



Dirección de Investigación

Subdirección de Programación y Evaluación



Proyecto de Investigación 2018

Unidad:	Saltillo	División:	Agronomía	Departamento:	Fitomejoramiento
Tema estratégico (ANA/PEP):	Tecnologías de Granos y Semillas				
Línea de investigación:	Tecnología en Granos y Semillas Postcosecha. Sanidad de Granos y Recursos Fitogenéticos				
Título del proyecto:	Incidencia de <i>Sporisorium reilianum</i> , en semilla de maíz acondicionada con fungicidas sintéticos				
Presupuesto solicitado (Máximo \$75,000)	\$60,000.00	El proyecto es:	Nuevo	<input checked="" type="checkbox"/>	Continuación
Tipo de investigación:	Básica	Aplicada	<input checked="" type="checkbox"/>	Tecnológica	e-mail del responsable
Vinculación:	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	Fondos concurrentes:	
Cooperante(s):	Campo Experimental del Bajío-INIFAP				
Entidad (es):	Caoahuila ,Guanajuato,Hidalgo		Municipio (s):	Saltillo y Celaya	
Localidades:	Saltillo				
A realizar durante el(los) año(s):	2018 y2019				
Participantes		Adscripción (Clave Depto.)	Expediente No.	Firma	
Responsable	Dra Leila Vásquez Siller	T G S	3664		
Colaborador:	Dr. Arturo Macera Rico	T G S	4185		
Colaborador:	M. c. Cristina Vega Sánchez	FIT	950		
Colaborador:	Dr. Miguel Ángel Ávila Perches	INIFAP			
Colaborador:					
Colaborador:					
		Grado por obtener	Matrícula	Firma	
Tesista:	Abraham Cordero García	M.P.T.G.S	41110464		
Programa Docente:					
Tesista:					
Programa Docente:					
Tesista:					
Programa Docente:					
	Vo. Bo.		Autoriza		
Firma y sello					
Nombre	D.r. Alfonso López Benítez Jefe de Departamento		Dr. Armando Robledo Olivo Subdirector de Programación y Evaluación		

Cada Jefe de Departamento deberá dejar copia para su archivo

1.-Título del proyecto

Presupuesto solicitado:

<p>Incidencia de <i>Sporisorium reilianum</i>, en Semilla de Maíz Acondicionada con Fungicidas Sintéticos</p>	<p>\$60, 000.00</p>
---	---------------------

2.- Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es la principal fuente de alimentación humana en América. Se utiliza en más formas que cualquier otro cereal como alimento humano y para ganado, y para propósitos industriales. De la industrialización del maíz se obtienen importantes subproductos utilizados como materias primas para la fabricación de telas, papel, cosméticos, materiales de lavandería, sazónadores, jarabes, saborizantes, botanas, galletas y cerveza. En América Latina se han descrito cerca de 220 razas de maíz, de las cuales 64 (29%) se han identificado, y descrito en su mayoría, para México (Sánchez *et al.* 2000). De las 64 razas que se reportan para México, 59 se pueden considerar nativas y 5 que fueron descritas inicialmente en otras regiones. Para el período 2009-2010 la producción mundial de maíz se estima en 794.04 millones de toneladas. México es uno de los principales países productores de maíz ocupando el quinto lugar a nivel mundial, con una producción de 22.6 millones de toneladas (SIAP, 2014). En este sentido la producción de los estados de Sinaloa, Jalisco, Guerrero, Michoacán, México, Veracruz y Guanajuato, aportan poco más del 50% de la producción nacional. El maíz, como cualquier otro cultivo está expuesto a factores que le causan pérdidas en producción como son las condiciones ambientales, el potencial de producción, la fertilidad del suelo, la genética de cultivares y la acción sinérgica de diferentes plagas y enfermedades. En el caso de enfermedades el maíz es atacado por 130 enfermedades en los trópicos, comparadas con 85 que ocurren en los ambientes templados. En México, el maíz es atacado por diversos grupos de enfermedades, los cuales son; Pudriciones de las raíces, generalmente ocasionados por los hongos del género *Fusarium* y *Phyitium*; Pudrición del tallo, ocasionado por hongos y bacterias, muy a menudo en forma combinada, los principales géneros de hongos son *Diplodia*, *Fusarium* y *Gibberella*, bacterias como *Erwinia* spp, *Pseudomonas* spp y *Xanthomonas*; Tizones ocasionados por *Phyllosticta maydis*, *Exserohilum turcicum*, *Hypochoyus sasakii* (*Rhizoctonia solani*); Manchas foliares ocasionados por *Helminthosporium carbonum*, *Curvularia lunata*, *Physoderma maydis*, *Cercospora zea maydis*; Royas ocasionado por *Puccinia sorghi*, *Puccinia polysora* y *Physopella zea*. Y Carbones como son *Ustilaginoidea virens*, *Ustilago maydis*, *Claviceps gigantea* y *Sphacelotheca reiliana* (FAO, 2001). Entre las enfermedades fúngicas del maíz ya mencionadas, destaca el carbón de la espiga ocasionado por *Sporisorium reilianum*. Los síntomas distintivos del carbón de la espiga es la aparición de soros en la espiga y mazorca. Las espigas y las mazorcas de las plantas infectadas son reemplazadas por soros. Cada soro esta inicialmente cubierto por una membrana que finalmente al secarse se rompe para exponer una masa seca de teliosporas (Munkvold y White, 2016). El carbón de la espiga por el hongo *Sporisorium reilianum*, presente en varios países con incidencias que van del 7.6% al 80%. El carbón de la espiga nunca ha sido una enfermedad devastadora, pero causa pérdidas importantes en el rendimiento en casi todas las regiones maiceras. En este contexto se han reportado pérdidas del 7.6% en Nueva

