

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



PROTECCIÓN FITOSANITARIA DE SEMILLA DE MAÍZ (*Zea mays* L.)
ACONDICIONADA PARA VIDA DE ANAQUEL CON FUNGICIDAS
SINTÉTICOS

Tesis

Que presenta ABRAHAM CORDERO GARCÍA
como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN TECNOLOGIA DE GRANOS Y SEMILLAS

Saltillo, Coahuila

Noviembre 2019

PROTECCIÓN FITOSANITARIA DE SEMILLA DE MAÍZ (*Zea mays* L.)
ACONDICIONADA PARA VIDA DE ANAQUEL CON FUNGICIDAS
SINTÉTICOS

Tesis

Elaborada por ABRAHAM CORDERO GARCÍA como requisito parcial para
obtener el grado de Maestro en Tecnología de Granos y Semillas con la
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dra. Leila Minea Vásquez Siller
Asesor Principal



Dr. Arturo Mancera Rico
Asesor



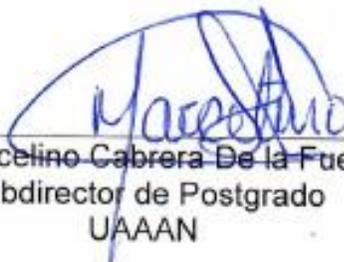
M.C. Ma. Cristina Vega Sánchez
Asesor



Dr. Miguel Ángel Ávila Perches
Asesor



Dr. Antonio Flores Naveda
Asesor



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado
UAAAN

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme brindado el apoyo económico en realizar mi estudios en maestría.

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 García Dimas (+), Petra Galicia Sánchez (+), Rafael Cordero López y Rufina Calderón García, por sus sabios consejos de seguir adelante.

A la Dra. Leila Minea Vásquez Siller, por guiarme desde mis primeros días en la maestría 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.

Al Dr. Arturo Mancera Rico por ser parte de este equipo de trabajo, por el apoyo en el laboratorio y el conocimiento brindado a esta investigación y revisión de la misma.

A la MC. María Cristina Vega Sánchez por ser parte de este equipo de trabajo y por la revisión y sugerencias realizadas a esta investigación.

Al Dr. Miguel Ángel Ávila Perches, por su tiempo y paciencia, por los conocimientos en mi estancia académica en el Campo Experimental Bajío INIFAP, 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 su vida.

Al Dr. Antonio Flores Naveda, por su tiempo, consejos, apoyo y sobre todo por su amistad brindada durante todo este tiempo.

Al Dr. Armando Muñoz Urbina por todo el tiempo, paciencia y conocimientos aportados en la interpretación de la investigación y sugerencias realizadas a la presente investigación.

A todos mis profesores, técnico y personal administrativo de la Maestría Profesional en Tecnología de Granos y Semillas, por todo el conocimiento brindados que estoy seguro que me ayudará mucho en mi vida personal y profesional.

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 extrañe 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. Ellos han sido un ejemplo de vida y de amor.

A MIS AMIGOS:

Merari Sujey Vázquez López, Yaneth Pacheco Juárez, Iván Rubisel Bautista Gómez, Rubén Lecona García, Simeón Martínez de la Cruz, Felicito Díaz Vázquez, Enrique Adame León, Berni Cruz Roblero, Isaí López Calderón que estuvieron a mi lado; por las sorpresas que vivimos y las metas logradas en conjunto.

*“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”*

Índice General

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	v
RESUMEN	xii
Abastract.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
HIPÓTESIS.....	3
Hipótesis alternativa:	3
Hipótesis nula:	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Importancia del Maíz	4
Importancia económica.....	4
Producción mundial	5
Producción nacional	5
Descripción del Maíz	6
Descripción taxonómica del maíz	6
Descripción botánica	7
Tallo.....	7
Inflorescencia	7
Hojas	7
Raíces	8
Etapas fenológicas del cultivo de maíz.....	8
Germinación y emergencia (VE)	9
Etapas vegetativas tempranas (V1 – V5)	9
Etapas vegetativas intermedias (V6 a VT)	10
Etapa de aparición de los estigmas (R1).....	10
Etapa de ampolla (R2).....	10
Etapa de grano lechoso (R3).....	11
Etapa de grano masoso (R4)	11

Etapa de grano dentado (R5)	11
Etapa de grano maduro (R6).....	11
Agronomía del cultivo del maíz y sus limitantes	12
Agronomía del cultivo de maíz.....	12
Preparación del terreno	12
Periodos de siembra.....	12
Temperatura óptima	12
Fertilización	13
Limitantes del cultivo de maíz.....	13
Plagas	13
Enfermedades	13
Enfermedades asociadas a semillas de maíz.....	14
Enfermedades de maíz transmitidas por semilla	15
Tratamiento a semillas de maíz	15
MATERIALES Y METODOS.....	17
Materiales utilizados	17
Material genético. Morfometría de la semilla de genotipos de maíz.	17
Características cualitativas del grano	17
Características cuantitativas del grano	17
Fungicidas	18
Operaciones preliminares para realizar los bioensayos correspondientes a los objetivos específicos uno y dos de esta investigación.....	18
Tratamiento químico a cada genotipo de semilla de maíz	18
Acondicionamiento de semilla de genotipos de maíz .con envejecimiento acelerado.....	21
Determinación la efectividad biológica de cuatro fungicidas sintéticos en la vida de anaquel de semilla de cinco híbridos de maíz, para controlar hongos fitopatógenos asociados a la misma.	22
Prueba de sanidad.....	22
Análisis estadístico	23
Determinación el efecto fisiológico del acondicionamiento para vida de anaquel de semilla de cinco híbridos de maíz con cuatro fungicidas sintéticos.....	25
Prueba fisiológica	25

Análisis estadístico	27
Establecimiento la asociación entre los parámetros fitosanitarios y fisiológicos estudiados, para determinar el o los mejores tratamientos para conservar la calidad de la semilla de maíz en la vida de anaquel.....	28
Análisis de Conglomerados (AC).....	28
Análisis de componentes principales (ACP)	30
Variables evaluadas (Moreno 1996).....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
Características morfométricas de la semilla de los genotipos estudiados.....	33
Determinación de la efectividad biológica de cuatro fungicidas sintéticos en la vida de anaquel de semilla de cinco híbridos de maíz, para controlar hongos fitopatogénos asociados a la misma.	34
Pruebas de media de Tukey para el factor genotipo.	34
Determinación del efecto fisiológico del acondicionamiento para vida de anaquel de semilla de cinco híbridos de maíz con cuatro fungicidas sintéticos.....	37
Pruebas de media de Tukey para el factor genotipo.	37
Establecimiento de la asociación entre los parámetros fitosanitarios y fisiológicos estudiados, para determinar el o los mejores tratamientos para conservar la calidad de la semilla de maíz en la vida de anaquel.	39
Análisis de conglomerados (AC)	39
Análisis de conglomerados (AC) de Sanidad	39
Análisis de Componentes Principales. (ACP) de Sanidad.....	42
Análisis de conglomerados (AC) Fisiológico	45
Análisis de Componentes principales (ACP) Fisiológicos.	47
Análisis de conglomerados (AC) de los análisis Fisiológicos y de Fitosanidad.....	50
Principales de los análisis Fisiológicos y de Fitosanidad.....	54
CONCLUSIONES	58
BIBLIOGRAFIA	60
ANEXO	64

Lista de Cuadros

Cuadro 1 Etapas vegetativas y reproductivas.....	9
Cuadro 2. Fungicidas utilizados en el bioensayo para determinar sus efectos en los parámetros de calidad fitosanitaria y fisiológica de semilla de maíz.	19
Cuadro 3. Numerología de tratamientos para estimar los efectos de fungicidas sintéticos en parámetros de calidad fitosanitaria y fisiológica en semilla de maíz.	32
Cuadro 4. Características morfológicas cualitativas de cinco híbridos de semilla de maíz.	33
Cuadro 5. Incidencia de hongos fitopatógenos en semilla de maíz de diversos genotipos	35
Cuadro 6. Efectividad biológica de fungicidas en el control de hongos fitopatógenos en semilla de maíz.....	36
Cuadro 7. Efecto de las dosis de fungicidas en la incidencia de hongos fitopatógenos en semilla de maíz.....	36
Cuadro 8. Desarrollo fisiológicas en los diferentes genotipos de semilla de maíz	37
Cuadro 9. Efecto de diferentes fungicidas en el desarrollo fisiológico de semilla de maíz	38
Cuadro 10. Efecto de diferentes dosis de aplicación de fungicidas en el desarrollo fisiológico.....	39
Cuadro 11. Incidencia de hongos fitopatógenos en semilla de maíz en los nueve grupos obtenido en el análisis de conglomerados.	41
Cuadro 12. Valores y vectores propios de tres componentes principal de las cinco variables fitosanitarias evaluadas en 70 tratamientos de semilla de maíz.	42
Cuadro 13. Correlación y niveles de significancia para variables de sanidad..	43
Cuadro 14. Desarrollo fisiológicas de los 9 grupos obtenido en el Análisis de Conglomerados.....	47
Cuadro 15. Valores y vectores propios de tres componentes principales de las variables de semilla de maíz.	48
Cuadro 16. Promedios de las variables de la interacción Fisiológica y Fitosanitaria de los nueve grupos obtenido en el Análisis de Conglomerados.....	53
Cuadro 17. Valores y vectores propios de tres componentes principal de 12 variables evaluadas en 70 tratamientos de los parámetros fisiológicos y fitosanitarios	54

Lista de Figuras

Figura 1. Desarrollo de la plántula de maíz desde la etapa VE a V5.	10
Figura 2. Granos de maíz en la etapa R3.	11
Figura 3. Beneficios del tratamiento químico. Tomada de syngenta.....	16
Figura 4. Preparación del tratamiento químico	20
Figura 5. Aplicación del fungicida	20
Figura 6. Figura 6. Semilla tratada en una secadora a 25°C	21
Figura 7. Prueba de envejecimiento acelerado. A) Semillas de maíz tratadas puestas en canastillas de plástico. B) Vasos de precipitado con los diferentes tratamientos sometidos a envejecimiento acelerado.	22
Figura 8. Siembra de semilla en MSA e incubadas en una cámara germinadora.	23
Figura 9. Siembra de semillas de maíz sometidas a envejecimiento acelerado.	25
Figura 10. Prueba de germinación de semillas de maíz.	26
Figura 11. A) Emergencia de radícula. B) Plántula anormal. C) Plántulas normales y semilla sin germinar.....	27
Figura 12. Promedios de las características de granos.	34
Figura 13. Dendograma de grupos de diversas similitudes para las variables fitosanitarias.....	40
Figura 14. Distribución de 5 variables con su peso sobre los dos primeros componentes principales.	44
Figura 15. Agrupación de los 70 tratamientos en base a los dos primeros componentes principales de las variables fitosanitarias.....	45
Figura 16. Dendograma de diversas similitudes formados en el análisis de conglomerados para las variables de fisiológicas.	46
Figura 17. Distribución de 7 variables con su peso sobre los dos primeros componentes principales de las variables fisiológicas.	49
Figura 18. Agrupación de los 70 tratamientos en base a los dos primeros componentes principales.	50

Figura 19. Dendograma de grupos de diversas similitudes formados en el análisis de conglomerados para las variables fitosanitarias y fisiológicas.....	51
Figura 20. Distribución de 12 variables con su peso sobre los dos primeros componentes principales.	56
Figura 21. Agrupación de los 70 tratamientos en base a los dos primeros componentes principales.	57

RESUMEN

PROTECCIÓN FITOSANITARIA DE SEMILLA DE MAÍZ (*Zea mays* L.)
ACONDICIONADA PARA VIDA DE ANAQUEL CON FUNGICIDAS
SINTÉTICOS.

POR

ABRAHAM CORDERO GARCÍA

MAESTRIA EN TECNOLOGIA DE GRANOS Y SEMILLAS
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DRA. LEILA MINEA VÁSQUEZ SILLER - ASESOR

Saltillo, Coahuila

Noviembre 2019

El maíz (*Zea mays* L.) es la principal fuente de alimentación humana en América, utilizándose más que cualquier otro cereal como alimento humano, para alimento ganado, y para propósitos industriales. Para el período 2016-2017 México ocupó el 8° lugar en producción a nivel mundial con 27.8 millones de toneladas. Entre las limitantes de la producción de maíz están las enfermedades ocasionadas por hongos fitopatógenos asociados a semilla las cuales usualmente son controladas con fungicidas sintéticos. El presente trabajo estudió los efectos de fungicidas sintéticos en la vida de anaquel de la semilla de maíz, considerando su calidad fitosanitaria y fisiológica. Se realizaron estudios preliminares para determinar las características cualitativas y cuantitativas de la semilla de los genotipos de maíz a utilizar en la investigación, realizándose un análisis de varianza y pruebas de medias para dichas determinaciones. Se evaluaron cuatro fungicidas: Triadimenol 15%, Thiram 42%, Carboxin 34% y Carboxin 17% + Thiram 17%, con tres dosis: baja, media y alta, en cinco genotipos de maíz híbrido: CI2AL-17, CI3AL-17, CI5L-17, CI3BL-17 y CI7L-16, producidos por BIDASSEM®. Para las pruebas Fisiológicas se utilizaron cuatro repeticiones con 25 semillas cada una para determinar plantas normales (PN), plantas anormales, (PA), semillas sin germinar (SSG), vigor (VIG) longitud de plúmula (LP), Longitud de radícula (LR) y peso seco (PS). Para las pruebas fitosanitarias, se analizaron microbiológicamente utilizando 5 semillas con 4 repeticiones sembradas en MSA (malta sal agar) e incubadas a 25°C durante 7 días, para determinar el número de géneros de hongos fitopatógenos (NGHF), cuantificándolos al analizar individualmente las semillas. Se aplicaron dos tipos de análisis estadísticos: análisis de varianza analizando variables fitosanitarias y fisiológicas con un diseño completamente al azar con arreglo factorial, en el que los factores principales fueron: Genotipo, Fungicida, Dosis y comparaciones de medias con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), en el programa SAS (V.9.1). Adicionalmente se realizaron análisis multivariados que incluyeron un análisis de componentes principales (CP) y de conglomerados (AC) con una prueba de medias para los grupos formados, en este último, utilizando la prueba de Tukey (0.05) con el El maíz (*Zea mays* L.) es la principal

fuentes de alimentación humana en América, utilizándose más que cualquier otro cereal como alimento humano, para alimento de ganado, y para propósitos industriales. Para el período 2016-2017 México ocupó el 8° lugar en producción a nivel mundial con 27.8 millones de toneladas. Entre las limitantes de la producción de maíz están las enfermedades ocasionadas por hongos fitopatógenos asociados a semilla las cuales usualmente son controladas con fungicidas sintéticos. El presente trabajo estudió los efectos de fungicidas sintéticos en la vida de anaquel de la semilla de maíz, considerando su calidad fitosanitaria y fisiológica. Se realizaron estudios preliminares para determinar las características cualitativas y cuantitativas de la semilla de los genotipos de maíz a utilizar en la investigación, realizándose un análisis de varianza y pruebas de medias para dichas determinaciones. Se evaluaron cuatro fungicidas: Triadimenol 15%, Thiram 42%, Carboxin 34% y Carboxin 17% + Thiram 17%, con tres dosis: baja, media y alta, en cinco genotipos de maíz híbrido: CI2AL-17, CI3AL-17, CI5L-17, CI3BL-17 y CI7L-16, producidos por BIDASSEM®. Para la calidad fisiológica se utilizaron pruebas de germinación y de vigor, utilizando cuatro repeticiones con 25 semillas cada una para determinar plantas normales (PN), plantas anormales, (PA), semillas sin germinar (SSG), vigor (VIG) longitud de plúmula (LP), Longitud de radícula (LR) y peso seco (PS). Para las pruebas fitosanitarias, se analizaron microbiológicamente utilizando 5 semillas con 4 repeticiones sembradas en MSA (malta sal agar) e incubadas a 25°C durante 7 días, para determinar el número de géneros de hongos fitopatógenos (NGHF), cuantificándolos al analizar individualmente las semillas. Se aplicaron dos tipos de análisis estadísticos: análisis de varianza analizando variables fitosanitarias y fisiológicas con un diseño completamente al azar con arreglo factorial, en el que los factores principales fueron: Genotipo, Fungicida, Dosis y comparaciones de medias con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), en el programa SAS (V.9.1). Adicionalmente se realizaron análisis multivariados que incluyeron un análisis de componentes principales (CP) y de conglomerados (AC) con una prueba de medias para los grupos formados, en este último, utilizando la prueba de Tukey (0.05) con el paquete estadístico Minitab 16 (2009). Los estudios preliminares

de la morfometría de la semilla revelaron que tenemos semilla de tipo dentado, cristalino y semicristalino; con una superficie dentada y redonda de color blanco y amarillo. En las determinaciones de la efectividad biológica de cuatro fungicidas sintéticos en vida de anaquel de semilla de cinco híbridos de maíz para controlar hongos fitopatógenos asociados a la misma, los géneros detectados fueron: *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Alternaria*, presentando diferencias estadísticamente significativas en la incidencia de infección en semilla ($P=0.001^*$) de manera diferencial respecto a los tres factores principales analizados. Respecto a la incidencia en semilla de cada género mencionado, el genotipo CI2AL-17 fue el más tolerante en la incidencia de NGHF (1.51); en los tratamientos el fungicida Carboxin 17% + Thiram 17% en dosis 0.76mL/100g de semilla fue el que mejor controló la incidencia de NGHF con un 0.70 y un 1.54 respectivamente. En el caso de *Fusarium*, el fungicida que fue más eficiente en controlarlo fue Triadimenol 15%, en una dosis de 1 mL/100 g de semilla en los genotipos C17L-16 y CI2AL-17. En el caso de *Penicillium*, el fungicida que fue más eficiente en controlarlo fue Carboxin 17% + Thiram 17%, a una dosis de 0.76 mL/100 de semilla, en el genotipos CI3BL-17. Para *Aspergillus*, los fungicidas que fueron más eficientes en controlarlo fueron Carboxin 34% y Carboxin 17% + Thiram 17%, a una dosis de 0.88 y 0.76 mL/100g de semilla, respectivamente en el genotipos CI5L-17. Para *Alternaria*, los fungicidas que fueron más eficientes en controlarlo fueron Carboxin 34% y Carboxin 17% + Thiram 17%, a una dosis de 0.88 y 0.76 mL/100g de semilla, respectivamente en el genotipos CI2AL-17. El análisis de Conglomerados determinó la interacción entre las variables fitosanitarias estudiadas formando nueve grupos de tratamientos con diferentes grados de similitud, entre los cuales, el grupo siete presentó el mejor control en Número de Géneros de Hongos Fitopatógenos (NGHF) con una incidencia de 0.42, en dicho grupo *Fusarium* incidió con 10%, *Penicillium* incidió con 0.56%; *Aspergillus* y *Alternaria* tuvieron 0% de incidencia. Tales resultados se generaron en dicho grupo siete, debido a los efectos de los tratamientos incluidos en el, los cuales consistieron de los genotipos CI3AL-17, CI3BL-16, CI7L-16 y CI2AL-17 y el fungicida Carboxin 17%

+ Thiram 17% en sus 0.76, 0.51 y 0.26mL/100g. El ACP, reveló que existe una correlación positiva entre ($r= 0.451^{**}$) NGHF y *Aspergillus*, sin embargo se presentó una correlación negativa entre *Fusarium* y los tres géneros de hongos encontrados. Los análisis fisiológicos de la semilla acondicionada con fungicidas revelaron a través del análisis de Conglomerados que con la interacción de las variables fisiológicas formaron ocho grupos de tratamientos, entre los cuales el grupo dos presentó el más alto porcentaje de plantas normales (86.45%) y de vigor (87.09%), el cual está conformado por los genotipos CI3BL-17, CI7L-16 y CI2A-L-17; el plaguicida Thiram 42%, Carboxin 34% y Carboxin 17% + Thiram 17% en dosis 0.47, 0.88 y 0.76 mL/100g de semilla, respectivamente. El ACP, reveló que existe una correlación negativa ($r=-0.789^{**}$) entre PN y PA. Respecto a la asociación entre los parámetros fitosanitarios y fisiológicos estudiados, para determinar el o los mejores tratamientos para conservar la calidad de la semilla de maíz en la vida de anaquel, el análisis de Conglomerados formó ocho grupos de tratamientos, entre los cuales, el grupo dos que incluyó el fungicida Thiram 42%, Carboxin 34% y Carboxin 17% + Thiram 17% en dosis de media y baja, en los genotipos CI5L-17, CI3BL-17, CI7L-16 y CI2AL-17, conservó los parámetros de calidad fitosanitaria y fisiológica satisfactoriamente, ya que redujo la incidencia en semilla de NGHF, a un promedio de 2.15 y presentó la germinación en un rango aceptable de 86.45%, de plantas normales. El ACP, indicó asociaciones estadísticamente significativas entre variables fisiológicas y fitosanitarias estudiadas. *Fusarium*, *Alternaria* y *Penicillium* se correlacionaron negativamente con la germinación de plantas normales, lo cual explica que los fungicidas de este estudio tienen un efecto de disminución en la micoflora transportada en la semilla de maíz de los genotipos estudiados.

