael y Rufina, por sus sabios consejos de seguir adelante.*

*Al **Mc. Abiel Sánchez Arizpe**, por guiarme desde mis primeros días en esta Institución hasta el final de mis días en ella, por asesorarme y forjar mis conocimientos con las mejores bases y por su apoyo incondicional en mi trayectoria al que le estaré agradecido toda mi vida.*

*A la **Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda**, por su tiempo y paciencia, por los conocimientos en mi trayectoria en la carrera, que continúe siendo una buena maestra. Gracias.*

*Al Ing. **Elizabeth Laureano Luna**, por su tiempo y conocimientos aportados en este proyecto que a pesar de un corto tiempo de conocernos vale la pena encontrar en mi camino tan buenos amigos y colaboradores, le deseo lo mejor en sus estudios y en la vida que Dios lo bendiga, muchas gracias.*

*Al Ing. **José Luis Arispe Vázquez** por su tiempo, consejos, apoyo y sobre todo por su amistad brindada durante todo este tiempo.*

*A **Mis compañeros de generación cxx**, por permitir ser parte de esta familia y por estar y convivir con ustedes con todo el cariño del mundo, porque gracias a ustedes viví momentos maravillosos, que Dios los bendiga por siempre, mucha suerte y muchas gracias.*

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Abraham Cordero Calderón

Obdulia García Galicia.

Gracias por su apoyo incondicional durante mi vida, por apoyarme y estar conmigo en esta decisión tomada hace algún tiempo de querer tener una carrera profesional y por ustedes y por su esfuerzo lo logre. Cada día que estuve lejos los extraño mucho, pero ustedes me han enseñado que en esta vida hay que sacrificar cosas valiosas para conseguir cosas mejores, les pido una disculpa si algún día les he fallado, pero sé que gracias a todo su apoyo y enseñanzas seré una mejor persona cada día, los amo.

A MIS HERMANOS:

Omar Cordero García y Sandra Cordero García *Por ser los mejores hermanos, he aprendido mucho de ustedes, por sus grandes enseñanzas y sus buenos ejemplos. Han sido un ejemplo de vida y de amor.*

“Porque cada día es un nuevo día.

Cada momento es nuevo.

Entonces ahora tienes que salir al mundo y decir “soy una persona diferente” AHORA...

SABES LO QUE VALES VE Y CONSIGUE LO QUE VALES”

A mis amigos que estuvieron a mi lado, por las sorpresas que vivimos y las metas logradas en conjunto, el saber que nos cuidamos juntos y que logramos el propósito y sobre todo por las alegrías compartidas, a mis amigos (a) Fernanda Cesati Iturbide, Andrea Romero Aldama, Orlando Flores Palafox, José Medel Vázquez García, Iván Castro pineda, Gustavo Rodríguez García, Daniel Rodríguez Chávez, Iván Bautista, Gustavo Palestino Arellano, Uriel Flores Salinas, Jesús Efraín Mendoza Siller, Eduardo Hernández Reyes, los quiero y no solo a ustedes a mas amigos que poco o mucho estuvieron conmigo que me apoyaron, los quiero y mucha suerte.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Importancia del Maíz.....	4
Producción Mundial.....	4
Producción nacional.....	5
Aportación del Estado de Puebla en la Producción de Maíz.....	6
Enfermedades en Maíz Transmitidas por Semilla.....	6
Enfermedades Fungosas Asociadas a la Pudrición de Mazorca de Maíz.....	6
La pudrición de la mazorca.....	7
Importancia económica.....	9
Importancia del Género <i>Fusarium</i>	10
Clasificación Taxonómica de <i>Fusarium verticillioides</i>	10
Clasificación morfológica	11
Distribución y biología.....	11
Daños	12
Características del Género <i>Aspergillus</i>	12
Clasificación Taxonómica del Género <i>Aspergillus</i>	13
Importancia del Género <i>Penicillium</i>	13

Clasificación Taxonómica del Genero <i>Penicillium</i>	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Localización del Experimento	14
Materiales Genéticos	14
Pruebas Papel Secante y Congelamiento.....	15
Preparación de laminillas.....	16
Evaluación final.....	16
Análisis estadístico	16
Prueba de Germinación	17
Evaluación	18
Análisis estadísticos.....	19
Prueba de Vigor	19
Evaluación	19
Análisis estadístico	20
RESULTADOS Y DICUSIÓN	21
CONCLUSIÓN	25
BIBLIOGRAFIA	26
APÉNDICE	31

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mazorca infectada.....	8
Figura 2. Departamento de Parasitología.....	14
Figura 3. Desinfección de semillas, Departamento de Parasitología	15
Figura 4. Charolas selladas, Departamento de Parasitología	16
Figura 5. Aplicación de Tiabendazol, Tecnología de semillas	17
Figura 6. Tratamientos en forma de tacos, Tecnología de semillas	18
Figura 7. Tratamientos en la cámara de germinación, Tecnología de semillas....	18
Figura 8. Medición de raíz, Tecnología de semillas	19
Figura 9. <i>Fusarium verticillioides</i> aislado de maíz	21
Figura 10. <i>Penicillium</i> en semilla de maíz	22
Figura 11. <i>Aspergillus</i> en semillas de maíz.....	22

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Principales países productores de maíz	5
Cuadro 2. Incidencia de los hongos sobre la semilla por tratamiento de acuerdo al color de la colonia	23

RESUMEN

El maíz es el cultivo más importante de México de acuerdo con la superficie cultivada anualmente y su consumo per cápita. Las pérdidas en la producción del grano se asocian con su manipulación durante la cosecha en el campo, almacenaje, transporte y procesamiento para el consumo humano o animal. El grano de maíz posee una microbiota particular de bacterias, insectos y hongos fitopatógenos