Zelanda (Wright *et al.*, 2006), del 30-80% en Nepal (Pradhanang y Ghimire, 1996), del 31.35% en Minnesota (Stienstra, *et al.*, 1985) y del 70% en Kenya (Njuguna, 1998).

En México, el carbón de la espiga ha tenido mayor importancia en la zona del Bajío, donde ha ocasionado pérdidas de hasta el 30%. Sin embargo, esta problemática se ha extendido a los estados del altiplano del país como Hidalgo y México afectando a una gran cantidad de maíces criollos e híbridos comerciales (Martínez y Ledesma, 1990). En 1988, en el estado de Hidalgo se reportaron pérdidas de hasta el 50% de la superficie sembrada con híbridos susceptibles (Aguirre, 1988, citado por Quezada, 2010).

Las principales formas de transmisión de teliosporas de *Sporisorium reilianum* se dan a través del viento, maquinaria agrícola, animales y principalmente por semilla, así mismo infestando nuevas áreas de cultivo o incrementando el ya existente en ellas (SAGARPA, 2016). Una de las estrategias de control para el carbón de la espiga es el tratamiento a semillas con fungicidas sistémicos y el uso de híbridos resistentes a dicha enfermedad, ya que se han observado materiales con endospermo blanco y amarillo susceptibles al ataque del carbón de la espiga con un porcentaje del 92.3 % y de 041.7% de infección en plántulas de maíz (Quezada, 2010).

Considerando lo antes mencionado, se presenta el proyecto de investigación el cual involucra los siguientes objetivos.

#### Objetivos

##### **Objetivo general**

- Determinar la efectividad biológica de fungicidas sistémicos para controlar la infección de plántula de maíz por *Sporisorium reilianum*.

##### **Objetivos específicos**

1. Determinar *in vitro* la efectividad biológica de diversos fungicidas para eliminar la viabilidad de teliosporas de *Sporisorium reilianum*.
2. Determinar *in vivo* la efectividad biológica de fungicidas aplicados a la semilla en diversos genotipos de maíz y en diferentes niveles de inóculo del fitopatógeno.

#### Hipótesis

La aplicación de fungicidas en semilla reduce el porcentaje de incidencia de infección de *Sporisorium reilianum* en plántulas de maíz.

#### 3.-Revisión de Literatura

El maíz es la forma domesticada de la gramínea silvestre mexicana conocida como teocintle (*Zea mexicana*). Es una planta de porte robusto y de hábito anual; el tallo es simple, erecto, de elevada longitud alcanzando alturas de 2 a 6 m, con pocos macollos o ramificaciones, su aspecto recuerda al de una caña por la presencia de nudos y entrenudos y su médula esponjosa. Las hojas nacen en los nudos de manera alterna a lo largo del tallo; se encuentran abrazadas al tallo mediante la vaina que envuelve el entrenudo y cubre la yema floral, de tamaño y ancho variable. Las raíces primarias son fibrosas presentando además raíces adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta

(Jugenheimer, 1988).

