

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto del Carbón Activado en Hongos y Fisiología de Semillas
de Maíz (*Zea mays* L.)

Por:

MARIA TERESA OCAMPO CARRILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México
Abril, 2023.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto del Carbón Activado en Hongos y Fisiología de Semillas
de Maíz (*Zea mays* L.)

Por:

MARIA TERESA OCAMPO CARRILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Arturo Mancera

Dr. Arturo Mancera Rico
Asesor Principal

[Signature]

Dra. Adriana Antonio Bautista
Coasesor

[Signature]

Dra. Leila Minea Vásquez Siller
Coasesor

[Signature]

Dr. Jeronimo Landeros Flores
Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.
Marzo, 2023.

Declaración de No plagio

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Pasante



María Teresa Ocampo Carrillo.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a esta etapa en mi vida, por darme las fuerzas y sabiduría para lograr esta meta. Por darme la dicha de compartir con mis padres y familia este gran logro.

A mis padres José Ocampo Rodríguez y Susana Carrillo Barreto por ser mi soporte y darme la confianza para ser la persona que soy hoy, por forjarme como una persona de bien, por inculcarme la perseverancia y demostrarme que con trabajo y esfuerzo puedes lograr lo que deseas. Por darme esta gran herencia, que sin su apoyo no hubiera sido posible la culminación de mi carrera profesional.

A mis hermanos Diana, Manuel y Ángel por ser fuente de inspiración que necesitaba, por ser el motivo de querer superarme, gracias por el apoyo incondicional.

A mis familias tanto materna y paterna por sus buenos deseos y apoyarme en cada paso, por creer en mí y en mis metas.

A mis amigos y compañeros que me acompañaron al largo de la carrera, por hacer de la estancia en la universidad más amena, por sus consejos y apoyo.

A la familia Saucedo Cruz y Cepeda Saucedo por el apoyo brindado a lo largo de mi estancia en Saltillo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad de forjarme en sus aulas, por ser mi segundo hogar y darme el gran privilegio culminar mis estudios profesionales.

A todos los profesores por compartir su conocimiento y experiencias a lo largo de mi formación académica.

A el Dr. Arturo Mancera Rico, por su apoyo y asesoría durante mi estancia en la universidad y en la realización de esta investigación.

A la Dra. Leila Minea Vásquez Siller, por su asesoría en la realización de esta investigación.

Al Dr. Armando Muñoz Urbina, por brindarme su tiempo y sus conocimientos en la interpretación de los datos y revisión del trabajo.

A la Dra. Adriana Antonio Bautista, por su asesoría en la realización de la presente investigación.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	II
ÍNDICE DE FIGURAS	III
RESUMEN	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. HIPÓTESIS	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Descripción de la planta de maíz.....	5
4.2. Descripción de la semilla de maíz	6
4.3. Importancia de la calidad de las semillas	7
4.4. Clasificación y descripción general de los hongos	9
4.5. Desarrollo de los hongos transmitidos por semilla	10
4.6. Principales hongos asociados a semilla de maíz	13
4.7. Métodos y medidas utilizadas para la prevención y control de los hongos fitopatógenos.	21
4.8. Productos químicos utilizados en el control de hongos fitopatógenos en semillas.....	21
4.9. Consecuencias por uso irracional de fungicidas.....	28
4.10. Uso de Carbón Activado como alternativa ambiental de tratamientos de protección fitosanitaria de la semilla.	29
4.11. Evaluación sanitaria.....	31
4.12. Evaluación fisiológica.	32
5. MATERIALES Y MÉTODOS	35
5.1. Localización del área experimental	35
5.2. Material genético y productos aplicados.....	35
5.3. Tratamientos evaluados	35
5.4. Variables evaluadas	38
5.5. Diseño experimental.....	41
5.6. Análisis de datos	41
6. RESULTADOS	45
6.1. Incidencia de hongos por género	45
6.2. Relación entre géneros de hongo y tratamientos aplicados	50
6.3. Variables fisiológicas	52
7. DISCUSIÓN	58
7.1. Incidencia de hongos.....	58
7.1. Evaluación fisiológica	60
8. CONCLUSIONES	62
9. LITERATURA CITADA	63
10. ANEXOS	73

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Grupos más comunes de fungicidas en función de su estructura química.	23
Cuadro 2. Ejemplos de fungicidas utilizados en el tratamiento de semillas, de acuerdo al modo de acción y resistencia cruzada.	27
Cuadro 3. Descripción de los tratamientos aplicados.	36
Cuadro 4. Análisis de varianza para la incidencia de géneros de hongos en función del tratamiento.	46
Cuadro 5. Incidencia de <i>Alternaria</i> en semillas del híbrido de maíz La Gloria HAN-421 sometidas a seis tratamientos.	47
Cuadro 6. Porcentaje de semillas con presencia de hongos.	48
Cuadro 7. Análisis de varianza para el número de géneros de hongos en función del tratamiento.	49
Cuadro 8. Valores y vectores propios de los componentes principales derivados del porcentaje de incidencia de siete géneros de hongos en semillas del híbrido de maíz HAN-421 (La Gloria).	50
Cuadro 9. Correlaciones de Pearson entre los géneros de hongos identificados en semillas del híbrido HAN-421 (La Gloria).....	52
Cuadro 10. Análisis de varianza para variables fisiológicas y fitosanitarias en función del tratamiento.	53
Cuadro 11. Porcentaje de plántulas normales con hongos y de semillas no germinadas con hongos.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Morfología de la semilla de maíz (Martínez y Jiménez, 2016).	7
Figura 2. Aplicación de carbón activado a las semillas del tratamiento T2, aplicación en seco. Cantidad de carbón activado utilizado (Izq.) y semillas con el recubrimiento en seco (Der.).....	37
Figura 3. Prueba de papel secante y congelación. A. Siembra en la cámara de flujo laminar; las semillas son colocadas sobre toallas de papel humedecidas en agua destilada, dentro de una charola de plástico. B. Se muestran las charolas dentro de una cámara de ultracongelación a – 20°C, donde permanecieron por 24 hrs.	39
Figura 4. Número de géneros identificados por tratamiento.	49
Figura 5. Distribución de los seis tratamientos y correlación entre los géneros de hongos de acuerdo a los dos primeros componentes principales.....	51
Figura 6. Medias obtenidas de la evaluación de variables fisiológicas y sanitarias de semillas de los tratamientos. Carbón activado CA aplicado en seco (T2), semilla húmeda recubierta de CA (T3), CA con carboximetilcelulosa de sodio como adherente (T4), CA aplicado mediante osmoacondicionamiento (T5), tratamiento con Vitavax 200 FF® (T6), además del testigo (T1).	55
Figura 7. Peso y longitud de componentes de plántulas en los tratamientos evaluados. Carbón activado CA aplicado en seco (T2), semilla húmeda recubierta de CA (T3), CA con carboximetilcelulosa de sodio como adherente (T4), CA aplicado mediante osmoacondicionamiento (T5), tratamiento con Vitavax 200 FF® (T6), además del testigo (T1).	57