El objetivo de esta investigación fue la identificación de los hongos presentes en tres materiales de maíz, así conocer y comparar su calidad fisiológica de cada uno de los materiales. Se trabajó con dos materiales del Estado de Puebla: Aspros HC8, Faison Asgrow y un Antonio Narro 4-47. La prueba de sanidad que utilizamos en primer lugar para la detección de hongos fue la de papel secante y congelación, posteriormente para determinar la calidad de semilla se empleó la prueba de germinación y vigor. Los resultados se analizaron mediante el programa estadístico Nuevo León mediante la prueba de Tukey, los géneros de hongos identificados fueron *Fusarium*, *Penicillium* y *Aspergillus*, con una incidencia que va del 26 al 48%, y en la calidad abarco del 79 hasta al 91% de germinación.

Palabras clave: Maíz, Hongos, Semillas, Enfermedad.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz en México se caracteriza por la producción de una amplia gama de variedades, por lo que es posible generar una gran cantidad de productos finales: tortillas, forraje para animales, almidones, glucosa, fructuosa, dextrosa, aceites, etanol para bebidas o como insumos en la producción de biocombustible, etcétera.

Uno de los principales factores limitantes de la producción agrícola y de la calidad de las cosechas lo constituyen las plagas y enfermedades, las cuales atacan a los cultivos desde que las plantas inician su crecimiento hasta la recolección y aun en los almacenes.

El cultivo de maíz ocupa el primer lugar por área cultivada en México, principalmente bajo condiciones de secano (temporal 83%), la cual presenta rendimientos bajos (2,24 ton/ha) determinados por efectos bióticos y abióticos adversos. No obstante, estas áreas aportan 58% de la producción nacional, la que en el año 2013 ascendió a 22 663 953,35 ton (SIAP, 2013).

Los maíces nativos son importantes porque hacen posible la subsistencia de los pequeños productores en zonas marginadas y marginales, constituyen la base genética de las semillas mejoradas. Además, presentan adaptación a la condición ecológica de su origen, esto como resultado histórico de la evolución bajo domesticación y de la aplicación del conocimiento de los agricultores pocas veces reconocido (Hernández, 1985).

Está comprobado científicamente que el fenómeno de calentamiento global, traerá muchos cambios ambientales, especialmente cambiara la distribución de las precipitaciones acompañadas de aumentos en la temperatura que se traducirán en mayores daños por sequía. Las variaciones de temperaturas y escases de agua, también crean microclimas favorables para la aparición de enfermedades especialmente las causadas por hongos.

El maíz es afectado por un gran número de ellos, sin embargo, algunos de los géneros más importantes son *Fusarium spp* y *Aspergillus spp*, causantes de

grandes pérdidas en el rendimiento, 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 (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; Desjardins *et al.*, 1994).

Objetivos

- Identificar los diferentes géneros de hongos presentes en los distintos materiales de maíz.
- Determinar la incidencia de los hongos presentes en los diferentes tipos de materiales de maíz.
- Determinare la calidad fisiológica de los materiales de maíz del Estado de Puebla.

Hipótesis

Se espera identificar al menos 3 especies diferentes de hongos asociados a la pudrición de la mazorca.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del Maíz

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México, desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social. Este cultivo en el año 2007 ocupó 8.07 millones de hectáreas, lo que equivale al 50.3% de la superficie agrícola sembrada. (SIAP, 2007).

En México, la superficie dedicada al cultivo del maíz se ha reducido en los últimos años, con pérdidas de alrededor del 30 %, debido principalmente a la falta de abastecimiento hídrico necesario para el desarrollo del cultivo (SIAP/SAGARPA, 2006).

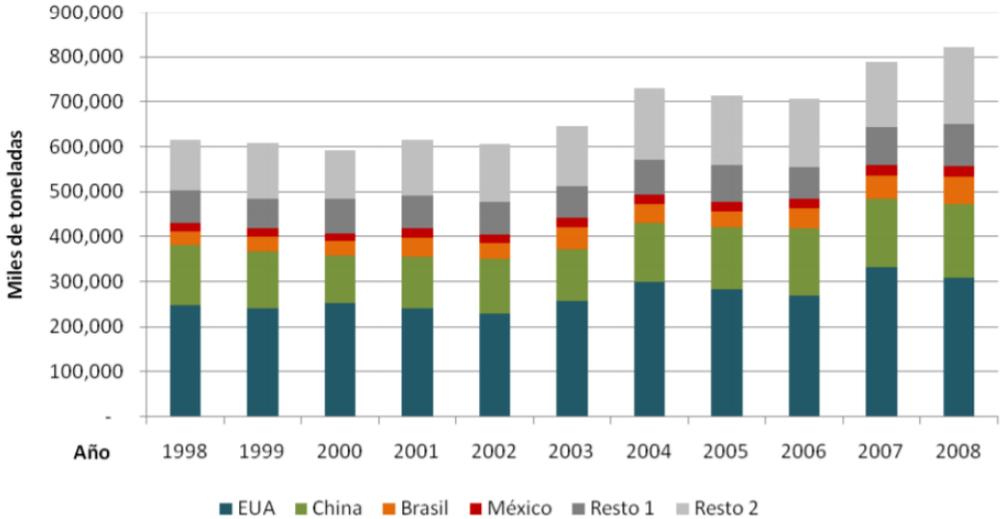
México se caracteriza por la producción de una amplia gama de variedades, por lo que es posible generar una gran cantidad de productos finales: tortillas, forrajes para animales, almidones, glucosa, fructuosa, dextrosa, aceites, botanas, etanol para bebidas o como insumo en la producción de biocombustibles, etc. (SIAP, 2007).