El maíz es el cultivo agrícola más importante, desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social. (Barkin, 2003). Es una de las principales fuentes de alimentación humana en América. Se utiliza en más formas que cualquier otro cereal como alimento humano y para ganado, y para propósitos industriales. Cada parte de la planta tiene valor económico, el grano, las hojas, el tallo, las espiguillas y aún el raquis. Los recientes usos del maíz en la industria incluyen la fabricación de plásticos, edulcorantes y etanol. La zeína, una proteína con propiedades termoplásticas, se usa para producir cintas adhesivas, linóleo y esmaltes. Actualmente, la semilla se refina para producir jarabes de alta fructosa, combustible y bebidas a base de alcohol, glucosa, dextrosa y almidón.

### **Producción Mundial**

Para el período 2009-2010 la producción mundial de maíz se estima en 794.04 millones de toneladas. Los principales países productores de maíz son, en orden de importancia: Estados Unidos de Norteamérica (329.05 millones de ton), China (160 millones de ton), la Unión Europea (55.87 millones de ton), Brasil (52 millones de ton), México (22.5 millones de ton), India (18.5 millones de ton), Argentina (14 millones de ton) y Sudáfrica (10.5 millones de ton); de los cuales se obtiene el 83.42% de la producción mundial. La producción anual de Estados Unidos de Norteamérica representa cerca del 41.43% del total mundial y se ha mantenido relativamente constante en los últimos años.

### **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).

### **Factores que limitan el rendimiento del maíz**

El maíz, como cualquier otro cultivo está expuesto a factores que le causan pérdidas en producción como son las condiciones ambientales, el potencial de producción, la fertilidad del suelo, la genética de cultivares y la acción sinérgica de diferentes plagas (malezas, enfermedades e insectos). En lo que se refiere a las enfermedades, todas las partes del maíz son susceptibles a un cierto número de ellas, las cuales reducen la capacidad de la planta para crecer de manera normal y, pueden producir en última instancia, la pérdida de la cosecha de grano. Una de estas enfermedades es el carbón de la espiga por el hongo *Sporisorium reilianum*, presente en varios países con incidencias que van del 7.6% al 80% (Aquino *et al.*, 2011).

### **Agente causal y ciclo de la enfermedad**

El carbón de la espiga del maíz (*Zea mays* L.), es causado por el hongo *Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae* (Kühn) Langdon y Fullerton (*Basidiomycota*, *Ustilaginaceae*), sinónimo *Sphacelotheca reiliana* (Kühn) Clinton. Este

hongo se reproduce mediante teliosporas, las cuáles son de forma esférica a subesférica, de color café oscuro, equinuladas, con un diámetro de 6.4 a 11  $\mu$ . Cuando las teliosporas germinan dan origen a un basidio, el cual da origen a basidiosporas unicelulares saprofiticas. El crecimiento esporidial ocurre en varios medios de cultivo, pero el crecimiento filamentoso se ha observado solo en la planta hospedante (Wilson y Frederiksen, 1970).

El principal síntoma de la enfermedad es el desarrollo de soros en la mazorca y/o panoja, los cuales sustituyen la formación de grano y polen ocasionando pérdidas en la producción (Njuguna, 1998; Baggett y Kean, 1989). Un soro es una masa compacta de teliosporas, cubierto con una delgada membrana de color blanca a grisácea la cual al madurar se rompe y libera las teliosporas.

El hongo *S. reilianum* inverna como teliosporas en el suelo y ocasionalmente sobre la semilla. La supervivencia del hongo se ve favorecida en suelos con bajo contenido de humedad más que en los húmedos (Matyac y Kommedahl, 1986). Cuando se presentan las condiciones óptimas de temperatura y humedad del suelo para el desarrollo de las teliosporas, éstas germinan dando origen a un filamento corto llamado promicelio o probasidio, en el cual el núcleo diploide migra y experimenta la meiosis dando como resultado cuatro células, cada una con un núcleo haploide. Estas células dan origen a basidiosporas, las cuales dan origen a otras y así sucesivamente formando cadenas de células haploides denominadas esporidias. Las esporidias tienen la característica de poseer tipos de acoplamiento opuestos (+ y -), generalmente producidos en igual número (Ingold, 1994; Téféri *et al.*, 1989; Baier y Krüger, 1962). Esporidias con tipos de acoplamiento opuesto se unen dando origen a hifas infectivas dicarióticas (binucleadas). Estas hifas dicarióticas infectan a las plántulas de maíz vía mesocotilo o raíz (Martinez *et al.*, 2002; Martinez *et al.*, 2000; Fowler, 1985) e invaden sistémicamente los tejidos del meristemo y el tejido floral indiferenciado (Martínez *et al.*, 1999; Matyac, 1985; Fullerton, 1970).