RESUMEN

El maíz es el principal grano básico que se consume en México, y para satisfacer la demanda se requiere de importaciones de gran escala. Este déficit de producción se debe a limitantes, dentro de las cuales se encuentran las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos transmitidos por semillas, las cuales son tratadas con fungicidas químicos para combatirlos. Estos fungicidas pueden afectar el equilibrio en la macro y microbiota del suelo; además, representan un riesgo de intoxicaciones severas o mortales tanto en animales como en seres humanos. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar los efectos del carbón activado en la incidencia de hongos asociados a semillas de maíz y en la calidad fisiológica de las mismas. Se utilizaron semillas del híbrido de maíz La Gloria HAN-421. Los tratamientos evaluados fueron: T1, testigo (se utilizaron semillas sin ningún recubrimiento ni desinfección); T2, recubrimiento en seco de carbón activado, 1.44 g/90 semillas (~4.8 kg/100 kg); T3, recubrimiento en semilla húmeda con carbón activado 1.44g/90 semillas; T4, recubrimiento con adherente a base de agua y carboximetilcelulosa de sodio, y con carbón activado, 1.44 g/90 semillas; T5, Osmoacondicionamiento de la semilla en 100 mL de agua con 2.88 gr de carbón activado; y T6, recubrimiento a base de Vitavax 200 FF®, con la dosis recomendada (100mL/100kg). Se realizaron análisis fitosanitarios con la prueba de papel secante y congelación, contabilizando los géneros de hongos detectados por semilla en 6 tratamientos, con tres repeticiones de 30 semillas; también se evaluaron variables fisiológicas con la prueba de germinación estándar en 6 tratamientos, con cuatro repeticiones de 50 semillas utilizando la técnica *entre papel*; las variables evaluadas fueron: porcentaje de plántulas normales, plántulas normales con presencia de hongo, plántulas anormales, plántulas anormales con hongo, semillas no germinadas y semillas no germinadas con hongo, longitud de plúmula y radícula, peso en fresco y seco de plúmula, radícula y remanente. Los datos se analizaron

con un análisis de varianza, comparaciones de medias con Tukey ($\alpha= 0.05$) y un Análisis Multivariado de Componentes Principales (Minitab, V.9). El análisis de varianza reveló que el T6, a base de Vitavax 200 FF®, presentó la más alta incidencia del género *Alternaria* (38.54 %), siendo estadísticamente diferente al resto de los tratamientos T1, T3, T4 T2 y T5 (6.97, 5.00, 0.00, 0.00 y 0.00 % respectivamente). Los tratamientos a base de carbón activado y el testigo, no tuvieron diferencia significativa en la inhibición de los siete géneros que se presentaron: *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cephalosporium*, *Rhizopus* y *Gonatotryps*. *Fusarium* estuvo presente en todos los tratamientos, y con mayor incidencia, aunque no significativa, en los tratamientos T5 y T6 (98.8 y 91.3 %respectivamente). La detección de hongos en la prueba de germinación indicó que el T6, a base de Vitavax 200 FF®, tuvo una incidencia de hongos inferior (7.49 %) a los tratamientos T5, T2, T3, T1 y T4 (52.54, 53.74, 55.42, 56.50 y 58.53 %, respectivamente), en las plántulas normales, así como en semillas sin germinar (11.70% vs 29.76% para el T5). De acuerdo al Análisis de Componentes Principales, el testigo (T1) registró la más alta incidencia de *Cephalosporium* y *Gonatotryps* (1.11 y 17.7 %, respectivamente), presentándose además una correlación positiva y significativa entre estos dos géneros de hongos ($r=0.881^*$), y de manera análoga, el T6, a base de Vitavax 200 FF®, registró la mayor incidencia de *Alternaria* y *Rhizopus* (38.9 y 8.9 %, respectivamente), con una correlación positiva y significativa de estos dos géneros ($r=0.998^{**}$). El recubrimiento de semillas con el carbón activado no inhibió ninguno de los siete géneros de hongo que se presentaron en este estudio, ni afectó a ninguna de las variables fisiológicas de las semillas.

Palabras clave: Carbón activado, semillas, maíz, tratamiento químico, fitosanidad.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, hoy en día, después del trigo, es el segundo cultivo de mayor importancia alimenticia, tanto humana como animal, a nivel mundial. En México, se consumen anualmente 44 millones de toneladas mientras que se producen alrededor de 27, el déficit se cubre con importaciones (SIAP, 2019). Para producir lo suficiente, se requiere atender los factores que limitan la producción y el abastecimiento de este grano. Un factor limitante en la producción de este y otros cereales, es la pérdida ocasionada por hongos fitopatógenos, que inciden en planta y semilla de dicho cultivo.

Los hongos son los patógenos más importantes de las plantas, son también los patógenos transportados por semillas más relevantes. Ciertos hongos que afectan a las semillas se desarrollan en campo, hasta que las semillas alcanzan su madurez fisiológica, momento que inician un estado de latencia y en cuyo estado permanecen durante el almacenamiento, este grupo de hongos se conocen como hongos de campo, los géneros más comunes de estos son: *Alternaria*, *Fusarium*, *Cladosporium* y *Helminthosporium*. A los hongos que invaden las semillas durante o después de la cosecha se les conoce como hongos de almacén, donde destacan especies del género *Aspergillus* y algunas de *Penicillium*. Ambos grupos de hongos constituyen una de las causas del deterioro y pérdida de viabilidad de las semillas y pérdida de calidad sanitaria (Moreno, 1988).