Otros factores limitantes del rendimiento, son las enfermedades causadas por diversos factores bióticos y abióticos. Dentro de las enfermedades causadas por patógenos destacan las producidas por el Género *Fusarium*, el cual se encuentra naturalmente en el suelo y en ocasiones puede estar asociado a las pudriciones de raíz y tallos de muchas plantas (Hernández *et al.*, 2007).

Producción Mundial

Dentro de los granos básicos, el maíz presentó mayor incremento en el volumen de producción, pues con una tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 2.7%, pasó de 615.8 millones en 1998 a 822.7 millones en el 2008. El 80% de la producción de maíz se concentró en 10 países; Estados Unidos ocupó el 1er lugar con 40%, China el 2° con el 20%, Brasil en el 3° con el 6% y México en 4° con el 3% de la producción. Los otros seis países fueron Argentina, Francia, la India, Indonesia, Italia y

Sudáfrica, que en conjunto agruparon el 11% del volumen producido de maíz (FAO, 2009).



Cuadro 1. Principales países productores de maíz (1998-2008)

Producción Nacional

De acuerdo a los últimos datos reportados, la producción nacional de maíz obtenida hasta el mes de diciembre del 2014, para el año agrícola 2014, alcanzó un volumen de 17.4 millones de toneladas, el cual es sólo 24.5 miles de toneladas mayor al cosechado en el ciclo anterior y se explica principalmente por la mayor productividad del cultivo, es decir por el aumento en los rendimientos obtenidos, lo que a su vez se explica por una reducción importante de la superficie siniestrada respecto a la del año previo, ya que las superficies sembradas y cosechadas se redujeron (SAGARPA, 2014).

Aportación del Estado de Puebla en la Producción de Maíz

En Puebla, en el año promedio 2008/2010 se consumieron 1.74 millones de ton de maíz; de estas, 1.24 millones fueron maíz blanco y 0.49 millones maíz amarillo (García y Ramírez, 2012). Puebla se ubica entre los ocho principales estados productores de maíz, aportando una oferta de 1.08 millones de ton, lo que representa 4.6 % de la producción anual nacional (SIAP-SAGARPA, 2012a).

Enfermedades en Maíz Transmitidas por Semilla

Las principales enfermedades que atacan el maíz en México son de origen fungoso, se encuentran diseminadas en todo el país, y su aparición están sujetas a las condiciones ambientales que favorecen la infección del patógeno, así como la fuente de inóculo y la susceptibilidad de los genotipos (Varón y Sarria, 2007).

Enfermedades Fungosas Asociadas a la Pudrición de Mazorca de Maíz

Una enfermedad es un mal funcionamiento de las células y tejidos del hospedante debido al efecto continuo sobre estudios últimos de un organismo patógeno o factor ambiental y que origina la aparición de los síntomas. La enfermedad es un estado que implica cambios anormales en la forma fisiológica, integrada o comportamiento de la planta o de sus órganos (Agrios, 2005).

En 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-Montesoro y De León, 2008).

Las principales enfermedades que afectan el maíz en México son de origen fungoso, se encuentran diseminadas en todo el país, y su aparición están sujetas a las condiciones ambientales que favorezcan la infección y multiplicación del patógeno,

así como la fuente de inoculo y la susceptibilidad de los genotipos (Varón y Sarria, 2007).

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, 2004; Morales-Martínez, 1993).

La pudrición de la mazorca

La pudrición de grano de maíz es afectada por diversas enfermedades; entre estas destaca, por las pérdidas que ocasiona en el rendimiento, cualidades físicas, fisiológicas y fitosanitarias de la semilla, la pudrición de la mazorca causada por diversos géneros de hongos, las especies más frecuentes reportadas como causantes de estas enfermedades de México corresponden a *Fusarium* (Rivas-Valencia *et al.*, 2011). Este hongo comprende una diversidad de especies y afectan a una amplia variedad de especies vegetales. *Fusarium* tiene potencial de presentar amplia variación genética (Coca-Morante, 2011).

La pudrición de la mazorca causada por hongos de los Géneros *Diplodia* y *Fusarium* provoca severas pérdidas de cosecha (INIFAP, 2000; Betanzos 2001; Garrido *et al.*, 2001), afecta la comercialización del grano (5% de daño, máximo aceptable) y constituye un problema de salud pública por las micotoxinas que producen los hongos cuando la incidencia de los patógenos y el daño es alto.

La incidencia de enfermedades de la mazorca del maíz está relacionada con la susceptibilidad intrínseca del genotipo, el manejo agronómico y las condiciones ambientales a las que se exponen durante su desarrollo. Las especies de *Fusarium*, como *F. moniliforme* y *F. graminearum*, causan pudrición de tallo y mazorca, tienen amplia distribución y son endémicas en todas las regiones productoras de maíz del mundo (Mendoza *et al.*, 2003).

De las pudriciones de mazorca y de grano, las mejor conocidas son la llamada pudrición por *Fusarium* y la pudrición rosada de la mazorca inducida por *Gibberella*: *Fusarium moniliforme* J. Sheld. y *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch= *F. graminearum* Schwabe., respectivamente. Estas especies, además de inducir pudriciones de mazorca, pueden producir diversas toxinas potencialmente riesgosas (Figura 1) (Koehler, 1959; De León, 1974; Bacon y Williamson, 1992; Desjardins *et al.*, 1994).

Un gran número de especies han sido descritas dentro del género *Fusarium* por diversos autores, sin embargo 70 especies son consideradas por Leslie y Summerell (2006).