### **Importancia del Carbón de la Espiga**

El carbón de la espiga causa pérdidas importantes en el rendimiento en casi todas las regiones maiceras. En este contexto se han reportado pérdidas del 7.6% en Nueva Zelanda (Wright *et al.*, 2006), del 30-80% en Nepal (Pradhanang y Ghimire, 1996), del 31.35% en Minnesota (Stienstra, *et al.*, 1985) y del 70% en Kenya (Njuguna, 1998).

En México el carbón de la espiga es un problema severo sobre todo en el suroeste de la República, en localidades que varían de 1500-1800 msnm. La enfermedad está presente en los estados de Jalisco, Nayarit, Michoacán y Guanajuato. Recientemente, *S. reilianum* se detectó con considerable incidencia en los Valles Altos de 1800 a 2600 msnm de los estados de México e Hidalgo. El incremento en la superficie con problemas de carbón, ejemplo de ello es el Valle del Mezquital, Hgo., donde en el año de 1998 se registraron 16.6 ha con carbón de la espiga del maíz y en 2003 ya existían 1275 ha con este problema (Pérez *et al.*, 2006). Para controlar la enfermedad, como medida de solución a corto plazo se han utilizado diferentes fungicidas sistémicos en tratamiento de semilla (Pérez *et al.*, 2006; Martínez y Ledesma, 1990).

### **Control**

Debido a que el inóculo se encuentra en el suelo de cultivo, el control del carbón de la espiga se realiza

principalmente mediante el uso de cultivares resistentes y tratamiento a la semilla con fungicidas, en donde el principal objetivo es evitar la infección durante el desarrollo de la plántula. La rotación de cultivos es poco recomendable y cuestionable debido a que las esporas pueden sobrevivir en el suelo por 2, 3 o hasta 5 años (Wu *et al.*, 1981; Grisenko y Dudka, 1979; McDougall, 1941). Por otra parte, por razones económicas y ecológicas, el cultivo de variedades resistentes es el principal medio de control, el uso de fungicidas como propiconazole, tebuconazole, carboxin, difeconazole y carboxin+captán ha resultado ser efectivo para reducir el porcentaje de infección por carbón de la espiga cuando la aplicación se realiza a la semilla, reduciendo hasta en un 60% de incidencia del carbón de la espiga de maíz (Quezada, 2010).

#### 4.- Procedimiento Experimental

### **1. Objeto específico: Determinar *in vitro* la efectividad biológica de diversos fungicidas para eliminar la viabilidad de teliosporas de *Sporisorium reilianum*.**

#### **1.1. Ensayos preliminares**

##### **1.1.1. Determinación de contenido de inóculo en 1 gr de *Sporisorium reilianum***

De manera preliminar se realizará un conteo de las teliosporas, el cual se hará una solución madre con 1gr de teliospora en 100ml de agua. Se tomarán cuatro muestras de 1 ml, posteriormente las muestras se vaciarán en tubos empendor para ser centrifugadas en una centrifugadora a 3000 mil revoluciones/min durante 5 minutos. Las muestras se someterán a una cámara de hematocitometro y se hará la lectura en 4 campos para su conteo.

##### **1.1.2 Determinación de viabilidad**

Para la viabilidad se harán cuatro repeticiones, de la cual se tomará una alícuota de la solución madre. Se depositará 1 ml por caja Petri con medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA). Las cajas se incubarán en oscuridad a 25 °C por 48, 72 y 96 h. Se cuantificará el total de teliosporas germinadas en cuatro campos del microscopio de luz en 40X. Los resultados se compararán con los resultados del ensayo anterior para ajustar el número de teliosporas por gramo y teliosporas viables por gramo.