En la actualidad, el principal método de control y protección contra hongos fitopatógenos en las semillas, es mediante tratamientos químicos de estas (Geep *et al.*, 2011). Los ingredientes activos que contienen los tratamientos químicos, brindan a los productores una mayor seguridad de protección en las plántulas que emergen desde la germinación. Sin embargo, el uso de estos puede traer consecuencias negativas sobre el equilibrio en la macro y microbiota del suelo (Sun *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2011). Diversos estudios señalan el efecto fitotóxico de los fungicidas

(Dias, 2012), además, los de tipo sistémico permanecen en la planta durante todo su desarrollo (Masnage *et al.*, 2014; Saeid, 2003). Por lo anterior, es necesario contar con alternativas amigables con el ambiente y con la salud de los consumidores.

Diversos estudios han mostrado que el carbón vegetal activado permite inhibir e incluso eliminar ciertos microorganismos fitopatógenos, como *Spongospora subterranea* (Wall) John, causante de la sarna polvorienta, en tubérculos de papa (Deheza, 2011) y *Sclerotium rolfsii*, en plántulas de tomate (Nunes, 2021). También, ha permitido mejorar las condiciones del suelo como densidad aparente, porosidad, retención de humedad, capacidad de intercambio catiónico y el pH (Rivera, 2021).

Considerando que los fungicidas sintéticos pueden afectar el equilibrio en la macro y microbiota del suelo, además, representan un riesgo de intoxicaciones severas o mortales tanto en animales como en seres humanos, esta investigación se desarrolló en base a los objetivos e hipótesis que se mencionan a continuación.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar los efectos del carbón activado en la incidencia de hongos asociados a las semillas de maíz.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto del recubrimiento de semillas de maíz con carbón activado en la incidencia de hongos asociados a las semillas de maíz.
- Determinar el efecto del carbón activado en la calidad fisiológica en semillas de maíz.

3. HIPÓTESIS

- Ha: El carbón activado tiene efectos inhibitorios para el desarrollo de hongos asociados a semillas de maíz.
- Ha: El carbón activado tiene efectos estimulantes en la germinación de la semilla de maíz.
- Ho: El carbón activado no tiene efectos inhibitorios para el desarrollo de hongos asociados a semillas de maíz.
- Ho: El carbón activado no tiene efectos estimulantes en la germinación de la semilla de maíz.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Descripción de la planta de maíz

El maíz es una planta solo conocida en cultivo, originaria de la América tropical. Es un herbáceo, que puede alcanzar hasta tres y cuatro metros de altura en ciertos casos. La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual. Su tallo, en forma de caña, no es ramificada y está constituido por nudos algo hinchados que limitan a largos entre nudos macizos, los entrenudos de la región inferior son cortos y gruesos a medida que se colocan en la parte superior, se tornan más largos y delgados (Ruiz *et al.*,1979). Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinerves. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. Tiene una inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. Sus raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo. La inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espiga) 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 marca un menor contenido en granos u óvulos, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral (vulgarmente conocido como “olote”) (CIBIOGEM y CONACYT, 2003).

4.2. Descripción de la semilla de maíz

Martínez y Jiménez (2016) describen a los granos de maíz como cariósides desnudas, cuyas partes fundamentales son el pericarpio, el endospermo, el germen y el funículo. A continuación, se describen los tres primeros.

Pericarpio. – Constituye la parte externa del grano, siendo al 5-6% del total del peso del grano; es resistente al agua y al vapor. No es un alimento deseado por los insectos y los microorganismos. Dicha estructura se deriva de la compactación del endocarpio, mesocarpio y epicarpio, las cuales constituyen el fruto del maíz que es la cariósida (Ruiz *et al.*, 1979).

Endospermo. – En la mayoría de las variedades de maíz, representa el 80-82% del total del peso del grano seco y es la fuente de almidón y proteína para la semilla que va a germinar.

Embrión/Germen. – Representa entre el 8 y el 12% del peso del grano. Está conformado por: a) Escutelo, encargado de la alimentación del embrión en el momento de su germinación, y b) Eje embrionario, conformado por una plúmula, que posee de cinco a seis hojas y una radícula.

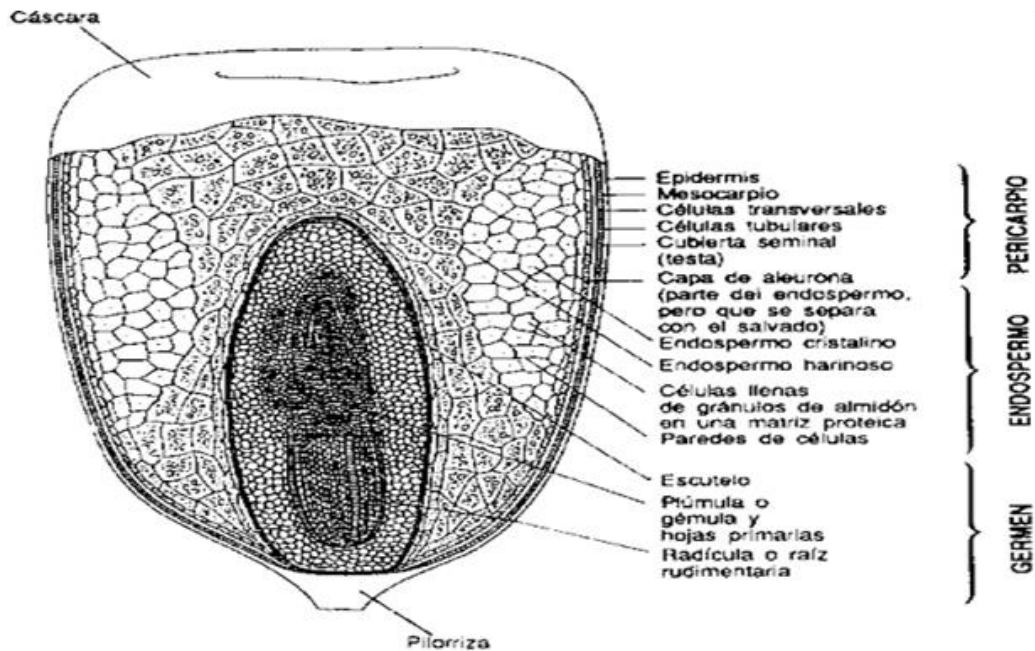


Figura 1. Morfología de la semilla de maíz (Martínez y Jiménez, 2016).