Figura 1. Mazorca infectada



Montiel-González *et al.*, (2005) consideran al género *Fusarium* como el más complejo de los que atacan las raíces de las plantas cultivadas, y uno de los más difíciles de clasificar.

Las especies de *Fusarium* son saprofitas en algunas de sus fases de crecimiento y pueden o no desarrollar una fase de reproducción sexual según la especie (Finch y Finch, 1983; Alexopoulos y Mims, 1979).

El género *Fusarium* presenta una distribución cosmopolita y es endémico de zonas maiceras de todo el mundo. Este hongo, en maíz puede causar daño en todas las etapas del cultivo. En semilla, el micelio puede invadir y ocasionar manchas en las cubiertas externas, causando además disminución de la geminación por la muerte del embrión (Cisneros, 2004; Morales *et al.*, 2007; González *et al.*, 2007).

En el maíz, la pudrición de tallo y mazorca está asociado con *F. verticillioides* (moniliforme) Sheld y *F. graminearum* Schwabe. Sin embargo, la incidencia de enfermedades está relacionada con la susceptibilidad intrínseca de algunos materiales de maíz, el manejo agronómico y las condiciones ambientales a las que se exponen las plantas durante su desarrollo, no obstante, sería de gran utilidad identificar genotipos de maíz resistentes a la pudrición de tallo y mazorca, los cuales darían gran ventaja para el manejo eficiente y económico de esta enfermedad (González *et al.*, 2007).

La presencia y daños ocasionados en maíz por *Fusarium* han sido reportados en los estados de Tamaulipas, Chiapas, Durango y Guanajuato (Moreno, 1996; Hernández *et al.*, 2007).

La identificación de genotipos de maíz resistentes a pudrición de tallo y mazorca podría ser de gran utilidad para el manejo eficiente y económico de esta enfermedad. Payak y Sharma (1985) estimaron que la pérdida de rendimiento que causan las enfermedades del maíz a nivel mundial se encuentra en 7 y 17%, mientras que en México oscila entre 7.5 y 38.0% (Castañón y Latournerie, 2004; Morán *et al.*, 1993).

Importancia económica

Las pudriciones causadas por hongos del genero *Fusarium* causan severas perdidas de cosecha, afectan la comercialización del grano (5% de daño, máximo aceptable) y constituye un problema de salud pública por las micotoxinas que producen los hongos cuando la incidencia de los patógenos y el daño es alto (Bentazos, Mendoza *et al.*, 2009).

La pudrición de la mazorca, se encuentra entre las enfermedades más importantes a nivel mundial, se presenta principalmente en los países de África, América y Asia. En México se han reportado en la región de Valles altos, El Bajío y en los estados de Tamaulipas, Jalisco, Veracruz, Chiapas y Sonora (Rivas-Valencia *et al.*, 2011).

Importancia del Género *Fusarium*.

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).

Clasificación Taxonómica de *Fusarium verticilliodes* según Groenewald (2006) y Díaz de Castro *et al.*, (2007)

Reino: Fungi

Phyllum: Ascomycota

Clase: Deuteromycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Hypocreaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *verticilliodes*

Clasificación morfológica

Las colonias son de crecimiento moderadamente rápido en medio de cultivo, de 8 cm a los ocho días, de color blanco a durazno. Las microconidias son abundantes, generalmente de una célula, de ovalo a ovoide, en largas cadenas o en falsas cabezas. Los conidióforos son largos, no ramificados, monofialides y polifialides. Las macroconidias están presentes, pero son escasas, y varían levemente de su forma curva a casi rectas, de paredes delgadas. Las clamidosporas están ausentes (Sanabria *et al.*, 2002; Agrios, 2005)

Distribución y biología

F. verticillioides presenta una distribución mundial se encuentra en zonas de clima templado, extendiéndose a zonas de clima tropical y subtropical. Raramente se presenta en zonas de temperaturas frías, aunque ha sido encontrado en Rusia (Bacon y Nelson 1994). Es un hongo que se encuentra en el suelo, causando pudriciones de raíz en plántula, marchitamientos vasculares, manchas necróticas y tizones en hojas. Causa pérdida en la calidad de semillas disminución de la viabilidad en condiciones de campo y almacenamiento (Bai y Shaner 2004, Dharmaputra *et al.*, 2009).

F. verticillioides puede permanecer en el suelo dentro de fragmentos de tallos enterrados a 30 cm de la superficie, con humedad de 5 a 35%, y temperatura de 5 a 10°C durante doce meses. En condiciones de laboratorio la temperatura óptima para el crecimiento de 11 es de 22.5 a 27. 5 °C con un máximo de 32 a 35 °C y una temperatura mínima de -5 °C a 2.5 °C. (Bacon y Nelson 1994). Llega a infectar raíces de la planta a partir de su presencia en residuos de plantas y suelo. Los microconidios funcionan como propágulos produciendo infecciones secundarias en diversos cultivos (Sanabria *et al.*, 2002). Tiene la capacidad de desarrollar la enfermedad en plantas procedentes de semillas. Llega a causar un declinamiento o muerte de las plantas antes de que alcancen su estado reproductivo.

Daños

La calidad de las semillas de *J. curcas* depende del grado de madurez del fruto, contenido de humedad, condiciones de almacenamiento, duración del almacenamiento, buena viabilidad y vigor de las semillas, sin embargo, está sujeta al deterioro que causan los microorganismos que colonizan granos y semillas, dentro de ellos encontramos a los hongos ya que son los más tolerantes a la baja disponibilidad de agua en condiciones de almacenamiento.