Palabra clave: semilla, maíz, envejecimiento, fungicidas

Abstract

PHYTOSANITARY PROTECTION OF CORN SEED (*Zea mays* L.)
CONDITIONED FOR ANAQUEL LIFE WITH SYNTHETIC FUNGICIDES.

BY

ABRAHAM CORDERO GARCÍA
MASTER IN TECHNOLOGY OF GRAINS AND SEEDS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DRA. LEILA MINEA VÁSQUEZ SILLER –Advisor

Saltillo, Coahuila

November 2019

Corn (*Zea mays* L.) is the main source of human food in America, using more than any other cereal as human food, livestock and for industrial products. For the 2016-2017 period, Mexico ranked 8th in production worldwide with 27.8 million tons. Among the limitations of maize production there are diseases caused by phytopathogenic fungi associated with seeds, which are usually controlled with synthetic fungicides. This paper studied the effects of synthetic fungicides on the shelf life of corn seeds, considering their phytosanitary and physiological quality. Four fungicides were evaluated: Triadimenol 15%, Thiram 42%, Carboxin 34% and Carboxin 17% + Thiram 17%, with three doses: low, medium and high, in five hybrid corn genotypes: CI2AL-17, CI3AL-17, CI5L-17, CI3BL-17 and CI7L-16, produced by BIDASSEM®. For physiological quality, germination and vigor tests were used, four repetitions with 25 seeds each were used to determine normal plants (NP), abnormal plants, (AP), non-germinated seeds (NGS), vigor (VIG) length of plumule (LP), Radicle length (RL) and dry weight (DR). For phytosanitary tests, they were analyzed microbiologically using 5 seeds with 4 repeats sown in ASM (agar salt malt) and incubated at 25 ° C for 7 days, to determine the number of phytopathogenic fungal genera (NPFNG); quantifying them by individually analyzing the seeds, which were expressed as a percentage. Two types of statistical analysis were applied: analysis of variance analyzing multiple phytosanitary and physiological variables, with a completely randomized design with factorial arrangement, in which the main factors were: Genotype, Fungicide, Dose and media comparisons with the Tukey test ($\alpha = 0.05$), in the SAS program (V.9.1). In addition, multivariate analyzes are analyzed, which include a principal component (PC) and cluster analysis (CA) with a means test for the groups formed, in the latter, using the Tukey test (0.05) with the Minitab 16 statistical package (2009). Preliminary studies of seed morphometry revealed that we have dentate, crystalline and semicrystalline type seeds; with a serrated and round surface of white and yellow color. In the determinations of the biological effectiveness of four synthetic fungicides in the life of the seed shelf of five corn hybrids to control phytopathogenic fungi associated with it, the genera detected were: *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*

and *Alternaria*, presenting statistically significant differences in incidence of seed infection ($P = 0.001$ *) differentially with respect to the three main factors analyzed. Regarding the incidence in seed of each mentioned genus, the CI2AL-17 genotype was the most tolerant in the incidence of NPFG (1.51); in the treatments the fungicide Carboxin 17% + Thiram 17% at a dose of 0.47 mL / 100 g of seed was the one that best controlled the incidence of NPFG with 0.70 and 1.54 respectively. In the case of *Fusarium*, the fungicide that was most efficient in controlling it was Triadimenol 15%, at a dose of 1 mL / 100 g of seed in genotypes C17L-16 and CI2AL-17. In the case of *Penicillium*, the fungicide that was most efficient in controlling it was Carboxin 17% + Thiram 17%, at a dose of 0.76 mL / 100 g of seed in the CI3BL-17 genotypes. For *Aspergillus*, the fungicides that were most efficient in controlling it were Carboxin 34% and Carboxin 17% + Thiram 17%, at a dose of 0.88 and 0.76 mL / 100g of seed, respectively in the CI5L-17 genotypes. For *Alternaria*, the fungicides that were most efficient in controlling it were Carboxin 34% and Carboxin 17% + Thiram 17%, at a dose of 0.88 and 0.76 mL / 100g of seed, respectively in the CI2AL-17 genotypes. The Clusters analysis determined the interaction between the phytosanitary variables studied, forming nine treatment groups with different degrees of similarity, among which, group seven presented the best control in the Number of Phytopathogenic Fungus Genres with an incidence of 0.42, in said group *Fusarium* had a 10% impact, *Penicillium* had a 0.56% impact *Aspergillus* and *Alternaria* had 0% incidence; said group which was formed by the genotypes CI3AL-17, CI3BL-16, CI7L-16 and CI2AL-17 and the fungicide Carboxin 17% + Thiram 17% in its three doses: high, medium and low. The ACP, revealing that there is a positive correlation between ($r = 0.451$ **) NPFG and *Aspergillus*, however there was a negative correlation between *Fusarium* and the three genera of fungi found. The physiological analyzes of the seed conditioned with fungicides revealed through the analysis of Clusters that with the interaction of the physiological variables they formed eight treatment groups, among which group two presented the highest percentage of normal plants (86.45%) and vigor (87.09%), which is made up of genotypes CI3BL-17, CI7L-16

and CI2A-L-17; the pesticide Thiram 42%, Carboxin 34% and Carboxin 17% + Thiram 17% in doses 0.47, 0.88 and 0.76 mL / 100g of seed, respectively. The APC revealed that there is a negative correlation ($r = -0.789^{**}$) between NP and AP. Regarding the association between the phytosanitary and physiological parameters studied, to determine the best treatment to preserve the quality of corn seed in the shelf life, the cluster analysis formed eight treatment groups, among which, the group two that included the fungicide Thiram 42%, Carboxin 34% and Carboxin 17% + Thiram 17% in medium and low doses, in the genotypes CI5L-17, CI3BL-17, CI7L-16 and CI2AL-17, retained the quality parameters Phytosanitary and physiological successfully, since it reduced the incidence in NPFG seed, to an average of 2.15 and presented germination in an acceptable range of 86.45%, of normal plants. The APC indicated statistically significant associations between physiological and phytosanitary variables studied. *Fusarium*, *Alternaria* and *Penicillium* were negatively correlated with the germination of normal plants, which explains that the fungicides of this study have a diminishing effect on the micoflora transported in the corn seed of the studied genotypes.

Keyword: seed, corn, aging, fungicides

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, sazonadores, jarabes, saborizantes, botanas, galletas y cerveza. Para el período 2017-2018 la producción mundial de maíz se estimó en 1025.6 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. 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 *Phyium*; 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*, *Hypochochonus 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*.

Entre las enfermedades fúngicas del maíz usualmente se inician con las infecciones detectadas en el endospermo del grano principalmente en el escutelo causado por especies de hongos clasificados como “hongos de campo” principalmente por el género *Fusarium verticilloides* otros contaminantes externos ocasionados por los denominados “hongos de almacén” principalmente *Aspergillus* spp., y *Penicillium* spp., además por los comúnmente conocidos como saprófitos del genero *Mucos* spp., y *Rhizopus* spp. Ciertas enfermedades fungosas 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 factores adecuados de temperatura y humedad ocasionan además la pronta muerte del embrión con lo cual la semilla pierde su viabilidad siendo más susceptibles aquellas variedades de endospermo muy amiláceo. El tratamiento de semillas provee protección durante las etapas críticas de germinación y establecimiento del cultivo cuando las semillas y las plántulas emergentes no tienen la capacidad de protegerse por sí mismas contra los patógenos y plagas invasoras. Este consiste en aplicar el plaguicida (insecticida, fungicida, bactericida, nematocida) directamente sobre la semilla para que el producto forme una barrera protectora, después se siembra y cuando la raíz emerge se va absorbiendo el ingrediente activo del producto y con ello se da protección a las plantas cultivadas en sus primeras etapas de desarrollo.

Considerando lo antes mencionado, el presente trabajo de investigación involucra los siguientes objetivos.

Objetivo general

Determinar la calidad fitosanitaria y fisiológica de semilla de maíz acondicionada para vida de anaquel con fungicidas sintéticos

Objetivos específicos

1. Determinar la efectividad biológica de cuatro fungicidas sintéticos en la vida de anaquel de semilla de cinco híbridos de maíz, para controlar hongos fitopatógenos asociados a la misma.
2. Determinar el efecto fisiológico del acondicionamiento para vida de anaquel de semilla de cinco híbridos de maíz con cuatro fungicidas sintéticos.
3. Establecer la asociación entre los parámetros fitosanitarios y fisiológicos estudiados, para determinar el o los mejores tratamientos para conservar la calidad de la semilla de maíz en la vida de anaquel.

HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa:

La aplicación de fungicidas sintéticos reduce la incidencia de hongos fitopatógenos transportados en semilla de maíz, sin afectar la calidad fisiológica de la semilla en la vida de anaquel.

Hipótesis nula:

La aplicación de fungicidas sintéticos no reduce la incidencia de hongos fitopatógenos transportados en semilla de maíz, afectando la calidad fisiológica de la semilla en la vida de anaquel.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del Maíz

El maíz es la planta más domesticada y evolucionada del reino vegetal. El origen y la evolución del maíz es un misterio, por ello han propuesto varias hipótesis sobre el origen del maíz, una de las más acertadas es la que Ascherson en 1895 quien propuso la hipótesis de que el teosinte era el ancestro del maíz (Mangelsdorf y Reeves, 1939). Es generalmente aceptado el hecho de que el teosinte es el antecesor silvestre y/o allegado al maíz y que ha participado directamente en el origen del maíz cultivado. Por lo cual desde la época precolombina los antiguos pobladores hacían uso del teosinte y el maíz del que tal vez se bebían el jugo dulce de la caña. Por selección humana, se llegó a producir un maíz primitivo, que se consumía de diversas maneras. Una de ellas era sencillamente calentarlo hasta que la semilla explotara en la forma que hoy conocemos como “palomita de maíz” es probable que también se moliera hasta producir harina. Sin duda, el proceso de nixtamalización para la elaboración de la masa para tortillas y tamales es uno de los grandes logros de las culturas mesoamericanas, al favorecer la biodisposición del calcio, aminoácidos y la niacina (Vargas, 2007). Muchos países latinoamericanos consumen productos a base de masa de maíz, como sustituto del trigo. El valor nutricional que tiene es muy alto, pues proporciona vitaminas, hidratos de carbono, calcio, fósforo y potasio.

El maíz es el cultivo más importante, desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social ya que 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.

Importancia económica

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, para alimento de 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).

Producción mundial

El cultivo de maíz está en aumento en los últimos años por ser una industria bastante lucrativa (154.1 dls/ton) debido a que tiene muchos productos derivados. Para el período 2009-2010 la producción mundial de maíz se estimó en 794.04 millones de toneladas (FAO, 2008).

Para 2016/17, el 76 por ciento de la producción mundial de maíz se concentrará en cinco países: Estados Unidos, que participa con el 37 por ciento del total; China, que participa con alrededor de 21 por ciento; Brasil, con una participación cercana a 8 por ciento del total; y con menores participaciones se encuentran la Unión Europea y Argentina. México se encuentra en el séptimo lugar con una participación del 2.4 por ciento del total de la producción global.

México es uno de los principales países productores de maíz ocupando el séptimo lugar a nivel mundial, con una producción de 22.6 millones de toneladas (SIAP, 2014).

Producción nacional

La producción de grano de maíz se lleva a cabo en todos los Estados de la República donde el cultivo de maíz ocupa el primer lugar ocupando la mayor parte de la superficie de las áreas de las zonas destinadas a la agricultura, generando poco más de 72 mil millones de pesos, con más de 23 millones de toneladas producidas ese año (SAGARPA, 2016). No obstante, de los más de 30 millones de toneladas que se consumen anualmente, sólo el 71.9 por ciento es producido nacionalmente, es decir, que en el país hay un déficit de un poco más del 28 por ciento del consumo nacional aparente. 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.

Descripción del Maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es la forma domesticada proveniente de la gramínea silvestre mexicana conocida como teocintle (*Zea perennis*) México es el centro de origen del maíz debido a que aquí se concentra la mayor diversidad de maíz del mundo y aquí han evolucionado y viven sus parientes silvestres, los teocintles, y otro conjunto de gramíneas relacionadas, especies del género *Tripsacum* (maicillos). Es una planta dotada de una amplia capacidad de respuesta a las oportunidades que ofrece el medio ambiente y tiene alto nivel de respuesta a los efectos de la luz. Actualmente existe una diversidad de variedades útiles para su cultivo bajo condiciones naturales muy distintas de las propias de su hábitat original.

Descripción Taxonómica del Maíz

Clasificación taxonómica (Valladares, 2010).

Reino: Plantae

Sub Reino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Sub Familia: Panicoideae

Tribu: Maydeae

Género: *Zea*

ESPECIE: *Zea mays* L.

Descripción botánica

Tallo

Es erguido, sencillo y nudoso. Tiene surcos longitudinales en la parte inferior. Tiene una altura de unos 2 metros (lo más común aunque hay de mayor altura) con una serie de entrenudos de unos 16 cm. El primer tallo que emerge de la semilla se llama mesocotilo, que se alarga más o menos según la profundidad de siembra, al final de este tallo se forma la corona y luego el tallo final y las raíces (Jugenheimer, 1988).

Inflorescencia

El maíz es una planta monoica, en la cual se distinguen dos tipos inflorescencias la masculina (panoja) y femenina (espiga) separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, La inflorescencia femenina (mazorca) puede formar alrededor de 400 a 1000 granos arreglados en promedio de 8 a 24 hileras por mazorca; todo esto encerrado en numerosas brácteas o vainas de las hojas (totomoxtle), los estilos largos saliendo de la punta del raquis como una masa de hilo sedoso se conocen como pelo de elote; el jilote es el elote tierno. Por las características mencionadas el maíz es una planta de polinización abierta (anemófila) propensa al cruzamiento, la gran mayoría de los granos de polen viajan de 100 a 1000 m (Jugenheimer, 1988).

Hojas

Las hojas son alternas, abrazadoras, anchas, paralelinervias, lanceoladas y ásperas. Su longitud es de 40-45 cm y 6-8 cm de anchura. El número es constante para cada variedad. La planta tiene de 4 a 5 hojas embrionarias que van protegidas hasta que salen a la superficie por el coleoptilo, que se rompe

saliendo la primera hoja. Las hojas están compuestas por las siguientes estructuras:

- a) Vaina: se origina a partir de un nudo del tallo, envolviendo prácticamente al internudo superior.
- b) Lámina: se origina a partir de la vaina, comprendiendo la vena central, un conjunto de venas paralelas a ésta y el tejido intracelular.
- c) Lígula: corresponde a una lengüeta membranosa y transparente; se sitúa en la parte terminal de la vaina, justamente en el punto en que comienza a desarrollarse la lámina.

Raíces

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. Tiene tres tipos de raíces que son los siguientes:

- a) Seminales: Nacen en la semilla después de la radícula para afirmar la planta. No son permanentes.
- b) Permanentes: En este grupo están incluidas las principales y secundarias. Estas nacen por encima de las primeras raicillas en una zona llamada corona. Este grupo constituye el llamado sistema radicular principal.
- c) Adventicias: Nacen de los nudos inferiores del tallo y actúan de sostén en las últimas etapas del crecimiento, absorbiendo a la vez agua y sustancias nutritivas.

Etapas fenológicas del cultivo de maíz

La fenología del cultivo de maíz depende de las condiciones climatológicas del ambiente en donde se desarrolla, por lo tanto los investigadores asumen que el cultivo alcanza una etapa específica cuando al menos el 50% de las plantas presentan las características correspondientes, las etapas de crecimiento en dos grandes categorías (Cuadro 1): Vegetativa (V) y Reproductiva (R), (CONACYT, 2003).