4.3. Importancia de la calidad de las semillas

Para todo cultivo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla a sembrar para procurar el éxito. La semilla es el material de partida para la producción. Es condición indispensable que tenga una buena respuesta bajo las condiciones de siembra y que produzca una plántula vigorosa para alcanzar el máximo rendimiento.

La calidad de semilla es un conjunto de características deseables, que comprende varios atributos que refieren a la conveniencia o aptitud de la semilla para sembrarse (Farrás, 2018). La calidad de una semilla no la determina su aspecto interior, ni el tamaño uniforme ni el color similar o que no presente daños aparentes. En relación con las semillas, la calidad puede subdividirse en cualidades básicas: física, genética, fisiológica y sanitaria (Terenti, 2004).

Calidad física. - Se la asocia con el color, brillo, daños mecánicos (fracturas, cuarteos), la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto de la semilla deseable. Estos contaminantes pueden ser: materiales inertes, semillas de malezas comunes y nocivas, formas reproductivas de plagas y enfermedades.

Calidad genética. - Se produce en la etapa del mejoramiento genético. Los trabajos de cruzamiento, selección, orientados a obtener variedades e híbridos de mayor productividad, precocidad, adaptabilidad, calidad del grano, mayor eficiencia en el uso del agua y nutrientes.

Calidad fisiológica. – Se relaciona con la capacidad para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas (Terenti, 2004).

Calidad sanitaria. - Se relaciona con la presencia o ausencia de patógenos, principalmente hongos, bacterias y virus. Muchos de estos patógenos son causantes de fallas en la germinación y/o de la producción de plántulas enfermas que no prosperarán en plantas adultas en el campo (Lallana *et al.*, 2011).

El objetivo principal de controlar los patógenos que se transmiten por semilla se logra a través de la aplicación de varias estrategias destinadas a reducir estos riesgos. Considerando la importancia económica internacional del rubro de producción de semillas, se puede decir que la fitopatología de la semilla tiene gran trascendencia para que la producción de las diferentes especies llegue a feliz término y en condiciones económicas favorables (Arriagada, 2004).

4.4. Clasificación y descripción general de los hongos

Los hongos son pequeños organismos productores de esporas, generalmente microscópicos, eucarióticos, ramificados y a menudo filamentosos que carecen de clorofila y que tienen paredes celulares que contienen quitina, celulosa, o ambos. Los hongos son heterótrofos, al igual que los animales obtienen los nutrientes de sustancias ya elaboradas por otros organismos. Sin embargo, los hongos no digieren la materia orgánica (Agrios, 2008).

En la primera clasificación de este reino se encuentran cinco Divisiones o Filos: *Ascomycota*, *Basidiomycota*, *Chytridiomycota*, *Glomeromycota*, y *Zygomycota*, estas se agrupan en: hongos superiores y hongos inferiores. En el primer grupo encontramos al Filo *Ascomycota* y al Filo *Basidiomycota*. La diferencia de estos, radica en forma de producir las esporas: unos mediante "ascas" (*Ascomycetes*) y otros por "basidios" (*Basidiomycetes*). En el grupo de hongos inferiores se encuentran los *Myxomycetes*, que actualmente pertenecen al Reino Protozoa dentro de su Filo *Mycetozoa* (ITIS, 2019). Las categorías taxonómicas usadas en la clasificación de los hongos son (Alexopoulos y Mims, 1985):

Superreino: (Eucariontes)

Reino: (Micetes)

División:

Clase:

Orden:

Familia:

Género:

Especie

Los nombres de las divisiones de los hongos deben terminar en –micotes (L. *mycota*), las subdivisiones en –micotinas (L. *mycotina*), las clases en micetes (L. *mycetes*) y las subclases en micétidas (L. *mycetidae*). Los nombres de los órdenes terminan en –ales y los de las familias en –áceas; mientras que género y especie no presentan terminaciones estándar (Alexopoulos y Mims, 1985).

Vidhyasekaran (2004), define a los hongos como el grupo más extenso de patógenos agrícolas. Los hongos que crecen sobre productos agrícolas, en especial los que invaden granos durante su desarrollo, cosecha o almacenamiento, han sido clasificados desde el punto de vista ecológico por Christensen y Kauffman (1969) en hongos de campo, hongos de almacén y hongos de deterioro avanzado.

En el caso de los hongos de almacén, son microorganismos que invaden los granos después de la cosecha, principalmente incluyen especies de *Aspergillus* y *Penicillium*, que pueden crecer en humedades relativas de 65-90%, condiciones de humedad muy frecuentes en el almacenamiento de granos.

Mientras que los hongos de deterioro avanzado, como *Chaetomium*, *Rhizopus*, *Mucor*, algunas especies de *Aspergillus*, entre otros, pueden invadir los granos y otros productos si estos han sido almacenados bajo condiciones inadecuadas de humedades relativas mayores a 65% y temperaturas adecuadas para su desarrollo (Vázquez, 2016).

Por otro lado, los hongos de campo se caracterizan por requerir alto contenido de humedad e invaden a las semillas antes y después de la cosecha; entre los géneros importantes destacan: *Alternaria*, *Cladosporium*, *Helminthosporium* y *Fusarium* (González, 1995).

4.5. Desarrollo de los hongos transmitidos por semilla

Los hongos en las semillas son acarreados en dos formas: como una infección o como una infestación. La primera implica que el patógeno ha invadido los tejidos de la planta, y se ha establecido en ellos; y la segunda que el patógeno va como contaminante, en forma de esporas o de esclerocios, directamente sobre la semilla, pero sin invadir las testas o pericarpios, o bien en residuos del cultivo y en partículas del suelo (Moreno, 1996).