##### **1.2 Ensayo de efectividad biológica de fungicidas *in vitro***

Se evaluará el efecto de cuatro fungicidas los cuales son: Carboxil, Carboxuil+Captan, Difeconazole y Propiconazole sobre la inhibición de germinación y formación de colonias de *S. reilianum*. Cada fungicida se probará en 3 dosis: alta(1.5x), recomendada (1.0x) y baja (0.5x), adicionado a medio papa-dextrosa-agar (PDA), para cada tratamiento se contará con cuatro repeticiones.

Se preparará una suspensión de 50 000 teliosporas de *S. reilianum* por mL en agua destilada estéril. Posteriormente se evaluarán tres niveles de inóculo 0.5, 1.0 y 1.5 mL de dicha suspensión por caja con PDA mezclado con fungicida, cada alícuota se distribuirá uniformemente sobre el medio de cultivo con un triángulo de vidrio estéril. Las cajas se incubarán por 96 h en oscuridad a 25 °C. La efectividad de los fungicidas se determinará en base al número de teliosporas germinadas y colonias desarrolladas en ese lapso de tiempo. El porcentaje de inhibición de la germinación y desarrollo de colonias para cada dosis se calculará con respecto al porcentaje de germinación del testigo. Se cuantificará el total de teliosporas.

### 1.3 Análisis estadístico

Se utilizará un diseño completamente al azar con arreglo factorial. En el que los factores principales son:

A. Fungicida

B. Dosis

C. Nivel de inoculo

Las comparaciones de medias se efectuarán mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), con el paquete estadístico SAS (1999) bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + E_{ijkl}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, A$

$j = 1, 2, \dots, B$

$k = 1, 2, \dots, C$

$Y_{ijkl}$  = Número de tratamientos en la  $ijkl$ -ésima unidad experimental.

$\mu$  = Efecto de la media general del experimento.

$\alpha_i$  = Efecto verdadero de los  $i$ -ésimos fungicidas (A).

$\beta_j$  = Efecto verdadero de los  $j$ -ésimos dosis (B).

$\gamma_k$  = Efecto verdadero del  $k$ -ésimo nivel de inoculo (C).

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto verdadero de la interacción de la  $i$ -ésima fungicidas con la  $j$ -ésima dosis (AB).

$(\alpha\gamma)_{ik}$  = Efecto verdadero de la interacción de la  $i$ -ésima fungicidas con el  $k$ -ésimo nivel de inoculo (AC).

$(\beta\gamma)_{jk}$  = Efecto verdadero de la interacción de la  $j$ -ésima dosis con el  $k$ -ésimo nivel de inoculo (BC).

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = Efecto verdadero de la interacción de la  $i$ -ésima fungicidas con la  $j$ -ésima dosis y el  $k$ -ésimo nivel de inoculo (ABC).

$E_{ijkl}$  = Error experimental en la  $ijkl$ -ésima unidad experimental.

#### 2.- Ensayos de efectividad biológica *in vivo* de fungicidas aplicados a la semilla de diversos genotipos de maíz

Se utilizarán semillas de cuatro razas de maíces mexicanos de endospermo blanco, rojo, azul y <sup>amarillo</sup> amarillo, así mismo se usarán cuatro híbridos de INIFAP, los cuales se someterán a pruebas de fisiológicas y pruebas fitosanitarias.

##### 2.1 Pruebas fisiológicas y fitosanitarias de los genotipos a utilizar en los bioensayos

- Los diferentes genotipos de maíz se someterán a pruebas de germinación, para determinar el porcentaje de germinación.
- Para la detección de hongos fitopatógenos se realizará la prueba de papel secante y congelación según CIMMYT.
- Para la detección de bacterias se realizarán pruebas con medios de cultivos generales y específicos y

pruebas bioquímicas para la identificación géneros y especies de bacterias.

## **2.2 Ensayos de efectividad biológica del mejor fungicida *in vivo*.**

Se probarán el mejor fungicida, en tres diferentes dosis: alta(1.5x), recomendada (1.0x) y baja (0.5x). La cantidad requerida del fungicida (en sus diferentes dosis) se medirá o pesará y adicionará por separado a 100 g de semilla tratada con previa húmeda al 2% de agua y contenida en bolsas de polietileno. Las bolsas se agitarán vigorosamente por 5 min para lograr la distribución uniforme del fungicida y se secarán por 24 h a 22 °C. Semilla sin tratar se usará como testigo.