Cuadro 1 Etapas vegetativas y reproductivas

Etapas vegetativas		Etapas reproductivas	
VE	Emergencia	R1	Aparición de los estigmas
V1	Primera hoja	R2	Etapa de ampolla
V2	Segunda hoja	R3	Grano lechoso
V3	Tercer hoja	R4	Grano masoso
V(n)	Enésima hoja	R5	Grano dentado
VT	Aparición de las panojas	R6	Grano maduro

Germinación y emergencia (VE)

Después de su siembra, una semilla de maíz absorberá aproximadamente del 30 al 35% de su peso en agua (Méndez *et al.*, 2008). Después de que la radícula emerge, de tres a cuatro raíces adicionales emerge el mesocotilo, o primer nudo interno, se alarga y empuja la punta del coleóptilo hacia la superficie del suelo. Cuando el coleóptilo rompe la superficie del suelo, se ha producido la emergencia (VE) (Fig. 1). Luego de la emergencia del coleóptilo, el crecimiento del sistema de raíces seminales disminuye y luego se detiene aproximadamente en la V3 (Ritchie *et al.*, 1996).

Etapas vegetativas tempranas (V1 – V5)

Durante estas etapas hay una mínima elongación del tallo. Es visible el cuello de la primera hoja a la segunda hoja (Fig. 1), (CONACYT, 2003).

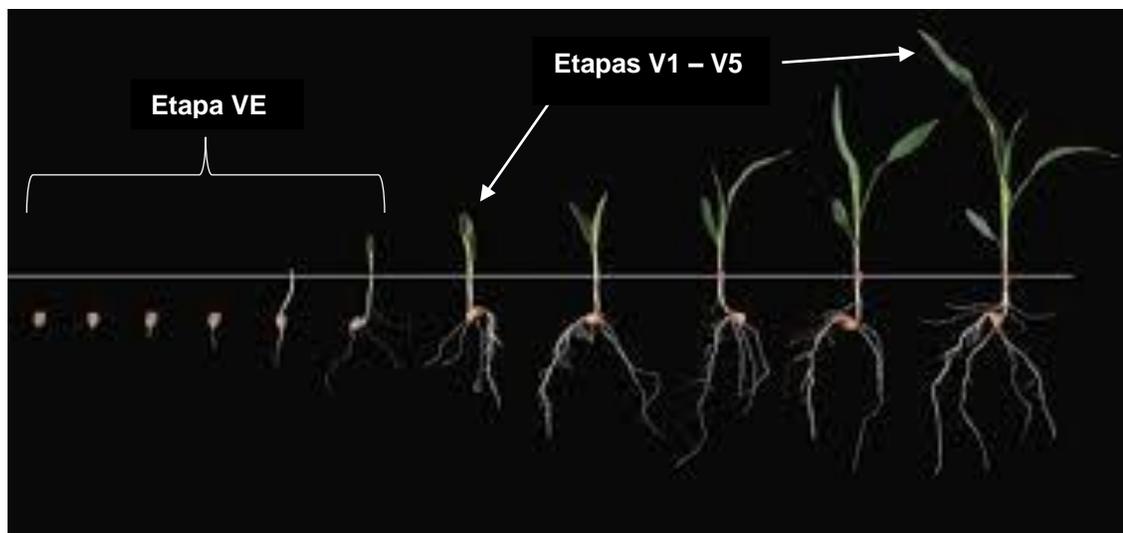


Figura 1. Desarrollo de la plántula de maíz desde la etapa VE a V5.

Etapas vegetativas intermedias (V6 a VT)

Durante estas etapas, las plantas de maíz comienzan un período de elongación del nudo interno muy rápida. Al llegar a la etapa VT la última rama de la panícula es completamente visible.

Etapas de aparición de los estigmas (R1)

La R1 ocurre cuando los estigmas son visibles. Una vez que un grano de polen cae en un estigma (polinización), se forma un tubo polínico, y lleva alrededor de 24 horas crecer el estigma hacia abajo hasta el óvulo. Una vez que alcanza el óvulo, se produce la fertilización y el óvulo se convierte en un grano (Troyer, 2009).

Etapas de ampolla (R2)

La R2 ocurre de 10 a 14 días después de la aparición de los estigmas. Los granos en desarrollo tienen alrededor del 85% de humedad, el endospermo y el fluido interno son claros. A medida que los granos se expanden, las glumas se vuelven menos visibles (Troyer 2009).

Etapas de grano lechoso (R3)

La R3 ocurre de 18 a 22 días después de la aparición de los estigmas cuando los granos se llenan con un líquido lechoso blanco. Los granos tienen alrededor del 80% de humedad. El embrión y el endospermo se pueden diferenciar visualmente en la disección (Fig. 2).



Figura 2. Granos de maíz en la etapa R3.

Etapas de grano masoso (R4)

La R4 ocurre de 24 a 28 días de la aparición de los estigmas, los granos tienen alrededor del 70% de humedad, y el líquido interior se espesa y forma una consistencia pastosa, como de masa. Los granos obtienen su color final y alrededor de la mitad de su peso seco maduro (CONACYT, 2003 y Troyer, 2009).

Etapas de grano dentado (R5)

La R5 ocurre de 35 a 42 días de la aparición de los estigmas. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado (CONACYT, 2003).

Etapas de grano maduro (R6)

La R6 ocurre de 60 a 65 días después de la aparición de los estigmas. La humedad de los granos es de aproximadamente el 35%, los granos se

consideran maduros fisiológicamente y han alcanzado su peso seco máximo (CONACYT, 2003).

Agronomía del cultivo del maíz y sus limitantes

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, lo cual origina el uso de diferentes prácticas agronómicas y la utilización de diversos insumos en dosis y épocas variables (SAGARPA, 2017).

Agronomía del cultivo de maíz

Preparación del terreno

Se recomienda que el barbecho debe de hacerse después de la cosecha anterior para facilitar la incorporación de los residuos de la cosecha y facilitar la penetración del agua y conservación de humedad de las lluvias invernales. Después del barbecho, se debe dar una rastra, para preparar el suelo para la siguiente siembra. Antes de la siembra se recomienda otro paso de rastra.

Periodos de siembra

Las fechas de la siembra del cultivo de maíz fluctúan del 15 de marzo al 30 de abril, en zonas de temporal eficiente en los valles altos como Hidalgo, Puebla, Toluca, mientras que en Sinaloa la siembra óptima para la producción de grano es del 25 de octubre al 30 de noviembre. Se recomienda una distancia entre surcos de 80 centímetros (cm), con una densidad de población de 70 mil plantas por hectárea (Perea, 2017).

Temperatura óptima

El cultivo de maíz requiere por lo general temperaturas de 18 a 26°C y un buen suministro de agua a través de su ciclo vegetativo, principalmente durante la floración. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir

de los 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C.

Fertilización

Se recomienda un abonado de suelo rico en Potasio (K) y Fósforo (P), para ello se emplea la fórmula 140-50-00 de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N-P-K) que se obtiene con 303 kg de urea + 109 kg de superfosfato de calcio triple. La aplicación del fertilizante se hace en forma fraccionada, utilizando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra. El resto del nitrógeno se aplica en la segunda labor ya sea en banda o mateado y separado unos 10 cm de la planta (Medina *et al.*, 2018).

Limitantes del cultivo de maíz

Plagas

De acuerdo a sus hábitos alimenticios las plagas de maíz, se pueden dividir en los siguientes grupos: los que se alimentan del follaje, los que atacan a la mazorca y las plagas de la raíz.(FAO 2010).Las plagas del follaje que pueden afectar el cultivo son: Trips (*Frankliniella williamsi*), frailecillo (*Macrodactylus sp.*), picudo de la hoja (*Geraeus senilis* y *Nicentrites testaseis*), pulgones (*Rhopalosiphum maidis* y *Rhopalosiphum padi*), araña roja (*Oligonychus mexicanus* y *Tetranychus sp.*) gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*) y gusano elotero (*Helicoverpa zea*). Las plagas de la raíz son la gallina ciega (*Phyllophaga sp.*), gusano de alambre (*Melanotus sp* y *Agriotes sp.*), y larvas de diabrótica (*Diabrotica spp.*).

Enfermedades

El grupo de enfermedades que atacan el cultivo de maíz se dividen en virus, bacterias y hongos. Los virus que afectan al maíz son numerosos, aunque en nuestro país están presentes: el virus del mosaico enanizante del maíz (*Maize dwarf mosaic virus*, MDMV), el virus del mosaico de la caña de azúcar

(*Sugarcane mosaic virus*, SCMV) y el virus del enanismo rugoso del maíz (*Maize rough dwarf virus*, MRDV). Recientemente han detectado la presencia de otro virus, el virus del moteado clorótico del maíz (*Maize chlorotic mottle virus*, MCMV) (Achon *et al.*, 2017).

Las principales enfermedades causadas por bacterias son, Pudrición de tallo bacteriana (*Erwinia chrysanthemi* pv. *zetae*, sin. *Erwinia carotovora* f. sp. *zetae*), Marchitez de Stewart (*Erwinia stewartii*, sin. *Pantoea stewartii*), Rayado foliar bacteriano (*Pseudomonas rubrilineans*, sin. *P. avenae*, *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*) y Pudrición de mazorca por *Cephalosporium* (*Acremonium strictum*, sin. *Cephalosporium acremonium*) (Agris 1998).

Los hongos fitopatógenos son un grupo que causan más problemas en el cultivo del maíz, entre las principales enfermedades fungosas son, Roya del maíz (*Puccinia sorghi*), Podredumbre de tallo y raíz (*Fusarium graminearum*, *Gibberella zetae*, *Scierotium bataticola*, *Macrophomifla phaseoli*, *Diplodia maydis*), Antracnosis (*Colletotrichum graminicola*), Podredumbre radicular (*Rhizoctoria bataticola*). Otra enfermedad de suma importancia causada por hongos es el Carbón de la espiga de maíz (*Sporisorium reilianum*) (Moctezuma *et al.*, 2019).

Enfermedades asociadas a semillas de maíz

Las enfermedades fungosas del maíz prácticamente se inician con las infecciones detectadas en el endospermos del grano principalmente en el escutelo causados por especies de hongos clasificados como “hongos de campo” principalmente por el género *Fusarium verticilloides* (Hernández, 2007) otros contaminantes externos ocasionados por los denominados “hongos de almacén” principalmente *Aspergillus* y *Penicillium* además por los comúnmente conocidos como saprófitos del genero *Mucos* y *Rhizopus*. Ciertas enfermedades fungosas 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 factores adecuados de temperatura y humedad, 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).

Enfermedades de maíz transmitidas por semilla

Las enfermedades que atacan el maíz en México son de origen fungoso, se encuentran diseminadas en todo el país, y su aparición está sujeta 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).

La semilla puede transmitir patógenos por la superficie y dentro de ella, como pueden ser bacterias, hongos y virus que infectan los tejidos internos. De igual manera se pueden transmitir insectos, nemátodos y esporas en reposo de algunos hongos como carbonos y esclerocios de *Claviceps* spp. (Rodríguez *et al.*, 2016).

En el maíz, los principales patógenos transmitidos por semilla son: tizón sureño de la hoja (*Helminthosporium maydis*), antracnosis foliar (*Glomerella graminicola*), mildiú veloso de punta loca (*Sclerophthora macrospora*), cornezuelo o diente de caballo (*Claviceps gigantea*), pudrición de la mazorca (*Giberella* spp. y *Fusarium* spp.), carbón de la espiga (*Sporisorium reilianum*), pudrición blanca de la mazorca (*Stenocarpella maydis*), marchites de Stewart (*Pantoea stewartii*), virus del moteado clorótico y virus del mosaico del enanismo (Mezzalama, 2013).

Tratamiento a semillas de maíz

El tratamiento de semillas provee protección durante las etapas críticas de germinación y establecimiento del cultivo cuando las semillas y las plántulas emergentes no tienen la capacidad de protegerse por sí mismas contra los patógenos y plagas invasoras. Este consiste en aplicar el plaguicida (insecticida, fungicida, bactericida, nematicida) directamente sobre la semilla para que el producto forme una barrera protectora, después se siembra y cuando la raíz emerge se va absorbiendo el ingrediente activo del producto y

con ello se da protección a las plantas cultivadas en sus primeras etapas de desarrollo (Castillo 2015).

Un buen tratamiento de semilla nos provee (Figura 3):

1. Salud mejorada de las plántulas
2. Aplicación objetiva y exacta
3. Protección para la semilla de alto valor
4. Un complemento a métodos más tradicionales de la protección del cultivo
5. Conveniencia al agricultor
6. Germinación de la semilla y emergencia de plántulas mejoradas
7. Óptimo establecimiento del cultivo y vigor de la planta

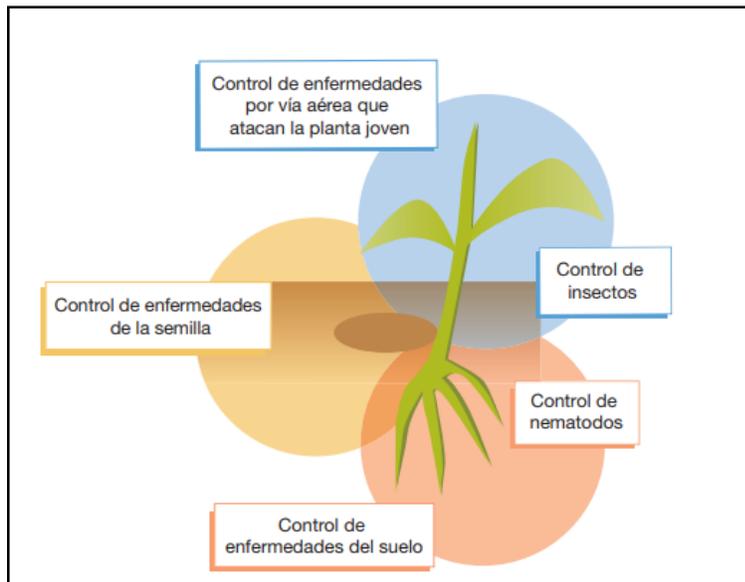


Figura 3. Beneficios del tratamiento químico. Tomada de syngenta

MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló en los laboratorios del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnologías de Semillas (CCDTS) de la sede de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), municipio de Saltillo, Coahuila, México.

Materiales utilizados

Material genético. Morfometría de la semilla de genotipos de maíz.

El material vegetativo utilizado en el experimento fueron cinco genotipos de semilla híbrida de maíz nombrados con las siguientes claves: CI5L-17, CI3AL-17, CI3BL-17, CI7L-16 y CI2AL-17 (Cuadro 1). Los cuales fueron proporcionados por la empresa BIDASEM® localizada en carretera, Celaya-Salamanca km2, C.P. 38040 Celaya, Guanajuato.

Características cualitativas del grano

Para las características cualitativas del grano se tomaron en cuenta el tipo de grano: harinoso, semiharinoso, dentado, semidentado, cristalino, semicristalino, reventador; Forma de la superficie del grano: contraído, dentado, plano, redondo, puntiagudo y muy puntiagudo; y color del grano: blanco, amarillo, anaranjado, rosado, morado, azul, rojo.

En los caracteres cuantitativos y cualitativos para la toma de las variables evaluadas se utilizaron los descriptores para maíz (IBPGR, 1991); La Guía Técnica para la Descripción Varietal (SNICS-SAGARPA, 2009) y El Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz (SNICS-CP, 2009).

Características cuantitativas del grano

Se consideraron las variables: peso, volumen y humedad. Para efectuar peso y volumen se realizaron tres repeticiones de 100 semillas por híbrido; el peso de grano se obtuvo utilizando una balanza analítica; el volumen (cc) se realizó con la ayuda de una probeta graduada de 100 ml (Sánchez *et al.*, 1993).

El contenido de humedad (%) del grano se estimó mediante un determinador de humedad manual (DICKY – John). Posteriormente se estandarizó el peso de grano al 12% de humedad con la siguiente fórmula:

$$Y = x (100 - P1) / (100 - P2)$$

Dónde:

- Y= peso de mazorca o grano al 12% de humedad
- x = peso de la semilla limpia
- P1= humedad obtenida
- P2= humedad estándar (12%)

Las dimensiones de longitud, ancho, y grosor del grano se determinaron con una muestra de 10 granos de cada repetición, con ayuda de una regla graduada en cm, expresando el promedio en mm (Fernández *et al.*, 2010; Rocandio *et al.*, 2014).

Fungicidas

El material químico que se utilizó en el experimento fueron cuatro plaguicidas sintéticos, los cuales fueron: Triadimenol 15%, Thiram 42%, Carboxin 34% y Carboxin 17% + Thiram 17%, proporcionados por la empresa BIDASSEM® localizada en carretera, Celaya Salamanca km2, 38040 Celaya, Guanajuato.

Operaciones preliminares para realizar los bioensayos correspondientes a los objetivos específicos uno y dos de esta investigación.

Tratamiento químico a cada genotipo de semilla de maíz

Para el tratamiento a la semilla se utilizaron los cuatro fungicidas mencionados anteriormente. Lo primero que se realizó fue determinar los tres niveles de dosis: alta (1.5x), media (1.0x) y baja (0.5x) (Cuadro 2) (Thomson, 1991), utilizando la siguiente fórmula $PN \frac{DN}{DA}$, para 100 gramos de cada genotipo de semilla híbrida de maíz.

Donde:

- PN: Producto necesario
- DN: Dosis necesaria
- DA: Dosis aplicada

Cuadro 2. Fungicidas utilizados en el bioensayo para determinar sus efectos en los parámetros de calidad fitosanitaria y fisiológica de semilla de maíz.

Nombre de ingrediente activo (nombre comercial)	Dosis (mL/100g)		
	Alta	Media	Baja
Triadimenol 15% (Baytan)	1.50	1.00	0.50
Thiram 42% (Interthiram)	0.47	0.31	0.16
Carboxin 34% (Viatavox 34F)	0.88	0.51	0.25
Carboxin 17% + Thiraam 17% (Vitavax 200)	0.76	0.51	0.26

Una vez que se obtuvieron los resultados de las dosis correspondientes por tratamiento, se prosiguió a medir y preparar las dosis (Fig. 4).



Figura 4. Preparación del tratamiento químico

Se aplicó el tratamiento químico a la semilla con sus dosis correspondientes con ayuda de una tratadora de laboratorio de la marca Gustafson modelo BLT y jeringas de insulina para tener medidas más exactas (Fig. 5). La tratadora se programó para hacer girar la semilla por 5 min para lograr cubrir toda la superficie de la semilla y su distribución del fungicida uniforme.



Figura 5. Aplicación del fungicida

Posteriormente la semilla tratada se colocó en charolas de papel aluminio y se colocó en una secadora por 24 h a 20 °C (Fig. 6). Semilla sin tratar se usará como testigo.