Localización. - Para que una semilla sea infectada o infestada por un determinado patógeno se requiere la concurrencia de diversos factores: los genotipos del hongo

y del cultivo, así como el ambiente donde se producen las semillas, si todos esos factores favorecen al patógeno, las semillas serán infectadas o infestadas según sea la enfermedad. La infección de las semillas puede darse en forma sistémica a través del pedúnculo de las flores y de los frutos hasta llegar a las semillas por el funículo, otras de las formas de llegar a los embriones de las semillas es a través de los estigmas de las flores. Otros hongos penetran en el embrión a través de las paredes del ovario, aunque los hongos también pueden entrar en las semillas por las aberturas naturales, como el hilo y el micrópilo o por heridas. En cuanto a los hongos que no infectan a las semillas, sino que van con ellas como contaminantes, pueden ir o no adheridos a la superficie de la semilla (Moreno,1996).

Transmisión. - Para que un hongo sea considerado como transmitido por la semilla y pueda llegar a producir una enfermedad es necesario que se encuentre infectando o infestando a la semilla en tal cantidad y calidad de inóculo y en las condiciones ambientales adecuadas como para que pueda incitar el desarrollo de la enfermedad después de la germinación de la semilla. La transmisión puede ser sistémica o no sistémica, la primera hace referencia a que el hongo este dentro de la semilla (Moreno,1996).

4.5.1. Daños en la semilla por hongos fitopatógenos

Los hongos que se alojan en las semillas causan diferentes daños; si la infección es muy severa, el daño puede ocasionar la muerte del embrión, si las infecciones son leves, las semillas no pierden su poder germinativo, sin embargo, sí puede verse afectado su vigor. Por otro lado, si llegan a germinar, son portadoras directas de los patógenos; lo cual tendrá un efecto determinante en el desarrollo de las enfermedades (Moreno,1996).

Durante su desarrollo en las semillas almacenadas, los hongos causan diferentes tipos de daños. Christensen y Kauffmann (1969) mencionan que los principales daños ocasionados por hongos son:

1. Reducción del poder germinativo. Ciertas especies de *Fusarium* y *Helminthosporium*, pueden atacar directamente la viabilidad de las semillas al matar los embriones. En semillas de maíz, el papel de los hongos es determinante en la pérdida del poder germinativo (Moreno y Christensen, 1972).
2. Ennegrecimiento total o parcial en las semillas. Otros de los daños que ocurren debido a la acción de los hongos, es la coloración o ennegrecimiento del embrión, así como la muerte del mismo. Las decoloraciones y los defectos producidos por patógenos sobre la semilla pueden, en algunos casos, ser conspicuos y reconocibles, debiendo observarse -además- los restos vegetales asociados y restos inertes en los cuales se puede transportar patógenos.
3. Calentamiento y hedor. Los hongos de semillas almacenadas como *Aspergillus candidus* y *A. flavus*, que crecen en semillas con humedad superior al 16.5 %, son capaces de elevar la temperatura del granel hasta 50-55°C, cuando encuentran condiciones muy favorables para su crecimiento, bajo ciertas circunstancias se desencadenan reacciones químicas que elevan aún más la temperatura hasta llegar al punto de combustión espontánea y destrucción total del granel (Christensen y Kaufmann, 1969).
4. Diversos cambios bioquímicos.
5. Producción de toxinas que al ser ingeridas pueden ser dañinas tanto en animales como en el hombre. Algunos de los hongos, producen toxinas que se alojan en el grano, afectando su calidad sanitaria. Varias especies de *Fusarium* han sido asociadas con micotoxinas en humanos y animales.

4.6. Principales hongos asociados a semilla de maíz

Las enfermedades fúngicas en maíz inician por la infección en el endospermo de la semilla, por especies de los conocidos “hongos de campo”, donde se destacan principalmente los géneros: *Gibberella*, *Fusarium*, *Diplodia* y *Helminthosporium*. Estos géneros infectantes penetran al interior de la semilla y se alojan hasta el momento que las condiciones ambientales permiten su desarrollo y reproducción, ocasionando la pronta muerte del embrión (IICA-BID,1989). Los contaminantes externos o infestantes (los que se transportan en el exterior de la semilla), particularmente los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*, no son considerados como dispersores de enfermedades (CIMMYT, 2004). La muerte de la semilla de maíz, también se puede atribuir a pudriciones del escutelo reblandecido y manchado por acción de saprófitos de los géneros *Mucor* y *Rhizopus* y de especies contaminantes de *Aspergillus* y *Penicillium* (IICA-BID, 1989).

La pudrición de las raíces generalmente es causada por hongos de los géneros *Fusarium* y *Pythium*. La raíz se debilita, se humedece y comienza a podrirse, consecuentemente, el abastecimiento de alimentos a la planta se retarda y esta puede incluso inclinarse al perder sostén de la raíz al suelo. (Krueger, 1991). A continuación se listan algunos géneros asociados a semillas de maíz.

Fusarium

Clasificación taxonómica (Alexopoulos y Mims, 1985).

Reino: *Micetes*

División: *Ascomycota*

Subdivisión: *Deuteromycotinas*

Clase-forma: *Deuteromycetes*

Orden: *Moniliales*

Familia-forma: *Tuberculariaceae*

Género: *Fusarium*

El género *Fusarium* presenta una distribución cosmopolita y es endémico de zonas maiceras de todo el mundo (Mendoza *et al.*, 2003). Es un patógeno transmitido por el suelo, y produce ciertas micotoxinas como son los tricótesenos y fumonisinas, las cuales se relacionan como causantes de diversas enfermedades cerebrales, vasculares y cancerígenas (Agrios, 2008).

El daño a las plantas lo ocasiona de forma individual o en asociación con otros hongos, nematodos y bacterias (Vidhyasekaran, 2004); en trigo, el ataque ocurre principalmente en antesis y se extiende hasta el momento de la cosecha, los síntomas del tizón se presentan a los 2-4 días posteriores a la infección, esta es más severa en suelos con restos de cosecha y en campos irrigados (Wegulo *et al.*, 2017); en maíz, es causante de pudrición de tallo y pudrición de mazorca (CIMMYT, 2004).

En semilla, el micelio puede invadir y ocasionar manchas en las cubiertas externas, causando además disminución de la geminación por la muerte del embrión (DGSV-CNRF, 2020). El género *Fusarium* en el cultivo del maíz, requiere de altos contenidos de humedad para crecer (22-25%) e invaden los granos de las plantas antes de la recolección (Marín *et al.*, 2004).