Durante el almacenamiento de granos o semillas, éstas pueden ser infectadas por hongos que causan una disminución de la viabilidad, decoloración, pérdida de peso, cambios químicos y nutricionales, calentamiento, apelmazamiento y contaminación por micotóxicas. Chelkowski en 1991 informó, que, en muchos de los casos, los hongos que infectan granos provienen de la semilla, esta juega un papel importante en la transmisión de numerosas especies de hongos patógenos para plántulas e infección del suelo. *F. verticillioides* afecta la semilla de *J. curcas* en condición de almacenamiento disminuyendo la cantidad de lípidos, contenido de ácidos grasos libres y la viabilidad de las semillas (Dharmaputra *et al.*, 2009).

Características del Género *Aspergillus*

Aspergillus es un hongo filamentoso hialino, saprofito, perteneciente al filo Ascomycota. Se encuentra formado por hifas hialinas septadas y puede tener reproducción sexual (con formación de ascosporas en el interior de ascas) y asexual (con formación de conidios). Las diferentes especies se diferencian en tamaño, tasa de crecimiento, textura (aterciopelada, granular, algodonosa) y color de la colonia: verde-amarillento (*A. flavus*), negro (*A. niger*), marrón (*A. terreus*). La coloración aparece casi siempre en todas las estructuras aéreas, tanto en el micelio como en las cabezas conidiales. *Aspergillus* es uno de los principales hongos productores de micotoxinas. Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos y secretados por el hongo durante el proceso de degradación de la materia orgánica, como mecanismo de defensa frente a otros microorganismos (INSHT, 2012).

**Clasificación Taxonómica del Género *Aspergillus* según Alexopoulos y
Mims, (1979)**

Reino: Fungi

División: Amastigomycota

Clase: Eutoromycetes

Subclase: Hiphomycetidae

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: *Aspergillus*

Importancia del Género *Penicillium*

Penicillium es un género grande que puede encontrarse casi por todas partes, siendo el género de hongos más abundante en suelos. Algunas especies producen toxinas, sin embargo, muchas especies de *Penicillium* son beneficiosas para los seres humanos (EcuRed, 2014).

Clasificación Taxonómica del Genero *Penicillium* según Link (1809)

Reino: Fungi

Phyllum: Ascomycota

Clase: Eurotiomycetes

Familia: Trichocomaceae

Género: *Penicillium*

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Experimento

El presente trabajo fue llevado a cabo en las instalaciones del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, con la localización geográfica de coordenadas de 101°00' Longitud Oeste 25°22' Latitud Norte con una altitud de 1,742 msnm. Fig. 2



Figura 2. Departamento de Parasitología, UAAAN, 2017

Materiales Genéticos

Las semillas fueron proporcionadas por agricultores cooperantes del Estado de Puebla y un material fue proporcionado por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

1. Aspros HC8
2. Faison Asgrow
3. Antonio Narro 4-47

Pruebas Papel Secante y Congelamiento

Se realizó de acuerdo a la prueba del manual de laboratorio para semillas de maíz y trigo CIMMYT (2003), modificada, se tomaron 200 semillas de maíz con 4 repeticiones de 50 semillas.

Primeramente, se desinfectaron las semillas en una solución de hipoclorito de sodio (blanqueador comercial) al 10%, durante 3 minutos y posteriormente se enjuagaron con agua destilada. Fig. 3



Figura 3. Desinfección de semillas, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2017

La siembra fue en charolas transparentes de plástico, donde se colocó el papel secante estéril y previamente húmedo, las 200 semillas fueron seleccionadas y distribuidas en cuatro repeticiones de 50 semillas de cada genotipo, finalmente las charolas fueron rotuladas y selladas para su identificación. Fig. 4



Figura 4. Charolas selladas, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2017

Las charolas se mantuvieron a temperatura ambiente de 25°C durante 2 días, posteriormente se mantuvieron en congelación a -20°C durante 24 horas, por último, se mantuvieron a temperatura ambiente de 25°C ± 2 durante 15 días, alterando 12 h de luz blanca y 12 h de oscuridad.

Preparación de laminillas

Con una aguja de disección se tomó una pequeña muestra del hongo y se colocó en un portaobjetos con una gota de lacto fenol, colocando el cubreobjetos y se observó al microscopio.

Evaluación final

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

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de incidencia de los hongos presentes en la semilla de maíz, fueron sometidos al 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 Nuevo León.

Prueba de Germinación

Esta prueba se llevó acabo en el laboratorio del Departamento de Fitomejoramiento, lo primero que se hizo fue humedecer el papel en agua destilada, posteriormente se colocaron las semillas en línea recta con el embrión apuntando hacia abajo. Se realizaron cuatro repeticiones de 25 semillas por muestra, cada repetición fue rociada con Tiabendazol para evitar el crecimiento de hongos. Fig. 5



Figura 5. Aplicación de Tiabendazol a las semillas de maíz, en el laboratorio Tecnología de semillas, UAAAN, 2017

Posteriormente se humedeció otro papel, y este se colocó sobre las semillas y se dobló en forma de taco, colocando sus respectivos datos para su identificación en cada repetición, metiéndolas en bolsas de acuerdo a cada tratamiento. Fig. 6



Figura 6. Tratamientos en forma de tacos, Tecnología de semillas, UAAAN, 2017

Al finalizar se llevaron los tratamientos a la cámara de germinación a 25°C, durante 7 días. Fig.7



Figura 7. Tratamientos en la cámara de germinación, Tecnología de semillas, UAAAN, 2017

Evaluación

Se utilizó la evaluación según el manual de laboratorio para semillas de maíz y trigo CIMMYT (2003). Determinando las cantidades de plántulas normales, las cuales tenían que tener más de 2.5 cm de crecimiento de la plúmula y de crecimiento

radical con 2 o 3 raíces, plántulas anormales, aquellas que no cumplieron con las características de plántulas normales y por ultimo semillas no germinadas en cada repetición.