### **2.2 Inoculación del patógeno**

Para la inoculación del patógeno se usarán dos ensayos, los cuales serán por medio de capsulas de gel y otro será por medio de semilla contaminada.

#### **2.2.1.-Inoculación por capsulas**

El suelo será infectado por medio de capsulas de gelatina rígida del número 1, se llenarán con 500 mg de teliosporas y se depositarán junto a semillas de maíz al momento de la siembra en macetas. Se colocará una cápsula por semilla, y se sembrarán en macetas con suelo a una profundidad de 2 cm. Se utilizarán cuatro repeticiones, cada repetición será de 3 macetas de 20x30cm por tratamiento con 20 semillas cada una.

#### **2.2.2.- Inoculación por contaminación por semilla**

Las semillas se sumergirán en una suspensión de 1% carboximetilcelulosa de sodio y  $1.7 \times 10^8$  teliosporas mL<sup>-1</sup> semillas tratadas previamente con el fungicida y sin tratar; después de 1 min, se recuperarán, secarán a 22 °C por 24 h y se sembrarán en macetas con suelo a una profundidad de 2 cm. Se utilizarán cuatro repeticiones, cada repetición será de 3 macetas (cuatro macetas) de 20x30cm por tratamiento con 20 semillas cada una.

### **2.3.-Evaluación**

El porcentaje de plántulas infectadas, registrado en los diferentes tratamientos, se determinará mediante la detección de micelio de *S. reilianum* 25 d después de la siembra. Para esto se realizarán cortes transversales del mesocotilo con navaja de afeitar en el microscopio estereoscópico. Las secciones se teñirán con azul de algodón al 0.5 % en lactofenol por 3 min, se colocarán en una solución de safranina al 1 % en etanol 70 % por 1 min, y se lavarán en glicerol al 70 % por 1 min. Las secciones se montarán en glicerol al 70 % y se examinarán en un microscopio compuesto (40X).

### **2.4.-Análisis estadístico**

Se utilizará un diseño completamente al azar con arreglo factorial. En el que los factores principales son:

- A. Ocho genotipos
- B. Tres dosis de un mejor plaguicida
- C. Tipo de inculo de las más germinadas

Las comparaciones de medias se efectuarán mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), con el paquete estadístico SAS (1999), bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + E_{ijkl}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, A$      $j = 1, 2, \dots, B$      $k = 1, 2, \dots, C$

$Y_{ijkl}$  = Número de tratamientos en la  $ijkl$ -ésima unidad experimental.

$\mu$  = Efecto de la media general del experimento.

$\alpha_i$  = Efecto verdadero de los  $i$ -ésimos ocho genotipos (A).

$\beta_j$  = Efecto verdadero de los  $j$ -ésimos tres dosis de un mejor plaguicida (B).

$\gamma_k$  = Efecto verdadero del  $k$ -ésimo tipo de inoculo de las más germinadas (C).

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto verdadero de la interacción de la  $i$ -ésima ocho genotipos con la  $j$ -ésima tres dosis de un mejor plaguicida (AB).

$(\alpha\gamma)_{ik}$  = Efecto verdadero de la interacción de la  $i$ -ésima ocho genotipos con el  $k$ -ésimo tipo de inoculo de las más germinadas (AC).

$(\beta\gamma)_{jk}$  = Efecto verdadero de la interacción de la  $j$ -ésima tres dosis de un mejor plaguicida con el  $k$ -ésimo tipo de inoculo de las más germinadas (BC).

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = Efecto verdadero de la interacción de la  $i$ -ésima ocho genotipos con la  $j$ -ésima tres dosis de un mejor plaguicida y el  $k$ -ésimo tipo de inoculo de las más germinadas (ABC).

$E_{ijkl}$  = Error experimental en la  $ijkl$ -ésima unidad experimental.

Cronograma de Actividades para el 2018.

Actividad	2018												2019											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Revisión de literatura	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							
Pruebas preliminares	x	x	x	x																				
Determinación de viabilidad				x	x																			
Ensayo de efectividad biológica <i>in vitro</i>					x	x	X																	
Toma de datos						x	x																	
Pruebas físicas y fitosanitarias de los genotipos			x	x	x	x	x	x																
Ensayos de efectividad <i>in vivo</i>									x	x														
Toma de datos										x	x	x												
Análisis de estadístico													x	x	x									
Resultados y discusión													x	x	x									
Redacción del borrador														x	x	x								
Elaboración de artículo													x	x										
Revisión de Tesis y aprobación															x	x	x							
Presentación de examen de grado																			x					

Cronograma de distribución de presupuesto para el 2018 (en miles de pesos).