Penicillium

Clasificación taxonómica (Alexopoulos y Mims, 1985).

Reino: *Micetes*

División: *Ascomycota*

Subdivisión: *Deuteromycotinas*

Clase-forma: *Deuteromicetes*

Orden: *Moniliales*

Familia: *Moniliaceae*

Género: *Penicillium*

Penicillium es un hongo filamentoso hialino, saprófito perteneciente al filo Ascomycota. Pitt y Leistner (1991) describen el género *Penicillium* como mohos comunes que se desarrollan sobre los más diversos sustratos: granos, paja, cueros, frutas, etc.

La importancia de estos mohos en la alimentación humana y animal se debe a que, además de causar deterioro, producen toxinas. Las especies de *Penicillium* producen varios metabolitos secundarios. Estas sustancias son producidas por el hongo para afianzarse en su ambiente natural inhibiendo a otros organismos que compiten por el ambiente. En maíz, son capaces de ocasionar pudrición de mazorca (CIMMYT, 2004). Se ha encontrado que diversas levaduras permiten el control de *Penicillium* en ciertos cultivos al activar el sistema inmune (Vidhyasekaran, 2004). Por otro lado, algunas especies pueden tener aplicaciones en la industria alimenticia y farmacéutica, por ejemplo, *P. roqueforti* es utilizado en la elaboración de queso azul (Ropars *et al.*, 2012).

Gonatobotrys

Clasificación taxonómica (ITIS, 2019; Vidhyasekaran, 2004; Agrios, 2008).

Reino: *Micetes*

División: *Ascomycota*

Subdivisión: *Pezizomycotina*

Clase-forma: *Sordariomycetes*

Subclase: *Hypocreomycetidae*

Orden: *Melanosporales*

Familia: *Ceratostomataceae*

Género: *Gonatobotrys*

Este género es un **anamorfo** (etapa asexual) de *Melanospora* (Agrios, 2008). En este género se incluye *G. simplex*, el cual es conocido como un mico-parásito (Hoch, 1976; Vakili, 1989). *G. simplex* a su vez, es parasitado por otro hongo, *Epicoccum purpurascens* (Urbasch, 1989). La presencia de este género, al menos la especie *G. simplex*, representa una ventaja para la supresión de otras especies patógenas como lo son: *Alternaria tenuis* (Whaley y Barnett, 1963; Hoch, 1976) y en menor medida sobre *Alternaria alternata* (Vakili, 1989), también, podría suprimir a *Fusarium subglutinans*, mediante su **teleomorfo** (etapa sexual) *Melanospora damnosa* (Vakili, 1989). A su vez, *G. simplex*, no aparenta sobrevivir sin la presencia de otros hongos que le suministren los nutrientes necesarios, así como “*mycotrophein*”, sustancia reconocida como factor de crecimiento que es indispensable para el sustento de esta especie (Whaley y Barnett, 1963).

Alternaria

Clasificación taxonómica (Alexopoulos y Mims, 1985).

Reino: *Micetes*

División: *Ascomycota*

Subdivisión: *Deuteromycotinas*

Clase-forma: Deuteromicetes

Orden: *Moniliales*

Familia-forma: *Dematiaceae*

Género: *Alternaria*

El género *Alternaria* abarca cientos de especies. La mayoría son saprofitas, encontrándose en el suelo, material en descomposición y aire (Rivas, 2014). El patógeno *Alternaria* tiene un micelio de color oscuro y en los tejidos viejos infectados produce conidióforos cortos, simples y erectos que dan origen a cadenas simples o ramificadas de conidios. Estos son grandes, alargados y oscuros, o bien multicelulares y en forma de pera y presentan septas tanto transversales como longitudinales.

Se encuentra entre las enfermedades más comunes de muchos tipos de plantas en todo el mundo. Afectan principalmente a las hojas, tallos, flores y frutos de plantas anuales, las enfermedades causadas por *Alternaria* aparecen en forma de manchas y tizones foliares, pero pueden ocasionar también al ahogamiento de plántulas (Agrios, 2008)

Cephalosporium

Clasificación taxonómica (Alexopoulos y Mims, 1985).

Reino: *Micetes*

División: *Ascomycota*

Subdivisión: *Deuteromicotinas*

Clase-forma: *Deuteromicetes*

Orden: *Moniliales*

Familia: *Moniliaceae*

Género-forma: *Cephalosporium*.

Entre las enfermedades ocasionadas por especies de este género, se encuentra la necrosis vascular y la marchitez tardía, así como la pudrición de mazorca (CIMMYT, 2004). *Cephalosporium maydis* infecta a la planta a través de las raíces y asciende por la xilema colonizándola sistémicamente. El síntoma inicial de la enfermedad es la marchitez en hojas desde el borde hacia la nervadura central, comenzando por las hojas inferiores. Los síntomas aparecen poco antes de la floración, agravándose hasta poco antes de la madurez (Molinero *et al.*, 2010).

Rhizopus

Clasificación taxonómica (Alexopoulos y Mims, 1985).

Reino: *Micetes*

División: *Zygomycota*

Clase: *Zygomycetes*

Orden: *Mucorales*

Familia: *Mucoraceae*

Género: *Rhizopus*

Rhizopus suele localizarse en el suelo, degradando frutos y vegetales, heces animales, y residuos; aunque algunas especies son patógenos vegetales, la mayoría son saprófitos más que parásitos. En este género se encuentran ciertas especies que revisten importancia económica, como lo es *R. oryzae*, que se utiliza para la producción de diversas enzimas de importancia industrial, como en la producción de alcohol, biodiesel y diversos aditivos alimenticios (Ghosh y Rani, 2011), en la remoción de metales pesados como Cu, y *R. oligosporus* en remoción de Hg (Huang, 1996; Ozsoy, 2010).

Aspergillus

Clasificación taxonómica (Alexopoulos y Mims, 1985).

Superreino: Eucariontes

Reino: *Micetes*

División: *Ascomycota*

Subdivisión: *Deuteromycotinas*

Clase-forma: *Deuteromycetes*

Orden: *Moniliales*

Familia: *Moniliaceae*

Género: *Aspergillus*

El micelio característico del género *Aspergillus* ocasiona el deterioro de muchos productos alimenticios. También, al invadir el embrión de la semilla, ocasiona que el porcentaje de germinación disminuya notablemente.