Análisis estadísticos

Los resultados de la germinación en 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 Nuevo León.

Prueba de Vigor

Esta prueba se llevó acabo en el laboratorio de Tecnología de Semillas del departamento de Fitomejoramiento. Esta prueba se llevó a cabo con el mismo material de la prueba de germinación.

Evaluación

Se utilizó la evaluación según el manual de laboratorio para la semilla de maíz y trigo CIMMYT (2003), modificada, en este caso en cada repetición se midieron solo 5 plántulas, el cual fueron elegidas al azar, y se calculó la longitud media. Fig. 8



Figura 8. Medición de raíz, Tecnología de semillas, UAAAN, 2017

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de la prueba de vigor, se evaluaron en el análisis de varianza y prueba de separación de medias, usando la prueba de rangos múltiples de Tukey al 0.05 de significancia, manejando el programa estadístico de Nuevo León.

RESULTADOS Y DICUSIÓN

La identificación de los hongos fitopatógenos se realizó de acuerdo a lo señalado en el Manual de Laboratorio Ensayos para la semilla de maíz y trigo CIMMYT (2003). Se detectaron 3 colonias de diferentes colores, identificándose los siguientes hongos: En el microscopio compuesto se obtuvieron que la colonia color blanco presento características de *Fusarium verticilloides* (Figura 9), con abundantes microconidias hialinas de forma oval o de garrote y están ligeramente aplanados en cada extremo. Vázquez (2008), en la detección de hongos en semillas de maíz en las variedades Van-443, ME, AN-447, proveniente del Estado de Veracruz reporto alta incidencia de *Fusarium verticilloides* de 83.75%, 65.62% mientras que las semillas de Guanajuato reportaron un 13.75% de incidencia del hongo.

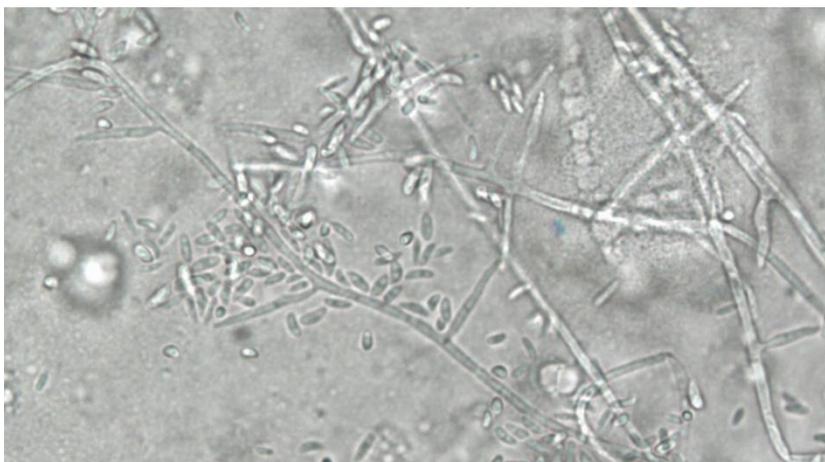


Figura 9. *Fusarium verticillioides* aislado de maíz, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2017

En la colonia color verde se observaron características distintivas del género *Penicillium* (Figura 10) que presenta conidióforos hialinos, lisos, septados, con una serie de ramificaciones que le dan la estructura característica de un cepillo, con típicas fialidas hialinas en forma de frasco que producen largas cadenas secas de conidias CIMMYT (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 Castañeda, 1991).



Figura 10. *Penicillium spp* en semilla de maíz, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2017

En la colonia de color verde amarillento se observaron características de *Aspergillus* (Figura 11), con conidióforos hinchados en el ápice produciendo numerosas células esporíferas, las cabezas conidiales típicamente son esféricas, hendidas en varias columnas mal definidas CIMMYT (2003).



Figura 11. *Aspergillus* en semillas de maíz, Departamento de Parasitología, UAAAN, 2017

Incidenca de los patógenos sobre la semilla de maíz

Cuadro 2. Incidencia de los hongos sobre la semilla por tratamiento de acuerdo al color de la colonia

Tratamiento	<i>Fusarium verticillioides</i>	<i>Penicillium sp</i>	<i>Aspergillus sp</i>	Sano
1 (Antonio Narro 4-47)	43%	3%	2%	52%
2 (Faison Asgrow)	16%	9.5%	2.5%	72%
3 (Aspros HC8)	40%	4.5%	1.5%	54%

Se observa que el tratamiento uno (AN 447), manifestó la mayor incidencia de *Fusarium verticillioides*, lo cual está dentro de los llamados hongos de campo. El tratamiento dos (Faison Asgrow), muestra mayor incidencia de *Penicillium sp* y *Aspergillus* que corresponde a la categoría de hongos de almacén más común. El tratamiento tres (Aspros HC8), mostró una incidencia menor en los hongos de categoría de almacén *Penicillium sp* y *Aspergillus sp*, esto puede ser por un buen manejo de almacén.

Pruebas de germinación

El tratamiento tres (Aspros HC8) fue superior, de acuerdo al mayor número de semillas germinadas normalmente, 91% y en este caso el tratamiento dos (Faison Asgrow) con el mayor número de semillas germinadas anormalmente y semillas sin germinar, 79%.