Figura 6. Semilla tratada en una secadora a 25°C

Acondicionamiento de semilla de genotipos de maíz .con envejecimiento acelerado.

Se aplicó el acondicionamiento con envejecimiento acelerado a la semilla para inducir un estado potencial de vida de anaquel. Se colocó en un vaso de precipitado de vidrio agua destilada en cantidad suficiente para cubrir el fondo (100 mL) y mantener una humedad relativa cercana a 100%. En cada vaso de precipitado con agua se colocó una canastilla de plástico con las semillas de cada tratamiento (Fig. 7A). Se cubrieron los vasos de precipitado con bolsas de plástico para crear un microclima. Posteriormente se sometieron a una cámara de envejecimiento acelerado, la cual estuvo a una temperatura de 42°C durante 96 horas (Fig. 7B) (Moreno, 1996). Después de haber transcurrido el periodo de envejecimiento acelerado las semillas se sometieron a pruebas fisiológicas y pruebas de sanidad.



Figura 7. Prueba de envejecimiento acelerado. A) Semillas de maíz tratadas puestas en canastillas de plástico. B) Vasos de precipitado con los diferentes tratamientos sometidos a envejecimiento acelerado.

Las anteriores prácticas realizadas sentaron las condiciones para realizar los siguientes bioensayos.

Determinación la efectividad biológica de cuatro fungicidas sintéticos en la vida de anaquel de semilla de cinco híbridos de maíz, para controlar hongos fitopatógenos asociados a la misma.

Prueba de sanidad

Se realizaron pruebas microbiológicas para detectar hongos en cada caja Petri con medio de cultivo Malta Sal Agar (MSA) se sembraron 5 semillas tratadas con el plaguicida y su dosis de cada tratamiento, con 4 repeticiones cada tratamiento. Una vez que se sembraron las semillas de cada tratamiento en las cajas Petri se colocaron en una cámara de germinación a 25°C durante 7 días (Warham et al., 1999), una vez transcurridos los 7 días se prosiguió a evaluar la

efectividad de cada tratamiento, para ello se contabilizó el número de géneros de hongos en cada tratamiento y se reportó en porcentaje (Fig. 8).



Figura 8. Siembra de semilla en MSA e incubadas en una cámara germinadora.

La identificación de los géneros de hongos se realizó mediante la observación de las características de las estructuras reproductivas y el uso de claves taxonómicas especializadas (Barnett y Hunter, 1998; Warham *et al.*, 1999).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con un diseño completamente al azar con arreglo factorial. En el que los factores principales fueron:

A) Genotipo B) Fungicidas C) Dosis

A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA), analizado con un 95% de incertidumbre. Se analizaron las muestras con el siguiente modelo lineal generalizado:

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

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.

μ = Efecto de la media general del experimento.

α_i = Efecto verdadero de los i -ésimos genotipos (A).

β_j = Efecto verdadero de los j -ésimos fungicidas (B).

γ_k = Efecto verdadero de la k -ésima dosis (C).

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto verdadero de la interacción del i -ésimo genotipo con el j -ésimo fungicida (AB).

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto verdadero de la interacción del i -ésimo genotipo con la k -ésima dosis (AC).

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto verdadero de la interacción de los j -ésimos fungicidas con la k -ésima dosis (BC).

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

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

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto verdadero de la interacción del i -ésimo genotipo con el j -ésimo fungicida (AB).

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto verdadero de la interacción del i -ésimo genotipo con la k -ésima dosis (AC).

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto verdadero de la interacción de los j -ésimos fungicidas con la k -ésima dosis (BC).

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

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

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

Prueba de medias de Tukey

Calcular la DMSH= $q(\alpha, T, gl \text{ error}) S\bar{x}$

Donde:

T= número de tratamientos

gl error= grados de libertad del error

α = nivel de significancia apropiado (0.05)

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{r}} = S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{CM \text{ error}}{no. rep}} = \text{Error estandar de la media}$$

Determinación el efecto fisiológico del acondicionamiento para vida de anaquel de semilla de cinco híbridos de maíz con cuatro fungicidas sintéticos.

Prueba fisiológica

Las semillas de maíz sometidas a envejecimiento acelerado se sometieron a una prueba estándar de germinación en papel anchor (50 x 25 cm). Se colocaron 4 repeticiones de 25 semillas separadas por espacios uniformes en las mitades superiores del papel húmedo (Fig. 9), las semillas se colocaron con el extremo de la radícula apuntando hacia la parte inferior del papel y el lado del embrión hacia arriba cubiertas con una capa de papel húmedo y hechos taquito (ISTA, 2005).

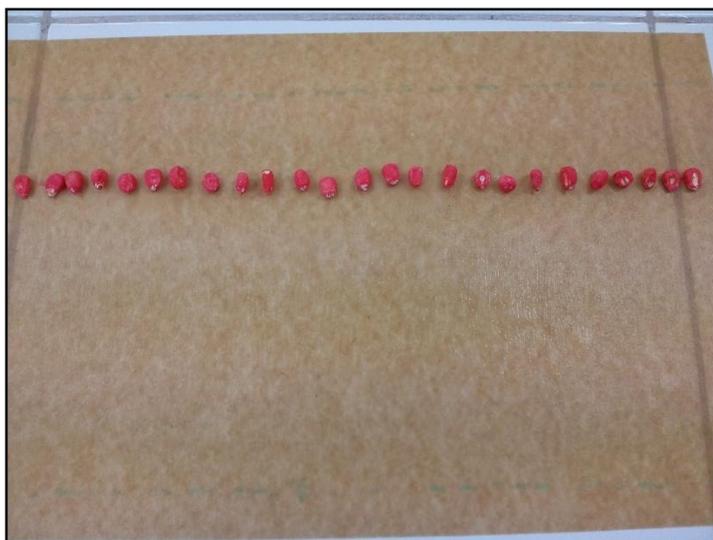


Figura 9. Siembra de semillas de maíz sometidas a envejecimiento acelerado.

Después de hacer los tacos, cada tratamiento se colocó en una bolsa de plástico con sus cuatro repeticiones. Las bolsas se dejaron abiertas en la parte superior y se colocaron verticalmente en la incubadora a 25°C (Fig. 10) (ISTA, 2005), del laboratorio de producción de semilla de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.



Figura 10. Prueba de germinación de semillas de maíz.

Se evaluó el vigor a los cuatro días, para ello se contaron las semillas que habían emitido su radícula y se reportó en porcentaje (Fig. 11 A). A los siete días se tomaron los datos de la prueba de germinación, se contabilizó el número de plántulas normales, plántulas anormales, semillas duras y semillas muertas en cada repetición de 25 semillas, de igual forma esta prueba se reportó en porcentaje (Fig. 11 B y C) (ISTA, 2005).

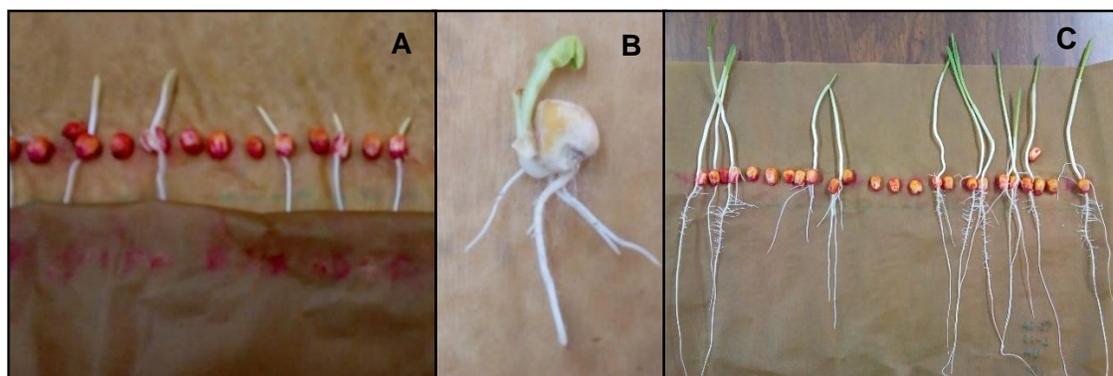


Figura 11. A) Emergencia de radícula. B) Plántula anormal. C) Plántulas normales y semilla sin germinar.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con un diseño completamente al azar con arreglo factorial. En el que los factores principales:

A) Genotipo B) Fungicidas C) Dosis

Los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA), analizado con un 95% de probabilidad. Se analizaron las muestras con el siguiente modelo lineal generalizado:

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

Donde:

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

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

μ = Efecto de la media general del experimento.

α_i = Efecto verdadero de los i -ésimos genotipos (A).

β_j = Efecto verdadero de los j -ésimos fungicidas (B).

γ_k = Efecto verdadero de la k -ésima dosis (C).

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto verdadero de la interacción del i -ésimo genotipo con el j -ésimo fungicida (AB).

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto verdadero de la interacción del i -ésimo genotipo con la k -ésima dosis (AC).

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto verdadero de la interacción de los j -ésimos fungicidas con la k -ésima dosis (BC).

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

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

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto verdadero de la interacción del i -ésimo genotipo con el j -ésimo fungicida (AB).

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto verdadero de la interacción del i -ésimo genotipo con la k -ésima dosis (AC).

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto verdadero de la interacción de los j -ésimos fungicidas con la k -ésima dosis (BC).

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

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

Adicionalmente se realizaron comparaciones de medias, mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), con el paquete estadístico SAS (1999).

Establecimiento la asociación entre los parámetros fitosanitarios y fisiológicos estudiados, para determinar el o los mejores tratamientos para conservar la calidad de la semilla de maíz en la vida de anaquel.

Para determinar la asociación entre variables, se aplicó un análisis multivariado con Minitab 16 (2009) donde se analizaron tipos de análisis: Análisis de Conglomerados (AC) y Análisis de Componentes principales (ACP).

Análisis de Conglomerados (AC)

Se realizó con el paquete computacional Minitab16 (2009), básicamente lo que el programa hace es una implementación del siguiente algoritmo.

1. Examina la matriz original ($n \times p$) conformada por n poblaciones y p variables.

2. Estandariza la matriz de datos originales ($n \times p$) con la siguiente fórmula para transformar los datos a distribución normal con media 0 y varianza 1

$$Z = \frac{(X - \bar{x})}{\sigma}$$

Donde:

Z = Es la observación transformada a unidades de desviación estándar.

X = Es el valor original a estandarizar.

\bar{x} = Es la media de la variable original.

σ = Es la desviación estándar de la variable original.

3. Estima la distancia euclidiana entre el par de poblaciones (i, j) con la siguiente fórmula.

$$E_{ij} \{ \sum_{k=1}^p (X_{ik} - X_{jk})^2 \}$$

Donde:

E_{ij} = Es la distancia entre la población i y la población j .

X_{ik} = Es el valor de la k -ésima variable sobre la i -ésima población.

Lo que da por resultado una matriz de distancias euclidiana en forma de matriz simétrica donde solo se escriben los elementos que están debajo de la diagonal principal.

4. Con la matriz simétrica y utilizando el procedimiento jerárquico, donde una población colocada en un grupo no puede ser agrupada en un paso posterior. El método jerárquico utilizado fue el de enlace completo para la obtención del Dendograma.
5. Examina la matriz simétrica de distancias euclidianas donde agrupa el par de poblaciones (i, j) que son más similares y las une en un nuevo grupo.
6. Forma una nueva matriz simétrica de distancias euclidiana para reflejar la supresión del par de poblaciones, i y j , que fueron unidos, enlazando la nueva población correspondiente al nuevo grupo hasta que las n

poblaciones estén en un solo grupo, finalmente se obtiene el Dendograma.

Análisis de componentes principales (ACP)

Es una técnica estadística que reduce el número de variables, evitando la menor cantidad de pérdida de información posible. En cuanto al análisis de componentes principales, Sánchez (1995) indica que el Análisis de Componentes Principales (ACP), consiste en transformar la serie de variables originales en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas llamadas componentes principales. Esas nuevas variables son combinaciones lineales de las variables originales y se derivan en orden decreciente de importancia (varianza), de tal manera que el primer componente principal es responsable de la mayor proporción posible de la variación con respecto a los datos originales. Sea X una matriz de orden $(n \times p)$, n poblaciones y p variables, de np observaciones correspondientes a los valores de p variables de cada una de n poblaciones de estudio. El ACP consiste en transformar un conjunto de variables x_1, x_2, \dots, x_p a un nuevo conjunto de variables y_1, y_2, \dots, y_p . Estas nuevas variables deben tener las propiedades siguientes.

1. Es una combinación lineal de las x 's. Por ejemplo, para el primer componente. $Y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1p}x_p = a_1'x$. Donde $x = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_p]$ es el vector de valores muestrales de las variables originales, y a_{ij} es el valor del j -ésimo elemento del vector característico a_1 asociado al valor característico más grande λ
2. En forma matricial para todos los componentes, $Y = XA$, en donde $Y =$ es la matriz de orden $n \times p$ de componentes principales; $A =$ una matriz de orden $p \times p$ de vectores característicos y $X =$ es la matriz de orden $n \times p$ de observaciones.
3. La suma de cuadrados de los coeficientes a_{ij} para cada i ($j=1, 2, \dots, p$) es la unidad.
4. De todas las posibles combinaciones, Y_1 tiene la máxima varianza: $\text{Var}(Y_1) > \text{Var}(Y_2) > \dots > \text{Var}(Y_p)$.

5. Las Y no están correlacionadas, por lo que los componentes generados no están asociados entre sí.

Variables evaluadas (Moreno 1996)

1. Plántulas Normales (PN): Plantas intactas, dependiendo de la especie probada; tallo de la plántula bien desarrollado; cotiledones bien definidos. y las cuales se contaron y se transformaron en porcentaje (%).
2. Plántulas Anormales (PA): las que presentan alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales, lo que les impide su desarrollo. Se cuantificaron y se transformaron en (%)
3. Semilla sin Germinar (SG): aquellas que no germinen al finalizar la prueba. Se reportó en porcentaje (%)
4. Longitud de Plúmula (LP): parte del embrión de la plántula inmediatamente arriba de la raíz primaria que al desarrollarse da lugar al tallo. Se reportó en centímetros (cm)
5. Longitud de Radícula (LR): raíz rudimentaria del embrión que se convierte en raíz primaria después de emerger a través de la cubierta de la semilla. Se reportó en centímetros (cm).
6. Peso Seco (PS): es el peso cuando ya se ha extraído el exceso de agua de la planta normal. La cual se reportó en gramos (g).
7. Porcentaje de *Fusarium* (FUS): se cuantificó y se transformó en porcentaje (%)
8. Porcentaje de *Aspergillus* (ASP) se cuantificó y se transformó en porcentaje (%)
9. Porcentaje de *Alternaria* (ALT) se cuantificó y se transformó en porcentaje (%)
10. Número de generó hongos fitopatógenos: se cuantificaron todos los géneros de hongos fitopatógenos presentes en cada unidad experimental.

Los tratamientos generados por la interacción de híbridos, fungicidas, dosis, testigos con envejecimiento acelerado y sin fungicidas y testigos absolutos, formaron 70 tratamientos que se indican en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Numerología de tratamientos para estimar los efectos de fungicidas sintéticos en parámetros de calidad fitosanitaria y fisiológica en semilla de maíz.

Genotipos									
CI5L-17		CI3AL-17		CI3BL-17		CI7L-16		CI2AL-17	
No	Trat.	No	Trat.	No	Trat.	No	Trat.	No	Trat.
1	P1D1	15	P1D1	29	P1D1	43	P1D1	57	P1D1
2	P1D2	16	P1D2	30	P1D2	44	P1D2	58	P1D2
3	P1D3	17	P1D3	31	P1D3	45	P1D3	59	P1D3
4	P2D1	18	P2D1	32	P2D1	46	P2D1	60	P2D1
5	P2D2	19	P2D2	33	P2D2	47	P2D2	61	P2D2
6	P2D3	20	P2D3	34	P2D3	48	P2D3	62	P2D3
7	P3D1	21	P3D1	35	P3D1	49	P3D1	63	P3D1
8	P3D2	22	P3D2	36	P3D2	50	P3D2	64	P3D2
9	P3D3	23	P3D3	37	P3D3	51	P3D3	65	P3D3
10	P4D1	24	P4D1	38	P4D1	52	P4D1	66	P4D1
11	P4D2	25	P4D2	39	P4D2	53	P4D2	67	P4D2
12	P4D3	26	P4D3	40	P4D3	54	P4D3	68	P4D3
13	T1	27	T1	41	T1	55	T1	69	T1
14	T2	28	T2	42	T2	56	T2	70	T2

***G**: genotipo; **P1**: Triadimenol 42%, **P2**: Thiram 42%, **P3**: Carboxin 34%, **P4**: Carboxin 17% + Thiram 17%; **D1**: dosis alta, **D2**: dosis media, **D3**: dosis baja; **T1**: testigo con envejecimiento y fungicida, **T2**: testigo sin envejecimiento y sin fungicida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfométricas de la semilla de los genotipos estudiados.

Los resultados de los estudios preliminares para determinar las características morfométricas de los genotipos a utilizar, indicaron que los genotipos utilizados estaban constituidos por semilla de tipo dentado cristalino y semicristalino con variaciones en su superficie y color como se señala en el Cuadro 4. En relación a las características cuantitativas, los cinco híbridos mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P=0.001$), (Cuadro 1, Anexo).

Cuadro 4. Características morfológicas cualitativas de cinco híbridos de semilla de maíz.

Genotipos	Tipo de semilla	Forma de la superficie	Color de Grano
CI5L-17	Dentado	Dentado	Blanco
CI3AL-17	Cristalino	Redondo	Amarillo
CI3BL-17	Dentado	Dentado	Blanco
CI7L-16	Dentado	Redondo	Blanco
CI2AL-17	Semicristalino	Redondo	Amarillo

En la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) (Fig. 12) se observó que el genotipo CI5L-17 sobresalió de los cuatro genotipos por tener mayor Longitud de grano (12.83 mm), ancho de grano (9.03mm) y volumen de grano (51.33 cc) y solo fue superada con el genotipo CI2AL-17, en el grosor de grano (4.93 mm) y peso de grano (35.11 g).

Dentro de los genotipos CI3AL-17, CI3BL-17 y CI5L-17, destaco el CI3BL-17 en cuanto longitud de grano (13.10 mm), peso de grano (36.71 g) y volumen de grano (50.33 cc) (Figura 12).