El color es la principal característica macroscópica para la identificación de los grupos de *Aspergillus*. Poseen distintos tonos de verde, pardo, amarillo, blanco, gris y negro. Las cabezas conidiales presentan bajo el microscopio cuatro formas básicas: globosa, radiada, columnar o claviforme y a simple vista las más grandes suelen parecer diminutos alfileres sobre el substrato (Kozakiewicz, 1989).

Aspergillus infecta los granos de maíz cuando aún están en campo y su incidencia aumenta si los granos están dañados durante el almacenamiento. La infección por este género ocasiona pudrición de mazorca y ciertas especies producen micotoxinas tóxicas en mamíferos y aves (CIMMYT, 2004).

4.7. Métodos y medidas utilizadas para la prevención y control de los hongos fitopatógenos.

Para evitar el deterioro de granos y semillas durante el almacenamiento es importante mantener un nivel del contenido de humedad inferior al mínimo requerido para el desarrollo de los hongos de almacén, en cereales es de 13.5%. La temperatura es otro factor importante para reducir el deterioro de granos, debe mantenerse tan baja como sea posible debido a que la mayoría de los hongos de almacén crecen con mayor rapidez a temperaturas entre 30 y 55 °C. Otro factor que se debe considerar es el de mantener el grano bien ventilado durante su almacenamiento, debido a que el flujo de aire elimina el exceso de humedad y disminuye la temperatura, y con ello, se disminuye el desarrollo de hongos (Vázquez *et al.*, 2016).

La mayor parte de los compuestos utilizados para evitar el desarrollo de hongos en el almacén, tienden a ser fungistáticos más que fungicidas. Varios ácidos orgánicos como el sórbico, benzoico, propiónico, acético y fórmico han sido utilizados como preservantes de productos alimenticios almacenados, normalmente en forma de sales sódicas, potásicas y cálcicas (Vázquez y Moreno, 2016).

Gran variedad de investigaciones, centra sus estudios sobre la formulación de productos naturales con algún tipo de actividad biológica, sobre hongos fitopatógenos con una eficacia y una acción cada vez mayor y más rápida, lo que está generando que estas prácticas sean más eficaces en un amplio rango de condiciones ambientales (Adekambi *et al.*, 2010; Gakuya *et al.*, 2013).

4.8. Productos químicos utilizados en el control de hongos fitopatógenos en semillas.

Los fungicidas utilizados en el tratamiento de semillas, permiten prevenir o reducir las pérdidas que ocasionan las enfermedades fungosas provocadas por los

organismos asociados a la semilla o presentes en el suelo. Estos se aplican a: semillas, bulbos, raíces de plántulas, y otros órganos de propagación. Estos tratamientos usualmente son aplicados por la compañía de semillas. Algunos tratamientos requieren ser efectuados por el cultivador en el lugar y al momento de la siembra (McGrath, 2004). Los fungicidas son aplicados como polvos, gránulos, gas y, más comúnmente, en forma líquida; a la combinación de una de estas características físicas y al método de aplicación, se le conoce como tipo de formulación. La clasificación de fungicidas, está dada principalmente por tres criterios: tipo de movilidad, estructura química y modo de acción bioquímico. De acuerdo a la movilidad, se divide en:

Sistémicos: Este tipo de producto se absorbe mediante las raíces y se va desplazando por toda la planta. Existen otros productos sistemáticos que se conocen como fungicidas translaminares, cuya característica principal es la capacidad de desplazarse desde la zona superior de una hoja hasta el inferior, pero no va de hoja a hoja (Arriagada, 2004).

De contacto: Se aplica sobre la semilla y forma una película protectora externa. Son protectores o preventivos, forman una barrera entre el patógeno y la planta que impide la infección y penetración del patógeno (FRAC, 2022).

De acuerdo a la estructura química, hay fungicidas orgánicos y sintéticos o mercuriales y no mercuriales, metálicos y no metálicos, según los compuestos. Los fungicidas de tipo orgánicos son aquellos cuyas moléculas contienen átomos de carbono, no tienen propiedades erradicantes, estos fungicidas al ser preventivos deben aplicarse antes de aparecer la enfermedad siendo su acción fungistática, ya que inhiben primordialmente la germinación de las esporas de los hongos y el desarrollo subsecuente de la enfermedad, protegiendo los tejidos vegetales en tanto dure su persistencia sobre las partes tratadas, no protegiendo las nuevas superficies creadas con el crecimiento vegetativo (Arriagada, 2004). Los fungicidas inorgánicos o sintéticos son aquellos que se basan en elementos como el cobre, el cadmio o el mercurio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Grupos más comunes de fungicidas en función de su estructura química.

Tipo de movilidad	Estructura química	Grupo químico
Contacto	Orgánicos	<p>Ditiocarbamatos: dentro de esta agrupación podemos destacar el metilmetiram, zineb, thiram, vapam, maneb, bunema, nabam, metiram y ferbam.</p> <p>Además de los Ditiocarbamatos, también se pueden mencionar: Ftalamidas, Clorofenilos, Quinonas, Sulfamidas, Tiazinas, Nitroparafinas y Quinoxalinas</p>
	Inorgánicos	<p>Azufrados: el Sulfuro de hidrógeno inhibe la respiración, afecta proteínas y forma quelatos con metales pesados en la célula fúngica. Efectivo contra oidios, royas y manchas foliares.</p> <p>Compuestos de cobre: dentro de este grupo podemos encontrar el oxiclورو de cobre, el cloruro de cobre, el “caldo bordelés”, carbonato de cobre, cromato de cobre, quinolinolato de cobre -8, neftenato de cobre, oleado de cobre y sulfato de cobre. Dentro de todos estos compuestos tenemos que destacar la “mixtura de Burdeos” también denominada como caldo bordelés que está compuesta por sulfato de cobre y cal muerta. La mixtura de Burdeos es destacada porque fue el primer fungicida que funcionó.</p> <p>Estañados. - potencialmente fitotóxico y muy residual.</p>

Yodo.- desinfectante externo y aumenta las defensas de las plantas.