Rebuffel (2010), mencionó que las principales pérdidas causadas por hongos que se desarrollan en granos almacenados son: reducción del poder germinativo, ennegrecimiento total o parcial de los granos y semillas, calentamiento, olores desagradables y alteraciones de las características nutritivas. Sin embargo, estos

patógenos no afectaron de manera significativa en el proceso de germinación de las semillas híbridas, ya que son menos propensas a plagas y enfermedades por la modificación genética; pero en el tratamiento dos (Faison Asgrow), siendo un material híbrido afecto significativamente al tratamiento tres (Aspros HC8), esto pudo ser por la manera de almacenamiento. En el tratamiento uno (AN 447) se mostró con un gran porcentaje de germinación teniendo en cuenta que fue el material que tuvo mayor incidencia de *F. verticillioides*. Sánchez (2008) menciona que los indígenas mexicanos fueron quienes hicieron evolucionar al maíz, cultivando las variedades derivadas, es decir, las variedades nativas que a través del tiempo permitieron la evolución y cruzamientos que originaron las “variedades criollas”.

Prueba de vigor

Las plantas con menor grado de vigor se obtuvieron en el genotipo (Faison Asgrow), mientras que el genotipo (Aspros HC8) expresó mejores cualidades de acuerdo al índice de germinación encontrado, debido a que los hongos presentes en la semilla no afectaron significativamente la germinación de la misma, al igual Marasas *et al.*, (1988) encontraron evidencia de infección en plántulas durante la germinación viéndose afectado el vigor de la misma.

CONCLUSIÓN

Se encontraron diferentes hongos de importancia en la calidad de semilla en los materiales de maíz los cuales fueron: *Fusarium verticilloides*, *Penicillium sp*, *Aspergillus sp*, de lo cual obtuvimos los resultados de Incidencia que van del 1.5% al 100%, afectando, pero no de manera significativa el resultado de calidad Fisiológica de la semilla en estudio.

BIBLIOGRAFIA

- Agrios G. N., 2005 Plant Pathology. Fifth Edition. Ed. Elsevier Academic Press. San Diego, California. U.S.A. p 992
- Alexopoulos, C.J., and Mims, W.C. 1979. Introductory Mycology. 3ed ed. Wiley, New York. p 1-614
- Bacon CW and Nelson PE. 1994. Fumonisin production in corn by toxigenic strains of *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum*. J Food Prot. 57: 514- 521.
- Bai G, and Shaner G. 2004. Management and resistance in wheat and barley to *Fusarium* head blight. Annual Review of Phytopathology 42: 131-161.
- Bentazos. Mendoza, E., Ramírez-Fonseca A.L., Coutiño-Estrada B., Espinoza-Paz N., Sierra-Macías., Zambada-Martínez A., Grajales-Solís M. 2009. Híbridos de maíz resistencia a la pudrición de la mazorca en Chiapas y Veracruz. Agricultura Técnica en México 4 (35): 391-400.
- Bogantes, L. P., Bogantes, L. D., Bogantes, L. S., 2004. Aflatoxinas. Acta Médica Costarricense v.46 n. 4
- Carvajal, M. 2010. Investigación sobre aflatoxinas ¿Para qué? Departamento de Botánica. Instituto de Biología, UNAM. 5 pp.
- Castañón, N. G. and Latournerie, L. M. (2004) Performance of S1 maize (*Zea mays* L.) families in different soil pH. Bragantia 63(1):63-72.
- Coca-Morante, M. 2011. *Fusarium* del maíz. Boletín técnico. Facultad de ciencias agrícolas, pecuarias, forestales y veterinarias "Dr. Martín Cárdenas", Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.5 (1): 1-4.
- Cisneros, L.M.E. 2004. *Fusarium verticillioides* (Sacc) Nirenberg en híbridos y progenitores de sorgo tolerantes al frío. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Texcoco, Edo de México. 159 p.

- Dharmaputra O, Worang RI, Syarief y Miftahudin. 2009. The Quality of Physic Nut (*Jatropha curcas*) Seeds Affected by Water Activity and Duration of Storage. 135- 139p.
- D´mello, J.P.F. and McDonald, A.M.C. 1997. Sdsetting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. European commission 2002.
- Desjardins, A.E., C.M. Maragos, and R.H. Proctor. 2006. Maize ear rot and moniliformin contamination by cryptic species of *Fusarium subglutinans*. J. Agric. Food Chem. 54:7383-90.
- EcuRed. (2014). *Penicillium*. 15 de abril de 2014, de EcuRed Sitio web:
<http://www.ecured.cu/index.php/Penicillium> Dr. Rafael Tormo Molina
- FAO, 2009. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura
<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>
- Finch, H.C., y Finch, A.N. 1983. Los Hongos Comunes que Atacan Cultivos en América Latina. Trillas. México. 58 p.
- Fokunang, C.N., Tembe, E.A., Tomkins, P., Barkwan, S. 2006. Global impact of mycotoxins on human and animal health management. *Agriculture* 35: 247–253 pp.
- Hernández, X.E. 1985. *Biología agrícola. Los conocimientos biológicos y su aplicación a la agricultura*. CECSA. México DF.
- INSHT, 2012. Instituto de Seguridad e Higiene en el trabajo, Fichas de agentes biológicos, *Aspergillus*, p.1
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) 2000. Pudrición de grano de maíz en Chiapas. Diagnóstico y alternativas de solución. CECECH, CIRPAS, INIFAP. 16 pp. (Documento de Trabajo).