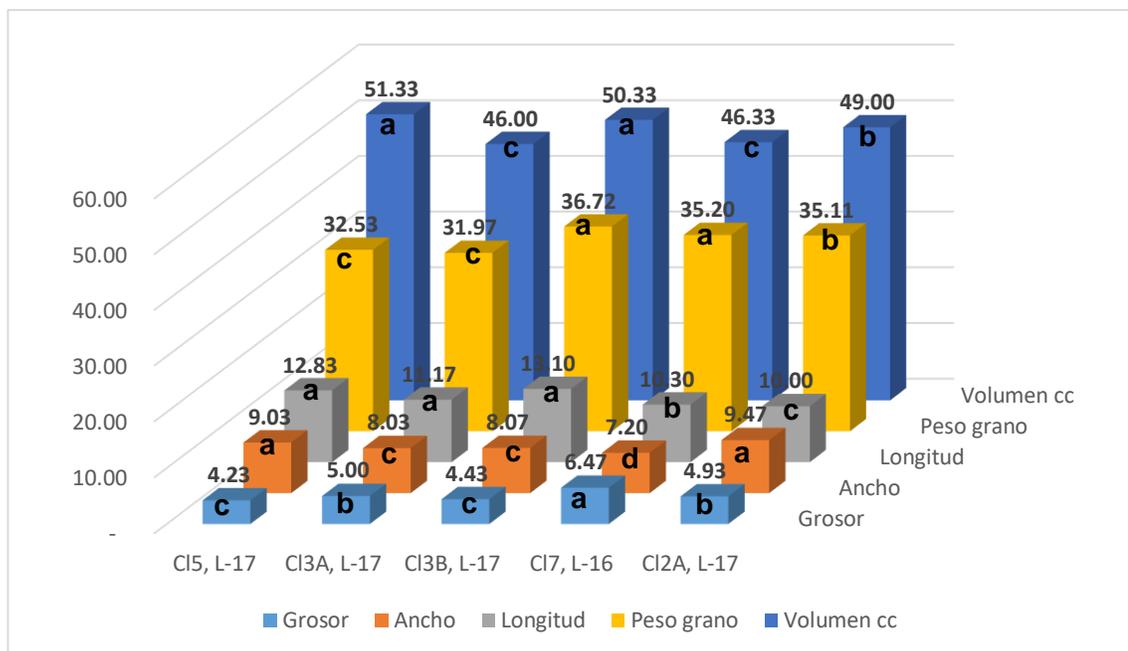


Figura 12. Características cuantitativas de la semilla de cinco genotipos de maíz **Determinación de la efectividad biológica de cuatro fungicidas sintéticos en la vida de anaquel de semilla de cinco híbridos de maíz, para controlar hongos fitopatógenos asociados a la misma.**

Las variables para realizar el análisis de varianza para sanidad fueron: número de género de hongos fitopatógenos (NGHF), *Fusarium* (FUS), *Penicillium* (PEN), *Aspergillus* (ASP) y *Alternaria* (ALT) (Cuadro 2, Anexo). Los hongos encontrados fueron *Fusarium* spp, *Penicillium* spp, *Aspergillus* spp, *Alternaria* spp, las cuales presentaron estadísticamente diferencias ($P=0.001$) para los factores: genotipo, tratamiento y dosis. Para las variables de sanidad los factores genotipo y tratamiento presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P\leq 0.01$), sin embargo en el factor dosis no presentaron diferencias estadísticas, esto se debe posiblemente, a que la presencia de los géneros *Alternaria*, *Aspergillus* y *Fusarium* tuvieron una incidencia similar en las tres dosis de los tratamientos.

Pruebas de media de Tukey para el factor genotipo.

En el Cuadro 4, el genotipo CI3AL-17 presentó estadísticamente ($P \leq 0.05$) el mayor NGHF (1.79) y los más altos porcentajes de *Penicillium* spp, y *Alternaria*

spp, con 42.22 y 0.83%, respectivamente; contrastando con el genotipo CI2AL-17 el cual presentó el menor NGHF (1.51), y con los menos porcentajes de incidencia de *Fusarium* spp. y *Alternaria* spp., con 24.44 y 0.55% respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Incidencia de hongos fitopatogénos en semilla de maíz de diversos genotipos

Genotipos	Variables				
	NGHF	FUS (%)	PEN (%)	ASP (%)	ALT (%)
CI3AL-17	1.79a	41.16b	42.22a	5.83b	0.83a
CI3BL-17	1.75ab	44.16b	34.16a	15.00b	1.66a
CI5L-17	1.65ab	55.27a	37.22a	3.88c	1.66a
C17L-16	1.61ab	25.55c	41.11a	30.00a	1.38a
CI2AL-17	1.51b	24.44c	38.61a	26.11a	0.55a
Tukey 0.05 ¹	0.24	7.68	8.73	5.70	2.61

¹Valores con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente.

El mejor plaguicida fue el Carboxin 17% + Thiram 17%, ya que presentó estadísticamente ($P \leq 0.05$) el menor NGHF (0.70) y con los más bajos porcentajes de *Fusarium* spp (23.66%) y *Penicillium* spp (10%), sin embargo controló muy bien a *Aspergillus* spp y *Alternaria* spp, con 0% de incidencia respectivamente (Cuadro 6), contrastando con el Testigo absoluto que presentó una incidencia de NGHF de 2.30 y un alto porcentaje de *Alternaria* spp con 3%.

Cuadro 6. Efectividad biológica de fungicidas en el control de hongos fitopatógenos en semilla de maíz.

Tratamientos	Variables				
	NGHF	FUS (%)	PEN (%)	ASP (%)	ALT (%)
Testigo Absoluto	2.30a	52.00b	66.00b	26.00b	3.00a
Testigo	2.20a	14.00d	54.00c	54.00a	1.00ab
Triadimenol 15%	1.71b	9.33d	77.66a	10.00c	2.66ab
Thiram 42%	1.63bc	31.66c	19.66d	7.00c	0.66ab
Carboxin 34%	1.43c	98.66a	14.00d	0.00d	0.00b
Carboxin 17% + Thiram 17%	0.70d	23.66c	0.66e	0.00d	0.00b
Tukey 0.05 ¹	0.28	8.80	10.04	6.52	2.99

¹Valores con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente

Para el nivel de dosis, la dosis alta fue una de las mejores que controló la incidencia, presentó estadísticamente ($P \leq 0.05$) el menor NGHF (1.54) y una baja incidencia de *Fusarium* spp, *Penicillium* spp y *Aspergillus* spp con unos porcentajes de 36.33, 35.83 y 15.33%, respectivamente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de las dosis de fungicidas en la incidencia de hongos fitopatógenos en semilla de maíz.

Dosis	Variables				
	NGHF	FUS (%)	PEN (%)	ASP (%)	ALT (%)
Baja	1.78a	39.16a	42.00a	17.16a	1.16a
Media	1.66ab	39.16a	38.16ab	16.00a	1.16a
Alta	1.54b	36.33a	35.83b	15.33a	1.33a
Tukey 0.05 ¹	0.16	5.11	5.80	3.79	1.73

¹Valores con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente

Determinación del efecto fisiológico del acondicionamiento para vida de anaquel de semilla de cinco híbridos de maíz con cuatro fungicidas sintéticos.

Las variables para realizar el análisis de varianza para determinar el efecto fisiológico fueron germinación con: plantas normales (PN), plantas anormales (PA), semillas sin germinar (SSG); vigor (VIG); longitud de plúmula (LP), longitud de radícula (LR), peso seco (PS). En las variables de germinación y vigor se presentaron diferencias estadísticas ($P=0.0001$) para los factores: genotipo, tratamiento y dosis (Cuadro 2. Anexo).

Pruebas de media de Tukey para el factor genotipo.

El genotipo CI3BL-17 presentó un promedio de PN (86.22%), y vigor (81.5%) y fue el que presentó menor porcentaje de plantas anormales (7.61%) y semillas sin germinar (6.16%), contrastando con el genotipo CI3AL-17 el cual presentó un promedio de PN de 53.22%, un vigor de 41.72% y un alto porcentaje de PA y SSG, con un 20.25 y 26.55%, respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Desarrollo fisiológicas en los diferentes genotipos de semilla de maíz

Genotipos	Variables						
	PN (%)	PA (%)	SSG (%)	VIG (%)	LP (cm)	LR (cm)	PS (gr)
CI3BL-17	86.22a	7.61c	6.16d	81.50a	12.04b	19.30b	1.71a
CI5L-17	74.22b	13.16b	12.61bc	74.38a	10.98c	20.05a	1.59ab
CI2AL-17	73.44b	16.22b	10.33c	79.00a	11.13c	20.05a	1.66ab
C17L-16	72.72b	13.77b	13.50b	66.61c	11.35c	18.30 c	1.20c
CI3AL-17	53.22c	20.25a	26.55a	41.72d	12.85a	15.67d	0.68d
Tukey 0.05 ¹	3.97	3.42	2.81	3.38	0.42	0.47	0.10

¹Valores con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente

Para el mejor tratamiento, el testigo absoluto estadísticamente ($P \leq 0.05$) fue el superior para PN con un 85.6% y un alto porcentaje de VIG (93.60%), LP y LR,

con 11.75 y 20.29cm, respectivamente, contrastando con el tratamiento de Carboxin 34%, que tuvo muy bajo porcentaje de PN y VIG con 57.60 y 51.40%, respectivamente (Cuadro 9).

De los plaguicidas, Thiram 42% estadísticamente ($P \leq 0.05$) fue el mejor con un promedio PN (76.46%), un vigor de 71.73%, donde sobresalió fue en el PS con un peso de 1.53g.

Cuadro 9. Efecto de diferentes fungicidas en el desarrollo fisiológico de semilla de maíz

Tratamientos	Variables						
	PN (%)	PA (%)	SSG (%)	VIG (%)	L P (cm)	L R (cm)	P S (gr)
Testigo Absoluto	85.60a	11.60c	2.80e	93.60a	11.75c	20.29a	1.49b
Thiram 42%	76.46b	11.43c	12.10c	71.73b	12.52b	19.12b	1.53a
Testigo	72.40b	18.60a	9.00d	69.00b	11.41c	16.71e	1.38c
Triadimenol 15%	72.20b	14.40b	13.40c	63.66c	8.57d	18.56d	1.49b
Carboxin 17% + Thiram 17%	67.53c	12.20b	20.26b	62.46c	13.33a	18.92c	1.32c
Carboxin 34%	57.60d	17.00a	25.43a	51.40d	12.43b	18.34d	1.00d
Tukey 0.05 ¹	4.54	3.91	3.22	3.87	0.48	0.53	0.12

¹Valores con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente

Para el nivel de dosis, la dosis baja estadísticamente ($P \leq 0.05$) fue superior para la mayoría de las variables como PN (78%), VIG (74.20%), LP (11.92 cm), LR (19 cm) y PS (1.57 g), contrastando con la dosis alta que obtuvieron un porcentaje bajo de PN (64.86%) y VIG (61.06%) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Efecto de diferentes dosis de aplicación de fungicidas en el desarrollo fisiológico.

Dosis	Variables						
	PN (%)	PA (%)	SSG (%)	VIG (%)	LP (cm)	LR (cm)	PS (gr)
Baja	78.00a	12.21b	9.78c	74.20a	11.92a	19.00a	1.57a
Media	73.03b	13.31b	13.65b	70.66b	11.72a	18.61b	1.34b
Alta	64.86c	17.21a	18.06a	61.06c	11.36b	18.37b	1.20c
Tukey 0.05 ¹	2.64	2.27	1.87	2.24	0.28	0.31	0.07

¹Valores con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente.

Establecimiento de la asociación entre los parámetros fitosanitarios y fisiológicos estudiados, para determinar el o los mejores tratamientos para conservar la calidad de la semilla de maíz en la vida de anaquel.

Análisis de conglomerados (AC)

Este análisis se basó en la agrupación de los 70 tratamientos (Cuadro 3), de acuerdo a su similitud en relación a las variables PN, PA, SSG, VIG, LP, LR, PS, NGHF, FUS, PEN, ASP y ALT, para ello se analizaron en tres partes: Sanidad, Fisiológico y la correlación de ambos.

Análisis de conglomerados (AC) de Sanidad

Para el primer caso se agruparon de acuerdo a su similitud de las variables NGHF, FUS, PEN, ASP y ALT midiendo la distancia euclidiana entre los 70 tratamientos (Figura 3).

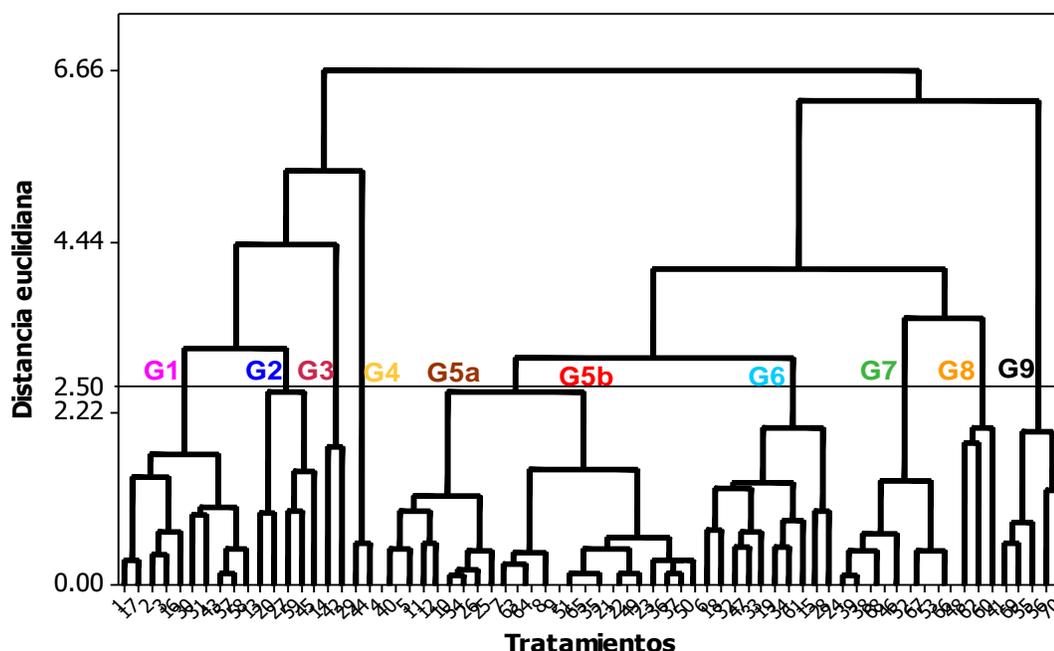


Figura 13. Dendrograma de grupos de diversas similitudes para las variables fitosanitarias.

Los tratamientos formaron ocho grupos del cual el grupo 5 se subdividió en dos (Fig. 13). Dos de ellos con más de 10 tratamientos. Para identificar las similitudes y diferencias entre grupos derivados del análisis de conglomerados, se procedió a realizar un análisis de varianza (Cuadro 4. Anexo), resultando que hubo diferencias altamente significativas ($P=0.0001$) entre los ocho grupos definidos tomando en cuenta las cinco variables (Ramírez *et al.*, 2013). Teniendo un coeficiente de variación para cada variable de 22.42, 23.38, 29.72, 40.60 y 159.11%, respectivamente.

De los grupos de las poblaciones formados en el dendrograma se obtuvieron los promedios de las variables que se presentan en el Cuadro 11. Los tratamientos que incluyen genotipos, plaguicidas y dosis se muestran en el Cuadro 3.

Con respecto a los grupos obtenidos, el G2 obtuvo estadísticamente ($P \leq 0.05$) la más alta en la incidencia de NGHF (2.40), y fue uno de los altos porcentaje de PEN con 72% sobresalió también por su bajo porcentaje de FUS (22%), ASP (17%) y ALT (3%); se conforma por los Tratamientos 13, 20, 27, 59 y 45 que

tienen en común el plaguicida Triadimenol 15% y Thiram 42% en una dosis baja, en los genotipos CIAL-17, CI7L-16 y CI2AL-17. En el G4 obtuvo estadísticamente ($P \leq 0.05$) el más alto porcentaje de ALT con un 14% y PEN con 80%, este grupo se conforma por los tratamientos 29 y 44, que tienen en común el plaguicida Triadimenol 15% en dosis medias y altas en los genotipos CI7L-16 y CI3BL-17. En el G7 obtuvo estadísticamente ($P \leq 0.05$) la incidencia más baja de NGHF (0.42), en la incidencia de PEN fue el más bajo con 0.56%, ASP y ALT tuvieron 0% de incidencia; dicho grupo estuvo conformado por los genotipos CI3AL-17, CI3BL-16, CI7L-16 y CI2AL-17 y el fungicida Carboxin 17% + Thiram 17% en sus 0.76, 0.51 y 0.26mL/100g

Cuadro 11. Incidencia de hongos fitopatógenos en semilla de maíz en los nueve grupos obtenido en el análisis de conglomerados.

Grupos	Tratamientos	NGHF	FUS	PEN	ASP	ALT
			(%)	(%)	(%)	(%)
G2	13, 20, 27, 59, 45	2.40a	22.00c	72.00ab	17.00b	3.00b
G3	42, 14	2.38a	82.50a	50.00bc	2.50c	7.50ab
G9	55, 41, 69, 70, 56	2.15ab	10.00cd	63.00ab	71.00a	0.00b
G4	44, 29	1.88abc	2.50d	80.00a	5.00c	15.00a
G6	33, 47, 32, 15, 34, 19, 61, 18, 6, 28,	1.80abc	43.00b	27.50cd	5.50c	0.00b
G1	17, 1, 57, 43, 58, 30, 16, 3, 2	1.63abc	7.00cd	79.50a	11.00cc	0.00b
G5b	63, 7, 64, 8, 9, 65, 22, 51, 21, 49, 50, 37, 23, 36, 35	1.43cb	98.67a	14.00d	0.00c	0.00b
G8	60, 62, 48	1.25cd	1.67d	11.67d	10.00c	3.33b
G5a	10, 54, 26, 11, 25, 12, 40, 4, 5	1.14cd	41.67b	2.78d	0.00cc	0.00b
G7	66, 53, 67, 52, 39, 24, 68, 38, 46	0.42d	10.00cd	0.56d	0.56c	0.00b
Tukey		0.890	17.99	28.75	12.00	110.6
0.05 ¹						

¹Valores con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente.

Análisis de Componentes Principales. (ACP) de Sanidad

En este análisis se utilizaron cinco variables en los 70 tratamientos de semilla de maíz, con la opción de matriz de correlaciones que se utiliza cuando las variables están en diferentes unidades.