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pruebas fitosanitarias y fisiológicas de semillasde laboratorio				5	5	5						
Pruebas in vitro de efectividad biológica de fungicidas laboratorio	1	1	6	5	5	5						
Pruebas in vitro de efectividad biológica de fungicidas laboratorio				1	1				5	5		
Edición y difusión de información científica y tecnológica							5				5	

Duración total del proyecto

Año de Inicio	2018	Año estimado de conclusión	2019
---------------	------	----------------------------	------

5.-Productos Esperados

- Dos artículos, un poste y una Tesis de maestría

6.-Literatura Citada

- Aguirre, B. M. 1988. Validación del maíz de riego H-135 en el Distrito de Desarrollo Rural 063 de Mixquiahuala, Hgo., En: Primera Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Hidalgo. INIFAP. Pachuca, Hidalgo, México.
- Aquino MJG, Sánchez FA, González HA y Sánchez PJR. 2011. Resistencia de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays*) a *Sporisorium reilianum* y su rendimiento de grano. *Revista Mexicana de Fitopatología* 29:39-49.
- Baggett, J. R., and Kean, D. 1989. Reduction of plant height by head smut infection in sweet corn cultivars. *HortScience* 24:497-499.
- CESAVEM. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México. 2016. Carbón de la Espiga del Maíz (*Sporisorium reilianum* = *Sphacelotheca reiliana*). 2016. Disponible en [www.cesavem.org](http://www.cesavem.org) (consultado en noviembre 2017)
- Jugenheimer, R. W. 1988. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa. México. 841 p.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 201. Disponible en [www.fao.org](http://www.fao.org) (consulta, noviembre 2017).
- Martinez, R. J. L., y Ledesma, M. J. 1990. Control químico del carbón de la espiga *Sphacelotheca reiliana* (Kühn) Clint. del maíz, en el Valle de Zapopan, Jalisco. *Rev. Mex. Fitopatol.* 8:68-70.
- Munvold PG. Y White GD. 2016. Compendium of Corn Diseases. Fourth Edition. The American Phytopathological Society. Minnesota, USA. 165p.
- Njuguna, J. G. M. 1998. Potential for control of head smut caused by *Sphacelotheca reiliana* in CIMMYT maize germplasm. Sixth East. South. Africa Reg. Maize Conf. NARC Muguga, Nairobi, Kenya. pp. 67-68.
- Pérez, C. J. P., Bobadilla, M. M., Velásquez, C. G., Zacatenco, G. M. A., y Espinoza, C. A. 2006. Logros y aportaciones de la investigación en maíz de riego en el Valle del Mezquital, Hidalgo. pp. 55-65. En: Memorias de veinte años de investigación y desarrollo tecnológico. Campo Exptl. Pachuca, Hidalgo, INIFAP, Pachuca, México. pp: 55-65.
- Pradhanang, P. M., and Ghimire, S. R. 1996. Fungicide management of maize head smut (*Sphacelotheca reiliana*) by seed treatment. *Trop. Agric.* 73:325-328.
- Quezada S A. 2010. Selección de Germoplasma de Maíz Resistente al Carbón de la Espiga del Maíz (*Sporisorium reilianum* f. sp. *zea*), en los Valles Altos de México. (Tesis de Doctorado en Ciencias). Colegio de Postgraduados, México.
- Sánchez J, J., M. M. Goodman y C. W. Stuber. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the Races of maize of México. *Economic Botany.* 54(1): 43-59.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2014. Disponible en [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx) (consultado en

septiembre de 2014)

- Stienstra, W. C., Kommedahl, T., Stromberg, E. L., Matyac, C. A., Windels, C.E., and Morgan, F. 1985. Suppression of Corn head smut with seed and soil treatments. *Plant Dis.* 69:301-302.
- Wu, X., Pang, Z., Tian, L., and Hu, J. 1981. On the environmental factors affecting infection and cultural measures of controlling corn head smut. *Acta Phytophylacica Sin.* 8:41-46.