- Koehler, B. 1959. Corn ear rots in Illinois. III. Agricultural Experiment Station Bulletin 639 :87.
- López, G. Park, D., Phillips, T., 1999. Sistema integrado de gestión de micotoxinas. Tercera conferencia internacional sobre micotoxinas. FAO/OMS/PMA sobre Micotoxinas. Túnez, Túnez.
- 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.
- Mendoza-Castillo, H. ; Castillo-Caamal, J. B. ; Ayala-Burgos, A., 2003. Impact of *Mucuna* bean (*Mucuna* spp.) Supplementation on milk production of goats. Trop. Subtrop. Agroecosyst., 1 (2-3): 93-96
- Montiel-González, L., González-Flores, F., Sánchez-García, B.M., Guzmán-Rivera, S., Gámez-Vázquez, F.P., Acosta-Gallegos, J.A., Rodríguez-Guerra, R., Simpson, W.J., Cabral-Enciso, M. y Mendoza-Elos, M. 2005. Especies de *Fusarium* (Link) presentes en raíces de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con daños de pudriciones, en cinco estados del centro de México. Revista Mexicana de Fitopatología 23: 1-10.
- Moreno, M.E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México. 383 p.
- Pachón C y Castaño J. (1991). Identificación de hongos en semillas almacenadas de maíz y frijol, enero, 1999 – Universidad de Caldas – A. A. 275 Manizales. Colombia
- POA. 2009. Plan operativo anual de proyecto “Generación y validación de variedades de maíz tolerantes a sequía como medio de estabilizar la productividad y disminuir el daño por micotoxinas como consecuencia del cambio climático”. Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria. FONTAGRO: Resumen ejecutivo. Ciudad de Panamá. 26 Pág.

- Plasencia, J. 2005. Aflatoxin and food safety. Aflatoxins in maize: A Mexican perspective. Chapter 4. 59-71 pp
- Programa de maíz del CIMMYT. 2004. Enfermedades del maíz resistentes al carbon de la espiga del maíz (*Sporisorium reilianum f. sp. zea*), en los valles altos de México.
- Rivas-Valencia, P., Virgen-Vargas J., Rojas-Martínez I., Cano-Salgado A. and Ayala-Escobar V. 2011. Evaluación de pudrición de mazorca de híbridos de maíz en valles altos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 2 (6): 845-54.
- Rodríguez-Montesoro, R. and De León C. 2008. El cultivo de maíz: temas selectos. México. D.F.: COLPOS: Mundi-Prensa México. 127p.
- Sagarpa <http://agrosintesis.com/produccion-de-maiz-nacional-y-estatal/>
- Sánchez, M. F. (2008). De las variedades Criollas de Maíz a los Híbridos Transgénicos. 1: Recolección de Germoplasma y Variedades Mejoradas. Universidad Autónoma Chapingo. Guadalajara. Agricultura, Sociedad y Desarrollo Vol. 5. Núm. 2. 151-166
- SIAP–SAGARPA (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera–Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012a. Información básica, agricultura, producción anual. Disponible en www.siap.sagarpa.gob.mx (consultado: 2 de marzo de 2012).
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Estadísticas del sector agroalimentario y pesquero. 2011.
- Soriano, J. M., Moltó, J., Mañes, J. 2007. Micotoxinas en Alimentos. Análisis de micotoxinas 54 en alimentos. Díaz de Santos, España. Coord. José M. Soriano del Castillo. 396 p.

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.

Varon-De-Agudelo, F and Sarria-Villa C. A. 2007. Enfermedades del maíz y su manejo: compendio ilustrado. Palmira, Colombia. 55p.

APÉNDICE

Cuadro 2. Incidencia de los hongos sobre la semilla de acuerdo al color de la colonia

Tratamiento	Repetición	No. De semillas infectadas	% de incidencia	Hongo
1 (Antonio Narro 4-47)	1	22	44	<i>Fusarium</i>
	2	8	16	<i>Fusarium</i>
		6	12	<i>Penicillium</i>
		4	8	<i>Aspergillus</i>
2 (Faison Asgrow)	3	39	78	<i>Fusarium</i>
	4	17	34	<i>Fusarium</i>
	1	11	22	<i>Fusarium</i>
		5	10	<i>Penicillium</i>
	2	7	14	<i>Fusarium</i>
		5	10	<i>Penicillium</i>
		1	2	<i>Aspergillus</i>
	3	11	22	<i>Fusarium</i>
3 (Aspros HC8)		6	12	<i>Penicillium</i>
		4	8	<i>Aspergillus</i>
	4	5	10	<i>Fusarium</i>
		3	6	<i>Penicillium</i>
	1	15	30	<i>Fusarium</i>
	2	17	34	<i>Fusarium</i>
		4	8	<i>Penicillium</i>
		1	2	<i>Aspergillus</i>
	3	18	36	<i>Fusarium</i>
		5	10	<i>Penicillium</i>
		2	4	<i>Aspergillus</i>
	4	31	62	<i>Fusarium</i>

ANALISIS DE VARIANZA
INCIDENCIA DE LOS PATOGENOS SOBRE LA SEMILLA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	2	1208.666016	604.333008	2.8051	0.112
Error	9	1939.000000	215.444443		
Total	11	3147.666016			

C.V. = 36.54 %

	Media	Agrupación
1	48.000000	A
2	26.000000	A
3	46.500000	A

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

**ANALISIS DE VARIANZA
GERMINACIÓN**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	2	330.664063	165.332031	2.0108	0.189
Error	9	740.000000	82.222221		
Total	11	1070.664063			

C.V. = 10.84 %

	Media	Agrupación
1	81.000000	A
2	79.000000	A
3	91.000000	A

ANALISIS DE VARIANZA

VIGOR

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	2	0.166626	0.083313	0.1250	0.884
Error	9	6.000000	0.666667		
Total	11	6.166626			

C.V. = 8.75 %

	Media	Agrupación
1	9.500000	A
2	9.250000	A
3	9.250000	A