Cuadro 12. Valores y vectores propios de tres componentes principal de las cinco variables fitosanitarias evaluadas en 70 tratamientos de semilla de maíz.

	Componentes principales (CP)		
	1	2	3
Valor propio	2.2555	1.1151	1.0200
Proporción (%)	45.1	22.3	20.4
Acumulada (%)	45.1	67.4	87.8
Variables	Vectores propios		
NGHF	0.509*	-0.506*	-0.247
FUS	-0.310*	-0.763*	-0.297
PEN	0.588*	-0.068	0.042
ASP	0.468*	0.293	-0.463*
ALT	0.282	-0.268	0.797*

* Cargas del vector propio > 0.300, indican las variables con mayor peso.

En el Cuadro 12 se presentan los tres primeros componentes principales los cuales presentaron valores propios mayores a la unidad, los componentes con valores arriba de 1.0 son más relevantes, mientras que aquellos con valores menores a la unidad aportan poca explicación a la variación total.

Estos tres componentes principales explicaron el 87.8 % de la variación total (proporción acumulada). De acuerdo con los vectores propios, en el primer componente principal las variables originales más importantes fueron: NGHF, FUS, PEN y ASP. En el segundo componente principal las variables con mayor

influencia fueron: NGHF y FUS. El tercer componente estuvo fuertemente influido por las variables: ASP y ALT.

En la distribución de las cargas de las variables, con el CP1 y CP2 se explica el 67.4% de la variabilidad total, por lo tanto la gráfica (Figura 18) representa de una forma confiable la relación entre las variables (Balzarini *et al.*, 2006). En el CP1 se muestra que las variables de mayor peso son: NGHF, FUS, PEN y ASP, presentando las dos primeras mayor longitud de vector. Con respecto al CP2, se observa que las variables de mayor peso son: NGHF y FUS.

En la Figura 14 se observan las correlaciones entre las variables según los ángulos de los vectores que las representan, ángulos agudos indican correlaciones positivas, ángulos obtusos corresponden a correlaciones negativas y ángulos rectos indican que no hay correlación entre las variables.

Se presenta una correlación positiva y altamente significativa entre las siguientes variables: ASP y PEN ($r = 0.429^{**}$), ASP y NGHF ($r = 0.451^{**}$), PEN y ALT ($r = 0.315^{**}$), PEN y NGHF ($r = 0.656^{**}$). Con respecto a las variables que presentan una relación negativa y altamente significativa son: FUS y ASP ($r = -0.370^{**}$), FUS y PEN ($r = -0.731^{**}$), (Cuadro 13).

Cuadro 13. Correlación y niveles de significancia para variables de sanidad.

	NGHF	FUS	PEN	ASP
FUS	0.100			
PEN	0.656 ^{**}	-0.371 ^{**}		
ASP	0.451 ^{**}	-0.370 ^{**}	0.429 ^{**}	
ALT	0.258 [*]	-0.172 [*]	0.315 ^{**}	-0.033

* = Significativo al nivel 0.05 de probabilidad de error, ** = altamente significativo al nivel 0.01 de probabilidad de error.

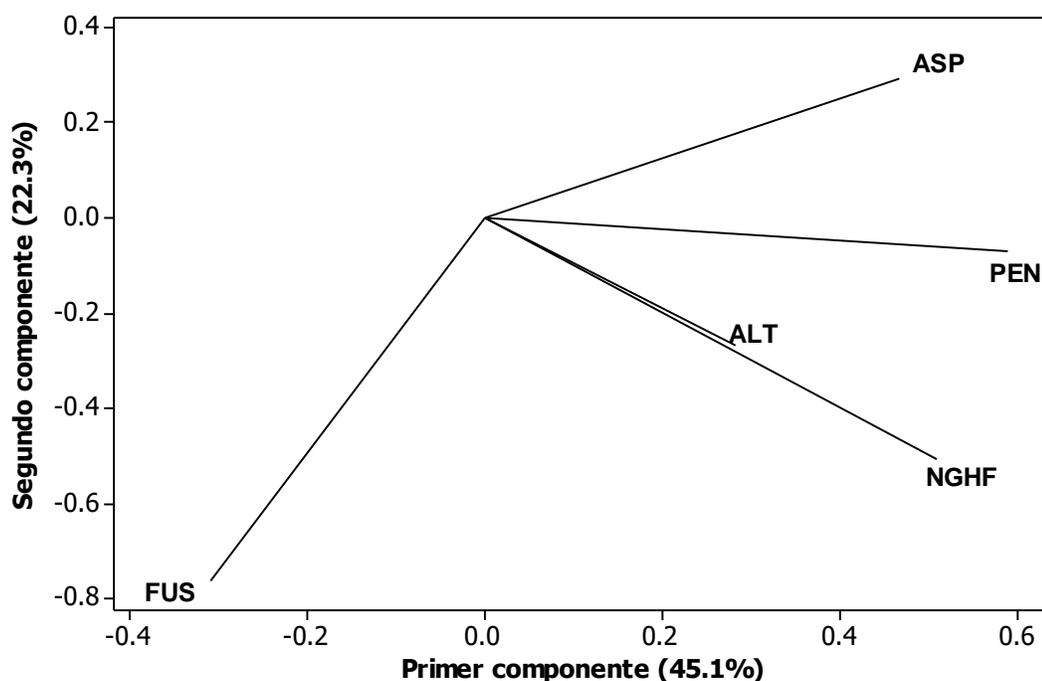


Figura 14. Asociación de variables fitosanitarias con su peso estadístico sobre los dos primeros componentes principales.

En la Figura 15 se observa la distribución de las poblaciones con respecto a los dos primeros componentes principales, los cuales explican en conjunto el 67.4% de la variación contenida en las cinco variables originales. En el primer componente (CP1) se observa que en el lado derecho de la gráfica se sitúan los grupos G2, G3 y G9, los cuales representan tratamientos con los más altos promedios de NGHF con valores de 2.40, 2.38 y 2.15 respectivamente. La incidencia de NGHF fueron superiores a los reportados por Hernández *et al.*, (2007) ya que obtuvo un total de tres géneros de hongos fitopatógenos. Con respecto al CP2, se puede observar que en el lado izquierdo de la gráfica se sitúan los grupos G7, G5a y G5b, que presentaron mayor tolerancia con una incidencia baja de 0.42, 1.14 y 1.43, respectivamente.

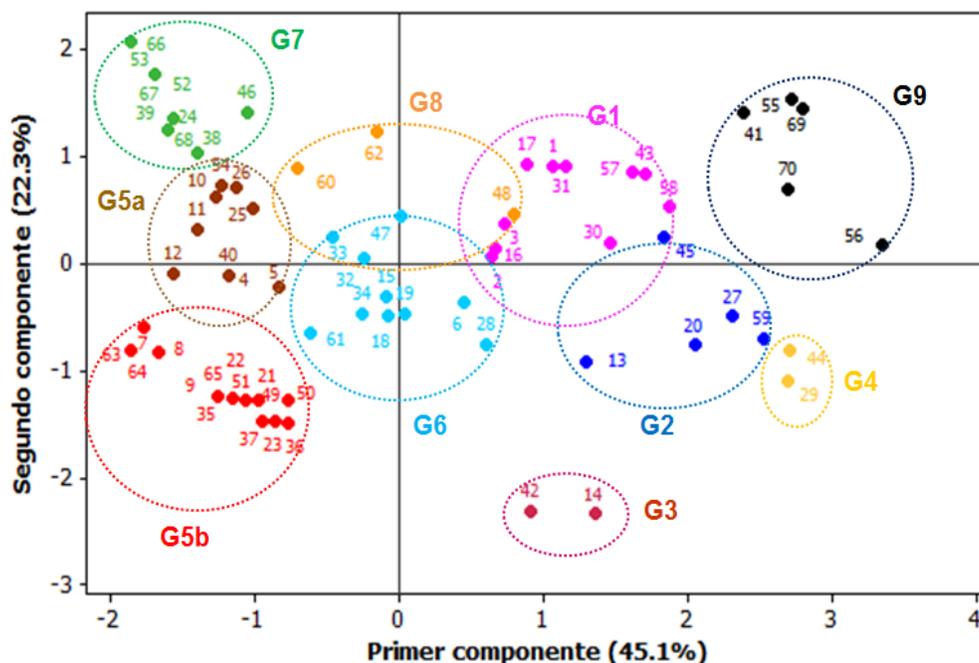


Figura 15. Distribución espacial de tratamientos en dos componentes principales de las variables fitosanitarias.

Análisis de conglomerados (AC) Fisiológico

Para el caso fisiológico se agruparon de acuerdo a su similitud de las variables PN, PA, SSG, VIG, LP, LR y PS, midiendo la distancia euclidiana entre los 70 tratamientos (Figura 16).

Los tratamientos formaron ocho grupos del cual el grupo dos se subdividió en dos (Cuadro 14). Tres de ellos con más de 10 tratamientos. Para identificar las similitudes y diferencias entre grupos derivados del análisis de conglomerados, se procedió a realizar un análisis de varianza (Cuadro 5, anexo), resultando que hubo diferencias altamente significativas ($P=0.001$) entre los nueve grupos definidos tomando en cuenta las cinco variables (Ramírez *et al.*, 2013). Teniendo un coeficiente de variación para cada variable de 7.79, 28.75, 18.00, 5.44, 5.21, 2.70 y 6.89%, respectivamente.

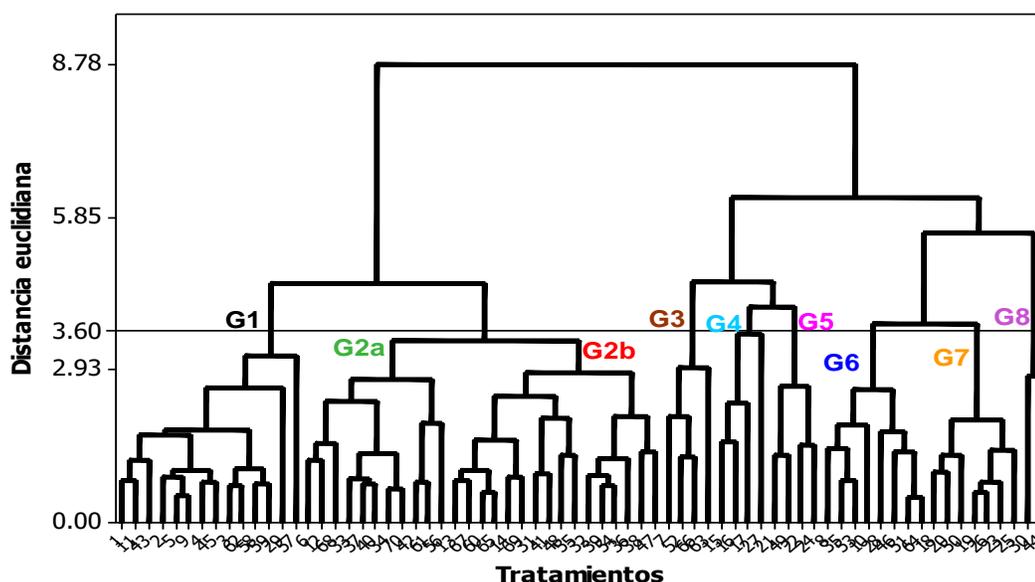


Figura 16. Dendrograma de diversas similitudes formadas en el análisis de conglomerados para las variables de fisiológicas.

De los grupos de las poblaciones formados en el dendrograma se obtuvieron los promedios de las variables mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) (Salinas *et al.* 2008; Ramírez *et al.* 2013), que se presentan en el Cuadro 19. Los tratamientos que incluyen genotipos, plaguicidas y dosis se muestran en el Cuadro 3.

Con respecto a los grupos obtenidos, el G2 obtuvo estadísticamente ($P \leq 0.05$) el más alto resultados en PN (86.45%), VIG (87.09%), LR (20.25cm), y PS (1.85g) y sobresalió también por su bajo porcentaje de SSG (6.63%) y PA (6.91%); se conforma por los Tratamientos 42,68,6, 12, 56, 61, 70, 40, 34, 33 y 37 que tienen en común los testigo sin envejecimiento de los genotipos CI3BL-17, CI7L-16 y CI2A-L-17; el plaguicida Thiram 42%, Carboxin 34% y Carboxin 17% + Thiram 17% en dosis media y baja, en los genotipos CI5L-17, CI3BL-17, CI7L-16 y CI2AL-17, en contraste con el G3 que obtuvo estadísticamente ($P \leq 0.05$) el más alto porcentaje de PA (29.75), SSG (33.75%) y VIG (44%), este grupo se conforma con los tratamientos 63, 7, 52 y 66, que tienen en común el plaguicida Carboxin 34% y Carboxin 17% + Thiram 17% en dosis altas (0.88 y 0.76 mL/ 100g de semilla), en los genotipos CI5L-17, CI7L-16 y CI2AL-17.

Cuadro 14. Desarrollo fisiológicas de los 9 grupos obtenido en el Análisis de Conglomerados

Grupo	Tratamientos	PN	PA	SSG	VIG	LP	LR	PS
		(%)	(%)	(%)	(%)	(cm)	(cm)	(gr)
G2a	42,68,6, 12, 56, 61, 70, 40, 34, 33, 37	86.45a	6.91d	6.63c	87.09a	13.14b	20.25a	1.85a
G2b	60, 65, 67, 55, 13, 14, 69, 41, 31, 48, 47, 38, 32, 39, 36, 54	78.43a	11.15c	10.40c	76.50b	12.46b	18.99b	1.54b
G1	57, 58, 3, 62, 59, 1, 43, 4, 2, 11, 45, 9, 5, 29	78.42a	11.35c	10.21c	73.78b	8.88d	20.21a	1.80a
G6	46, 28, 64, 51, 53, 35, 8, 10	70.37b	15b	14.62c	65.00c	12.37b	19.68a	1.20c
G8	30, 44	64.50c	24a	11.50c	75.00b	6.19e	17.02d	0.95d
G7	50, 18, 20, 25, 23, 26, 19	58.85d	15.28b	25.85b	41.71d	15.42a	17.16d	0.87d
G4	27, 15, 17, 16	50.57e	21.75a	27.50b	28.00e	10.19c	13.62e	0.73e
G3	63, 7, 52, 66	36.50f	29.75a	33.75b	44.00d	10.81c	18.43c	0.59f
G5	49, 21, 22, 24	31.25f	21.12a	47.75a	20.75e	12.83b	14.66e	0.32g
Tukey 0.05 ¹		11.41	11.88	8.96	7.37	1.41	1.14	0.18

¹Valores con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente.

Análisis de Componentes principales (ACP) Fisiológicos.

En este análisis se utilizaron siete variables en los 70 tratamientos de semilla de maíz, con la opción de matriz de correlaciones que se utiliza cuando las variables están en diferentes unidades.

En el Cuadro 15 se presentan los tres primeros componentes principales los cuales presentaron valores propios mayores a la unidad, los componentes con valores arriba de 1.0 son más relevantes, mientras que aquellos con valores menores a la unidad aportan poca explicación a la variación total.

Cuadro 15. Valores y vectores propios de tres componentes principales de las variables de semilla de maíz.

	CP1	CP2	CP3
Valor propio	4.5954	1.1960	0.4780
Proporción (%)	65.6	17.1	6.8
Acumulada (%)	65.6	82.7	89.6
Variables	Vectores propios		
PN	0.450*	-0.104	-0.272
PA	-0.341*	0.451*	0.379*
SSG	-0.422*	-0.145	0.142
VIG	0.424*	0.110	0.131
LP	-0.037	-0.860*	0.322*
LR	0.366*	0.108	0.799*
PS	0.433*	0.047	-0.056

* Cargas del vector propio > 0.300, indican las variables con mayor peso.

Estos tres componentes principales explicaron el 89.6 % de la variación total (proporción acumulada). De acuerdo con los vectores propios, en el primer componente principal las variables originales más importantes fueron: PN, PA, SSG, VIG, LR y PS. En el segundo componente principal las variables con mayor influencia fueron: PA y LP. El tercer componente estuvo fuertemente influido por las variables: PA, LP y LR (Cuadro 15).

En la Figura 17 se observan las correlaciones entre las variables según los ángulos de los vectores que las representan, ángulos agudos indican correlaciones positivas, ángulos obtusos corresponden a correlaciones negativas y ángulos rectos indican que no hay correlación entre las variables.

Se presenta una correlación positiva y altamente significativa entre las siguientes variables: VIG y PN ($r=0.836^{**}$), PN y LR ($r=0.639^{**}$), PN y PS ($r=0.866^{**}$), PA y SSG ($r=0.477^{**}$), VIG y LR ($r=0.710^{**}$), VIG y PS ($r=0.793^{**}$), LR y PS ($r=0.710^{**}$). Con respecto a las variables que presentan una relacionan

negativa y altamente significativa son: PN y PA ($r=-0.789^{**}$), PN y SSG ($r=-0.916^{**}$), PA y VIG ($r=-0.531^{**}$), PA y LR ($r=-0.459^{**}$), PA y PS ($r=-0.655^{**}$), SSG y VIG ($r=-0.850^{**}$), SSG y LR ($r=-0.614^{**}$), SSG y PS ($r=-0.812^{**}$) los datos de las correlaciones se presentan en el (Cuadro 6 de Anexos).

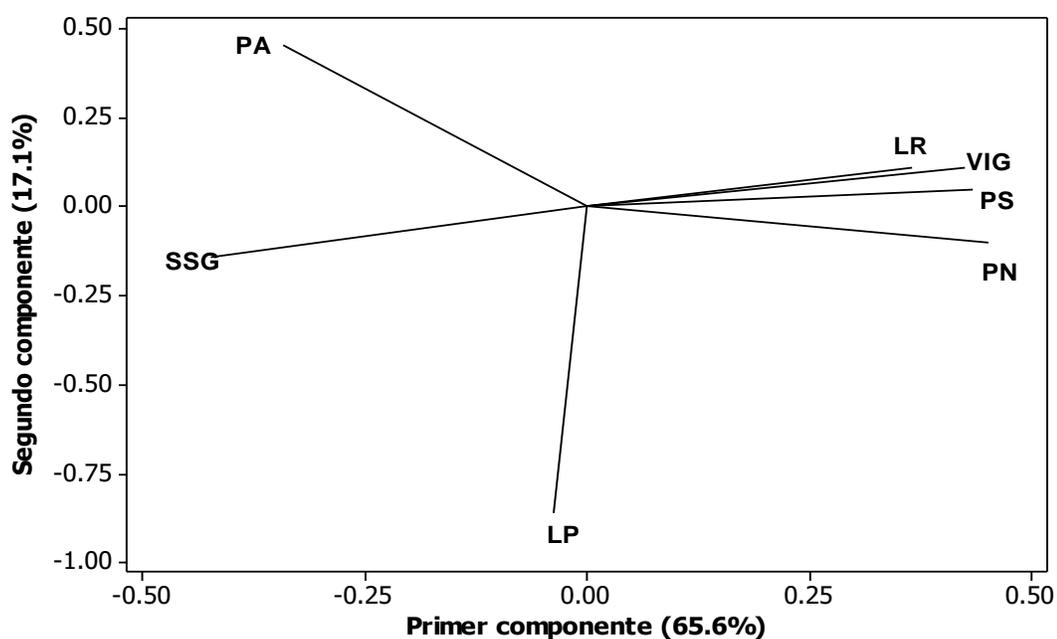


Figura 17. Asociación de las variables fisiológicas con su peso estadístico sobre los dos primeros componentes principales.

En la distribución de las cargas de las variables, con el CP1 y CP2 se explica el 82.7% de la variabilidad total, por lo tanto la gráfica (Figura 20) representa de una forma confiable la relación entre las variables (Balzarini *et al.*, 2006).

En la Figura 18 se observa la distribución de las poblaciones con respecto a los dos primeros componentes principales, los cuales explican en conjunto el 82.7% de la variación contenida en las cinco variables originales. En el primer componente (CP1) se observa que en el lado derecho de la gráfica se sitúan los grupos G2a, G2b y G1, los cuales representan tratamientos con los más altos promedios de PN con valores de 86.45, 78.43 y 78.42% respectivamente.

Con respecto al CP2, se puede observar que en el lado izquierdo de la gráfica se sitúan los grupos G5 y G3, que presentaron menor porcentaje de PN con valores de 31.21 y 36.5% respectivamente.

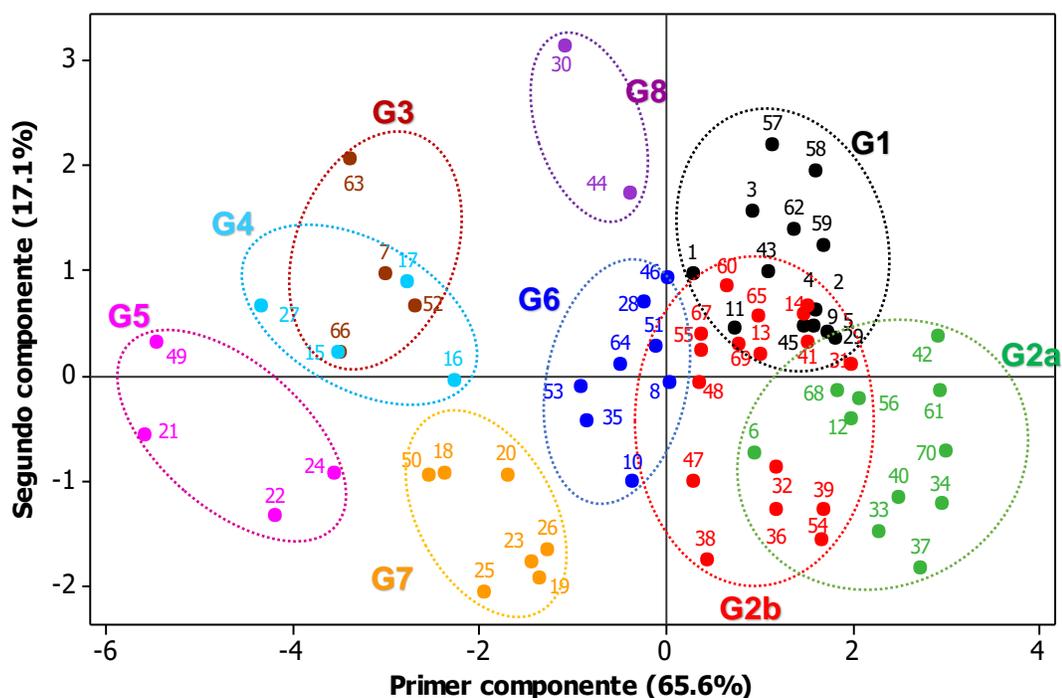


Figura 18. Distribución espacial de tratamientos de dos componentes principales.

Análisis de conglomerados (AC) de los análisis Fisiológicos y de Fitosanidad

Para la interacción de las pruebas fisiológicas y fitosanitarias se agruparon de acuerdo a su similitud de las variables PN, PA, SSG, VIG, LP, LR, PS, NGH, FUS, PEN, ASP y ALT midiendo la distancia euclidiana entre los 70 tratamientos (Figura 19).

Los tratamientos formaron ocho grupos del cual el grupo 3 se subdividió en dos (Cuadro 16). Dos de ellos con más de 10 tratamientos. Para identificar las similitudes y diferencias entre grupos derivados del análisis de conglomerados, se procedió a realizar un análisis de varianza (Cuadro 7, anexos), resultando

que hubo diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre los nueve grupos definidos tomando en cuenta las cinco variables, teniendo un coeficiente de variación para cada variable de 5.16, 18.95, 17.91, 7.09, 4.91, 2.25, 5.62, 20.61, 23.43, 21.47, 44.74 y 104.57% respectivamente.

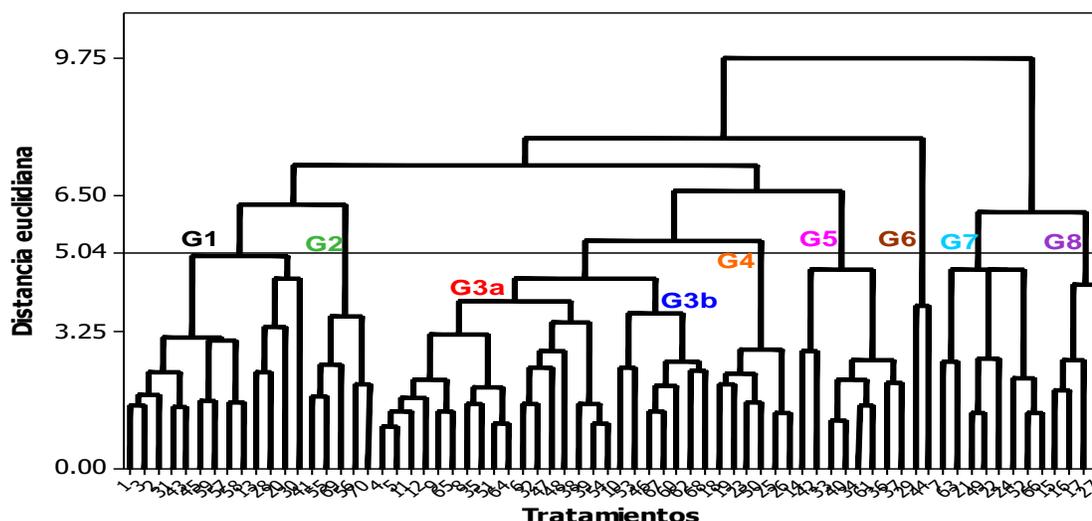


Figura 19. Dendrograma de grupos de diversas similitudes formados en el análisis de conglomerados para las variables fitosanitarias y fisiológicas.

De los grupos de las poblaciones formados en el dendrograma se obtuvieron los promedios de las variables mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) (Salinas *et al.* 2008; Ramírez *et al.* 2013), que se presentan en el Cuadro 23. Los tratamientos que incluyen genotipos, plaguicidas y dosis se muestran en el Cuadro 3.

Con respecto a los grupos obtenidos, el G2 obtuvo estadísticamente ($P \leq 0.05$) el más alto resultados en PN (86.45%), VIG (87.09%), LR (20.25cm), y PS (1.85g) y sobresalió también por su bajo porcentaje de SSG (6.63%) y PA (6.91%); en cuanto a las pruebas fitosanitarias obtuvo de los resultado ,as altos de NGHf (2.15), PEN con un 65% sin embargo tuvo un 0% de incidencia de *Alternaria*; se conforma por los Tratamientos 42,68,6, 12, 56, 61, 70, 40, 34, 33 y 37 que tienen en común los testigo sin envejecimiento de los genotipos

CI3BL-17, CI7-L-16 y CI2A-L-17; el plaguicida Thiram 42%, Carboxin 34% y Carboxin 17% + Thiram 17% en dosis media y baja, en los genotipos CI5L-17, CI3BL-17, CI7L-16 y CI2AL-17, en contraste con el G3b que obtuvo estadísticamente ($P \leq 0.05$) el más alto porcentaje de PA (29.75), SSG (33.75%) y VIG (44%); en cuanto a lo fitosanitarios el G3b obtuvo uno de los resultados más bajos de NGHF con un 1.30 de incidencia, sin embargo fue uno de los más altos con incidencia con FUS (57.35%), PEN (9.12%) este grupo se conforma con los tratamientos 63, 7, 52 y 66, que tienen en común el plaguicida Carboxin 34% y Carboxin 17% + Thiram 17% en dosis altas, en los genotipos CI5L-17, CI7L-16 y CI2AL-17.

Cuadro 16. Promedios de las variables de la interacción Fisiológica y Fitosanitaria de los nueve grupos obtenido en el Análisis de Conglomerados.

Grupo	Tratamientos	PN*	PA	SSG	VIG	LP	LR	Ps	NGHF	FUS	PEN	ASP	ALT
		(%)	(%)	(%)	(%)	(cm)	(cm)	(gr)		(%)	(%)	(%)	(%)
G2	70, 56, 41, 69, 55	86.60a	11cde	2.4 e	84.60b	11.80bc	18.82b	1.55b	2.15ab	10.00bc	63.00a	71.00a	0.00b
G5	37, 34, 40, 61, 33, 42, 14, 36	84.50ab	5 e	6.12de	91.12a	12.87b	17.56c	1.91a	2.79a	61.96a	20.24b	1.56c	12.50a
G6	44, 29	78.50abc	10.5cde	11 cd	58.50c	8.07f	18.93ab	1.63b	1.87bc	2.50c	80.00a	5.00bc	15.00a
G3a	38,8, 35, 51, 47, 46, 6, 32, 5, 9, 4, 54, 30, 12, 11, 65, 64	76.65bc	9.85de	13.50c	71.41b	12.19bc	19.64ab	1.50b	1.30cde	57.35a	9.12b	2.94bc	0.29b
G1	20, 30, 28, 1, 3, 13, 2, 31, 45, 57, 43, 58, 59	72.00c	16.66bc	11.33cd	70.08b	9.23ef	18.69b	1.50b	1.95bc	13.33bc	77.50a	14.58b	0.83b
G3b	53, 10, 67, 46, 60, 62, 68	70.43c	15.92bcd	13.64c	68.28bc	11.39cd	19.85a	1.56b	0.68e	9.28bc	3.57b	2.85bc	0.71b
G4	23, 26, 25, 50, 18, 19	58.50d	14.50cd	27.00b	41.33d	15.52a	17.30cd	0.85c	1.62bcd	54.99a	14.16b	1.66c	0.00b
G8	15, 16, 17, 27	50.75d	21.75ab	27.50b	28.00e	10.19de	3.62e	0.73c	1.75bc	21.25b	65.00a	7.50bc	1.25b
G7	21, 49, 22, 66, 24, 63, 7, 52	33.87e	25.43a	40.75a	32.37de	11.82bc	16.55d	0.46d	0.90de	63.75a	8.12b	0.00c	0.00b
Tukey 0.05 ¹		8.35	6.54	7.25	10.23	1.33	0.95	0.17	0.81	18.23	19.34	2.67	8.45

¹Valores con la misma letra dentro de la misma columna son iguales estadísticamente. Plantas Normales (PN), Plantas Anormales (PA), Semilla Sin Germinar (SSG), Vigor (VIG), Longitud de Plúmula (PL), Longitud de Radícula (LR), Peso seco (PS), Número de Géneros de Hongos Fitopatogénos (NGHF), *Fusarium* (FUS), *Penicillium* (PEN), *Aspergillus* (ASP), *Alternaria* (ALT).

Principales de los análisis Fisiológicos y de Fitosanidad

En este análisis se utilizaron doce variables en los 70 tratamientos de semilla de maíz, con la opción de matriz de correlaciones que se utiliza cuando las variables están en diferentes unidades.

En el Cuadro 17 se presentan los tres primeros componentes principales los cuales presentaron valores propios mayores a la unidad, los componentes con valores arriba de 1.0 son más relevantes, mientras que aquellos con valores menores a la unidad aportan poca explicación a la variación total.

Cuadro 17. Valores y vectores propios de tres componentes principal de 12 variables evaluadas en 70 tratamientos de los parámetros fisiológicos y fitosanitarios

	CP1	CP2	CP3
Valor propio	4.8798	2.3854	1.2820
Proporción (%)	40.7	19.9	10.7
Acumulada (%)	40.7	60.5	71.2

Variables	Vectores propios		
PN	0.434*	0.104	0.195
PA	-0.304*	-0.264	0.001
SSG	-0.423*	0.023	-0.279
VIG	0.404*	0.100	0.201
LP	-0.080	0.377*	-0.339*
LR	0.319*	0.258	-0.759*
PS	0.410*	0.119	0.071
NGHF	0.160	-0.365*	-0.047
FUS	-0.127	0.281	0.183
PEN	0.152	-0.539*	-0.318*
ASP	0.167	-0.339*	-0.086
ALT	0.091	-0.263	-0.049

* Cargas del vector propio > 0.300, indican las variables con mayor peso.

Estos tres componentes principales explicaron el 71.2 % de la variación total (proporción acumulada). De acuerdo con los vectores propios, en el primer componente principal las variables originales más importantes fueron: PN, PA, SSG, VIG, LR y PS. En el segundo componente principal las variables con mayor influencia fueron: LP, NGHF, PEN y ASP. El tercer componente estuvo fuertemente influido por las variables: LP, LR y PEN (Cuadro 17).

En la Figura 20 se observan las correlaciones entre las variables según los ángulos de los vectores que las representan, ángulos agudos indican correlaciones positivas, ángulos obtusos corresponden a correlaciones negativas y ángulos rectos indican que no hay correlación entre las variables.

Se presenta una correlación positiva y altamente significativa entre las siguientes variables: VIG y PN ($r=0.83^{**}$), PN y LR ($r= 0.64^{**}$), PN y PS ($r=0.86^{**}$), PN y ASP ($r=0.28^{**}$), PA y SSG ($r=0.47^{**}$), VIG Y LR ($r=0.71^{**}$), VIG y PS ($r= 0.79^{**}$), LR y PS ($r=0.71^{**}$), NGHF y PEN ($r=0.65^{**}$), NGHF y ASP ($r=0.45^{**}$), PEN y ASP ($r=0.42^{**}$), PEN y ALT ($r=0.31^{**}$). Con respecto a las variables que presentan una relación negativa y altamente significativa son: PN y PA ($r=-0.79^{**}$), PN y SSG ($r=-0.91^{**}$), PA y VIG ($r=-0.53^{**}$), PA y LR ($r=-0.45^{**}$), PA y PS ($r=-0.65^{**}$), SSG y VIG ($r=-0.85^{**}$), SSG y LR ($r=-0.61^{**}$), SSG y PS ($r=-0.81^{**}$), SSG y NGHF ($r=-0.34^{**}$), SSG y ASP ($r=-0.37^{**}$), LP y PEN ($r=-0.51^{**}$), FUS y PEN ($r=-0.37^{**}$), FUS y ASP ($r=-0.37^{**}$), los datos de las correlaciones se presentan en el (Cuadro 8. Anexo).

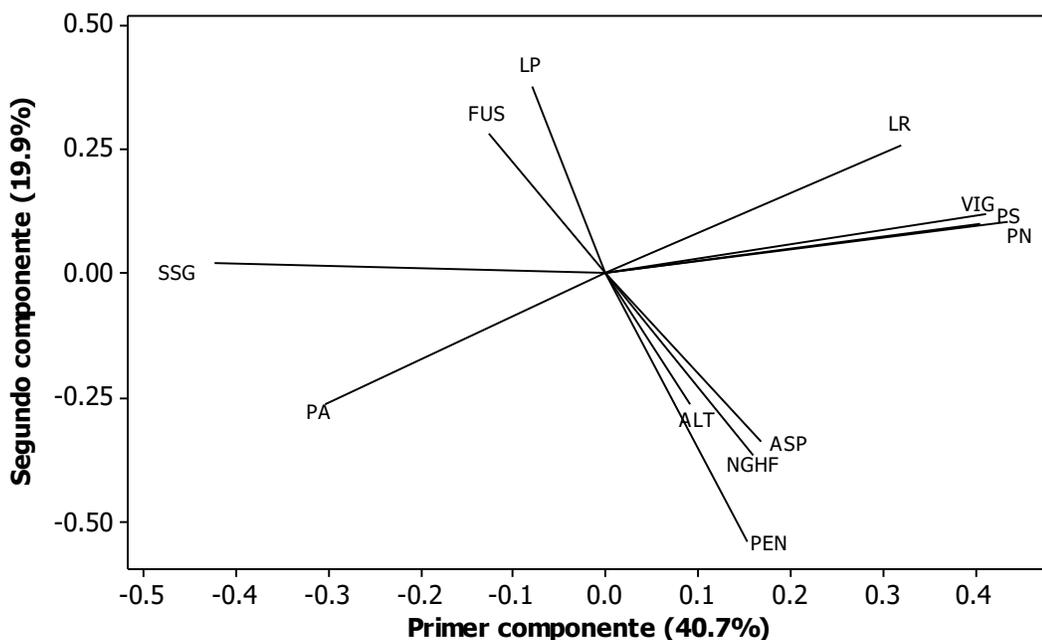


Figura 20. Asociación de variables fitosanitarias y fisiológicas con su peso estadístico sobre dos componentes principales.

En la Figura 21 se observa la distribución de las poblaciones con respecto a los dos primeros componentes principales, los cuales explican en conjunto el 60.5% de la variación contenida en las cinco variables originales. En el primer componente (CP1) se observa que en el lado derecho de la gráfica se sitúan los grupos G1, G2, G6 y G8 los cuales representan tratamientos con los más altos promedios de PEN con valores de 77.5, 63 y 65% respectivamente.

Con respecto al CP2, se puede observar que en el lado izquierdo de la gráfica se sitúan los grupos G5 y G3a, que presentaron menor porcentaje de PN con valores de 84.5 y 76.65% respectivamente.

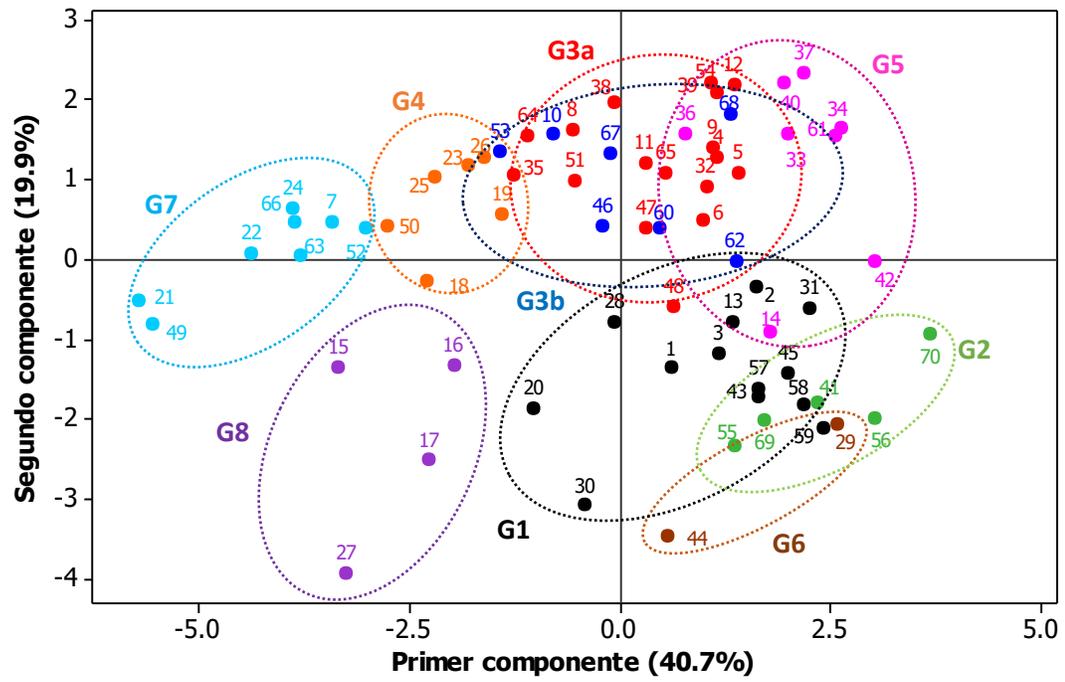


Figura 21. Distribución espacial de tratamientos en dos componentes principales

CONCLUSIONES

- La morfología de los genotipos utilizados constó semilla tipo dentada, cristalina y semicristalina, con superficie dentada y redonda de color amarillo y blanco. El tamaño de la semilla de los genotipos fluctuó entre 10 y 12.83 mm.
- Los genotipo CI2AL-17 fue el que presentó menor cantidad de número de géneros de hongos fitopatógenos con 1.51 de incidencia; los tratamientos que eliminaron más hongos fueron Carboxin 34% y Carboxin 17% + Thiram 17%; las dosis altas fueron los que eliminaron más hongos.
- La detección de géneros de hongos fitopatógenos que constituyeron la micoflora transportada por la semilla de maíz, generó la detección de *Fusarium* en los genotipos CI7L-16 y CI2AL-17 generando incidencias de 25.55 y 24.44% respectivamente; en el genotipo tal, incidió *Penicillium* con una incidencia de 34.16%, en el genotipo CI3BL-17; *Aspergillus* con una incidencia de 3.88%, en el genotipo CI5L-17. *Alternaria* con una incidencia de 0.83% en el genotipo CI3AL-17.
- De los cinco genotipos de semilla híbrida el genotipo CI3BL-17, fue uno de los mejores, ya que obtuvo un el mayor resultado de plantas normales que fue de 86.22% y el que tuvo menos incidencia de número de géneros de hongos fitopatógenos ya que presentó una alta incidencia de número de géneros de hongos fitopatógenos de 1.52 pero no fue afecto en su germinación.
- El fungicida Thiram 42% obtuvo los mejores resultados para plantas normales con un promedio de 76.4%, en la incidencia de número de género de hongos fitopatógenos no fue el mejor resultado pero fue un resultado estadísticamente igual a los demás con una media de 1.63.
- El plaguicida Carboxin 17% + Thiram 17% en dosis media (0.51 mL) y alta (0.76 mL) fue el que obtuvo los mejores resultados para la incidencia

de número de géneros de hongos fitopatógenos con una incidencia de 0.70 en la semilla, sin embargo fue el que tuvo el peor resultado en plantas normales (76.4%).

- Carboxin 17% + Thiram 17% en dosis bajas (0.26 mL) fue efectivo para el tratamiento en semilla de maíz ya que no afectó la germinación y disminuyó la incidencia de hongos de almacén aun en condiciones de estrés en los genotipos CI5L-17, CI3B-L-17 y CI7-L-16.
- Los cinco híbridos de semilla de maíz mostraron que la incidencia de número de géneros de hongos fitopatógenos no afectó su germinación, ya que los testigos sin aplicación química obtuvieron 84.37% de plantas normales.
- El análisis de conglomerados expresos que a una distancia euclidiana de 5.04, expuso diversos grados de similitud, para variables fitosanitarias y fisiológicas, formando ocho grupos.
- El análisis de componentes principales que analizó la asociación entre variables fitosanitarias y fisiológicas, indicó los tratamientos con mayor porcentaje de plantas normales estaban asociados con peso seco y vigor que tenía los genotipos CL3BL-17 y CI2AL-17 con los fungicidas Thiram 42%, Carboxin 34% y Carboxin 17% y Thiram 17% con dosis baja.

BIBLIOGRAFIA

- Agrios G. 1998. Fitopatología; 3ª edición; Editorial Limusa, México.
- Anchon MA, Clemente OG. 2017. Nuevos retos en el control de las enfermedades virales de maíz. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5836297-ISSN1133-8938> .
- Castillo H. 2015. El tratamiento de semilla para la siembra de maíz en P-V. Boletín No.14. Revista Fitotecnia Mexicana
- CONACyT. 2003. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. . Biology of *Zea mays* subsp. *mays* (Maize). Disponible en: <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/maiz> (Consulta, 2019).
- Condo, L.A. y Pazmiño J.M. 2015. Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 11: 92 p.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2011. Enfermedades del maíz. <http://www.fao.org/3/x7650s10.htm>
- Fernández, L., J. Crossa, Z. Fundora-Mayor, A.L. Castiñeiras, G. Gálvez, M. García, y C. Giraudy. 2010. Identificación y caracterización de razas de maíz en sistemas campesinos tradicionales de dos áreas rurales de Cuba. Revista Biociencias. 1: 4-8.
- Hernández-Delgado, S., Reyes-López, M.A., García-Olivares, J.G., Mayek-Pérez, N. y Reyes-Méndez, C.A. 2007. Incidencia de hongos potencialmente toxigenicos en maíz (*Zea mays* L.) almacenado y cultivado en el Norte de Tamaulipas, México. Revista Mexicana de Fitopatología 25:127-133.
- ISTA. 2005. International Rules for Seed Testing. Edition 2005. The International Seed Testing Association. Chapter 5, The Germination Test. Bassersdorf, CH- Switzerland. 50 p.
- Jugenheimer RW. 1988. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Limusa, México. 841p.
- Mangelsdorf, P. C., and R. G. Reeves. 1939. The Origin of Indian Corn and its Relatives. Texas Agric. Expt. Sta. Bulletin No. 574.
- Méndez NJR., Merazo PJF., y Montañó MJT. 2008. Consensus document on the

- biology of *zea mays* subsp. *mays* (MAIZE). Revista UDO Agrícola 8 (i): 61-66.
- Medina MJ, Alejo SG, Soto RJM, Hernández PM. 2018. Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen especial número 21
- Mezzalama M. 2013. Sanidad de semilla, promover la distribución segura de semilla de maíz y de trigo, lineamientos generales. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Tercera edición. México, D.F. 50 p.
- Moctezuma EV, Vazquez GE, Ramos AM, Verduzco VC. 2019. Identificación de levaduras asociadas al huitlacoche. Revista Chapingo Serie 15(3):225-230, 2009
- Moreno E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Imprenta Universidad Nacional Autónoma de México. Tercera edición. 291-393pp.
- Pardey C, García MA y Moreno N. 2016. Caracterización de maíz procedente del departamento del Magdalena, Colombia. Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecuaria, Mosquera (Colombia). 17: 167-190.
- Perea CA. 2017. Producción de maíz dulce. 1a ed .Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA, 2017.
- Ramírez A., G. García de los Santos, A. Carballo, F. Castillo, J.A. Serratos y J. Cadena. 2013. Caracterización morfológica de una muestra etnográfica de maíz (*Zea mays* L.) raza bolita de Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4: 895-907.
- Ritchie S. W., J. J. Hanway, and G. O Benson. 1996. How a Corn Plant Develops. Iowa State University Cooperative Extension Special Report No. 48. Ames, IA.
- Rocandio M., A. Santacruz, L. Córdova, H. López, F. Castillo, R. Lobato, J.J. García y R. Ortega. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los valles altos de México.
- Rodríguez GJJ., De La Torre VJD., Avila PMA., Gámez VPF., Herrera CC., Pecina QV., Gámez VAJ., Montes GN. 2016. Recomendaciones para la producción de semilla de frijol, sorgo, trigo y maíz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional Centro Campo Experimental Bajío, Celaya GTO., México. Libro técnico Núm. 1
- Salinas Y, Saavedra, Soria J, y Espinosa E. 2008. Características fisicoquímicas y contenido de carotenoides en maíces (*zea mays* l.)

- amarillos cultivados en el estado de México. *Agric. Téc. Méx.* 34: 357-364.
- SAGARPA-SIAP. 2016. Cierre de la producción agrícola. Disponible en <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. Consultado en 2018.
- SAGARPA. 2017. Planeación agrícola Nacional, maíz blanco y amarillo Mexicano. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sico-Ma_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf. (consulta en 2019).
- Sánchez JJ, Goodman MM and Stuber CW. 2000. Isozymatic and orphological diversity in the Races of maize of México. *Economic Botany*. 54: 43–59.
- Sánchez, G., J.J., M.M. Goodman and J.O. Rawlings. 1993. Appropriate Characters for racial Classification in maize. *Econ. Bot.* 47:44-59.
- SIAP, (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Disponible en www.siap.gob.mx (mayo de 2019).
- SNICS-CP. 2009. Manual Gráfico para la Descripción Varietal de maíz (Zea maíz L.), servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) – Colegio de Postgraduados (CP), SAGARPA. 118 p.
- SNICS-SAGARPA. 2009. Guía Técnica para la Descripción Varietal. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y alimentación (SAGARPA). 32 p.
- Thomson WT. 1991. *Agricultural Chemical Book IV Fungicides*. Fresno, CV 93791.
- Troyer, A. F. 2009. Development of Hybrid Corn and the Seed Corn Industry. In *Maize Handbook – Volume II: Genetics and Genomics*. pp. 87-95. J. L. Bennetzen and S. Hake (eds.).
- Valladares C. 2010. *Taxonomía y Botánica de los cultivos de grano*. Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA), Departamento de producción vegetal asignatura cultivos de grano Sección 10:01. 28p
- Vargas, L. A. 2007 La historia incompleta del maíz y su nixtamalización. *Cuadernos de nutrición* 30 (3): 97-102.
- Varón DA y Sarria VA. 2007. *Enfermedades del maíz y su manejo*. Compendio ilustrado. Palmira, Colombia. 55p.

Warham EJ, Butler LD y Sutton RC. 1999. Ensayos para la semilla de maíz y de trigo: manual de laboratorio. CIMMYT. CAB International Wallingford. 84 p.

ANEXO

Cuadro 1. Análisis de varianza para las características cuantitativas de semilla de cinco genotipos de maíz.

FV	GL	CM LG	CM AG	CM GG	CM PG	CM VG
Granos	4	6.10**	2.41**	2.29**	11.90**	16.9**
Error	10	0.14	0.02	0.03	0.35	0.60
Total	14					
C.V. (%)		3.32	1.87	3.49	1.73	1.59

**Alta significancia al nivel de probabilidad de 0.01; Longitud de grano (LG), ancho del grano (AG), grosor de grano (GG), peso de grano (PG) y volumen de grano (VG).

Cuadro 2. Análisis de varianza para las variables fitosanitarias

F.V.	G.L	CM de Sanidad				
		NGHF	FUS ¹	PEN ¹	ASP ¹	ALT ¹
Genotipo (A)	4	0.88*	12390.55**	737.22	9884.44**	17.14
Tratamiento (B)	5	20.13**	66233.77**	59000.0**	26074.0**	117.26**
Dosis (C)	2	1.75**	321.11	1163.33*	103.33	1.33
A x B	20	0.99**	2553.22**	1353.8**	3368.44**	93.00**
A x C	8	0.13	507.22	281.38	26.44	27.49
B x C	10	0.41	857.11*	491.33	103.33	2.40
A x B x C	40	0.21	339.88	201.05	61.94	31.23
Error	270	0.29	282.22	364.44	155.18	37.84
Total	359					
C.V. (%)		32.45	43.95	49.37	77.05	232.00

**Alta significancia al nivel de probabilidad de 0.01; ¹Datos transformados $\sqrt{x + 0.5}$.

Cuadro 3. Cuadrados medios y coeficientes del análisis factorial para germinación

F.V.	G.L.	Germinación			Vigor			
		CM PN	CM PA	CM SSG	CM VIG	CM LP	CM LR	CM PS
Genotipo (A)	4	10123.5**	1536.32**	4220.7**	18619.9**	43.21**	239.6**	13.42*
Tratamiento (B)	5	5188.98**	547.85**	3890.8**	11913.13**	165.4**	81.84**	2.36**
Dosis (C)	2	5276.93**	781.64**	2061.4**	5542.57**	9.83**	12.32**	4.21**
A x B	20	641.96**	361.59**	171.10**	783.04**	22.60**	17.56**	0.24**
A x C	8	232.37**	119.67*	76.62*	255.68**	5.52**	3.12*	0.25**
B x C	10	1545.52**	266.74**	565.38**	1478.36**	10.24**	6.46**	1.28**
A x B x C	40	122.631*	81.67*	89.02**	138.14**	6.10**	4.17	0.16**
Error	270	75.36	55.91	37.77	54.63	0.86	1.05	0.05
Total	359							
C.V. (%)		12.06	52.63	44.43	10.76	7.94	5.50	17.24

**Alta significancia al nivel de probabilidad de 0.01.

Cuadro 4. Cuadrados medios y coeficientes de variación entre los grupos del AC para las variables NGHF, FUS, PEN, ASP y ALT

FV	GL	CM NGHF	CM FUS ¹	CM PEN ¹	CM ASP ¹	CM ALT ¹
Grupos	9	1.5141**	4752.23**	4173.19**	1827.03**	96.98**
Error	30	0.136	55.66	142.08	24.76	21.04
Total	39					
C.V. (%)		22.42	23.38	29.72	40.60	159.11

**Alta significancia al nivel de probabilidad de 0.01; ¹Datos transformados $\sqrt{x + 0.5}$.

Cuadro 5 Cuadrados medios y coeficientes de variación entre los grupos del Análisis de Conglomerados para las variables PN, PA, SSG, VIG, LP, LR y PS

FV	GL	CM PN	CM PA	CM SSG	CM VIG	CM LP	CM LR	CM PS
Grupos	8	147.97**	212.31**	754.82**	2256.51**	29.28**	22.78**	1.17**
Error	27	23.12	24.94	14.18	9.59	0.35	0.23	0.005
Total	35							
C.V. (%)		7.79	28.75	18.00	5.44	5.21	2.70	6.89

**Alta significancia al nivel de probabilidad de 0.01.

Cuadro 6. Coeficientes de correlación y niveles de significancia para variables Fisiológicas.

	PN	PA	SSG	VIG	LP	LR
PA	-0.789**					
SSG	-0.916**	0.477**				
VIG	0.836**	-0.531**	-0.850**			
LP	-0.000	-0.250*	0.163	-0.128		
LR	0.639**	-0.459**	-0.614**	0.710**	-0.109	
PS	0.866**	-0.655**	-0.812**	0.793**	-0.131	0.710**

* = Significativo al nivel 0.05 de probabilidad de error, **= altamente significativo al nivel 0.01 de probabilidad de error.

Cuadro 7. Cuadrados medios y coeficientes de variación entre los grupos del AC para las variables PN, PA, SSG, VIG, LP, LR, PS, NGHF, FUS, PEN, ASP y ALT.

FV	GL	CM PN	CM PA	CM SSG	CM VIG	CM LP	CM LR	CM PS
Grupos	8	1188.75**	159.48**	598.64**	2004.37**	18.64**	15.01**	0.96**
Error	27	12.34	7.56	9.30	18.48	0.31	0.16	0.00
Total	35							
C.V. (%)		5.16	18.95	17.91	7.09	4.91	2.25	5.62

FV	GL	CM NGHF	CM FUS ¹	CM PEN ¹	CM ASP ¹	CM ALT ¹
Grupos	8	1.65**	2703.42**	4236.69*	2041.05**	140.05**
Error	27	0.11	58.75	66.12	28.35	12.63
Total	35					
C.V. (%)		20.61	23.43	21.47	44.74	104.57

**Alta significancia al nivel de probabilidad de 0.01; ¹Datos transformados $\sqrt{x + 0.5}$.

Cuadro 8. Coeficientes de correlación y niveles de significancia para las variables Fisiológicas y Fitosanitarias.

	PN	PA	SSG	VIG	LP	LR	PS	NGH	FUS	PEN	ASP
PA	-0.79**										
SSG	-0.91**	0.47**									
VIG	0.83**	-0.53**	-0.85**								
LP	-0.00	-0.25*	0.16	-0.12							
LR	0.64**	-0.45**	-0.61**	0.71**	-0.10						
PS	0.86**	-0.65**	-0.81**	0.79**	-0.13	0.71**					
NGHF	0.28*	-0.09	-0.34**	0.20	-0.07	-0.05	0.15				
FUS	-0.21	0.03	0.27*	-0.15	0.29*	0.03	-0.21	0.10			
PEN	0.19	0.03	-0.29*	0.14	-0.51**	-0.06	0.14	0.65**	-0.37**		
ASP	0.28*	-0.04	-0.37**	0.26*	-0.12	-0.02	0.15	0.45**	-0.37**	0.42**	
ALT	0.12	-0.02	-0.15	0.05	-0.28*	0.01	0.17	0.25*	-0.17	0.31**	-0.03

* = Significativo al nivel 0.05 de probabilidad de error, **= altamente significativo al nivel 0.01 de probabilidad de error.