Sistémicos **Sintéticos**

Compuestos organofosforados: dentro de este grupo podemos destacar los IBP (inhibidores de la bomba de protones) kitazin, ditalinfos, pirazofos y edifenfos (IAUSA, 2016).

Compuestos de mercurio: dentro de este conjunto podemos encontrar algunos como son el óxido mercúrico, el MEMC (cloruro metoxietilmercúrico), el calomel (cloruro mercurioso), PMA (acetato fenilmercúrico), mercuram y lactato de mercurio.

Otros grupos: Dicarboxamidas, Benzimidazoles, Inhibidores de la biosíntesis del ergosterol, Strobilurinas, Guanidinas, Fenilpirroles, Fenilcarbamatos, Benzamidas, Hidroxipirimidinas, Fenoxiquinolinas, Inhibidores de la biosíntesis de quitina, Inhibidores de la biosíntesis de melaninas, Inhibidores de la respiración mediante fosforilación oxidativa, Oxazilidinediona, Hidrocarburos aromáticos y ompuestos relacionados, Inhibidores de la respiración en el complejo II

De acuerdo a su modo de acción bioquímico, los fungicidas se agrupan en alrededor de 12 categorías (FRAC, 2022). El modo de acción representa la forma en la que el fungicida interactúa de manera específica con el hongo, esto se detalla más adelante. El modo de acción de estos fungicidas es variado, algunos de los

compuestos interfieren en los procesos de energía a nivel celular, bloqueando los procesos de deshidrogenación de los nucleótidos de adenosina nicotinamida en la cadena respiratoria. Otros productos como el Maneb, Zineb, Captan y Clorotalonilo pueden tener una acción inespecífica que se relaciona con la interferencia de enzimas o compuestos metabólicos intermedios que actúan en la respiración. El Imazalilo inhibe la biosíntesis del ergosterol y el Quintozene, la síntesis de quitina de los hongos. En general, son productos efectivos contra *Oomicetes* y Hongos Imperfectos (Arriagada, 2004).

4.8.1. Clasificación de los fungicidas en función de la posible resistencia cruzada y modo de acción

La selección de los productos y las combinaciones se deben basar en la evaluación de información significativa. Dentro de la gama de productos químicos que encontramos en el mercado, los productos “listos para usar” son diseñados para tratar las semillas de manera efectiva sin utilizar ningún componente adicional a excepción de agua, suelen incluir productos de tratamiento de semilla, materiales de cobertura, micronutrientes, y otros aditivos. Cuando se realizan mezclas de productos, es necesario evaluar y verificar la compatibilidad, así como la efectividad de la mezcla (ASTA, 2015).

El objetivo de la clasificación de los fungicidas a partir de su modo de acción es asegurarse de que los usuarios de fungicidas están al tanto de los grupos de modos de acción y tienen una base sólida sobre la que llevar a cabo un manejo de la resistencia sostenible, a través del uso efectivo de mezclas, secuencias y alternancia de fungicidas con diferentes modos de acción (FRAC, 2022).

La resistencia cruzada, se da cuando los patógenos que presentan resistencia a un fungicida también lo hace con otros fungicidas relacionados, aun cuando no hayan sido expuestos a este. Esto ocurre porque presentan modos de acciones similares (Brent y Hollomon, 2007). El Código FRAC (grupo de trabajo para la prevención de resistencia a fungicidas) utiliza números y letras para distinguir los grupos de fungicidas según su comportamiento de Este código debe usarse para definir el

número de GRUPO en las etiquetas de los productos. Los números se asignaron principalmente de acuerdo con el momento de la introducción del producto en el mercado. Las letras se refieren a P = inductores de defensa de la planta huésped, M = inhibidores químicos de múltiples sitios, U = modo de acción desconocido y riesgo de resistencia desconocido, y BM = biológicos con múltiples modos de acción (FRAC, 2022). En el Cuadro 2, se muestran algunos ejemplos de fungicidas con distinto modo de acción.

Diversos productos se combinan en cuanto al modo de acción, de manera que se tenga una mayor efectividad, incluso se realizan mezclas con insecticidas, colorantes, polímeros de cubierta, entre otros ingredientes; por ejemplo, el Vitavax 200 FF® es un fungicida de contacto y protectante por acción del Thiram, el cual se disuelve en la solución del suelo e inhibe el desarrollo de patógenos cercanos a la semilla, y altamente sistémico por el Carboxin, que se absorbe por la radícula y se transloca a los puntos de crecimiento de la planta. De acuerdo al fabricante, favorece la germinación y aumenta el vigor de la semilla aún en condiciones adversas, además, promueve un mayor desarrollo de raíces y mejor absorción de agua y nutrientes (Arysta, 2018). Este fungicida tiene control en géneros como *Tilletia*, *Ustilago*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Pythium*. La composición de Vitavax 200 FF® es (Arysta, 2018):

17 % de Carboxin (5,6-dihidro-2-metil-N-fenil-1, 4-oxatiin-3-carboxamida), equivalente a 200 g de i.a./L

17 % de Thiram (Disulfuro de tetrametil tiuram), equivalente a 200 g de I.A./L

66 % de ingredientes inertes, entre los que se cuentan diluyentes, humectantes, dispersantes, colorantes y compuestos relacionados.

Cuadro 2. Ejemplos de fungicidas utilizados en el tratamiento de semillas, de acuerdo al modo de acción y resistencia cruzada.

Modo de acción*	Nombre común del fungicida (y su tipo de movilidad)**	Producto comercial**	Géneros que controla**	Grupo de resistencia cruzada*
A. Metabolismo de los ácidos nucleicos	Mefenoxan	Apron XL®	Oomicetos (<i>Pythium</i> , <i>Plasmopara halstedii</i> , <i>Peronospora viciae</i>)	4
C. Respiración	Sedaxan	CRUISER MAXX™ Cereals	<i>Monographella nivalis</i> , <i>Pyrenophora graminea</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Tilletiacaries</i> , <i>Typhula incarnata</i> , <i>Ustilago nuda</i>	7
C. Respiración	Carboxin (Sistémico)	CARBOXIN	<i>Rhizoctonia</i> , <i>Pythium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Sclerotium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Aspergillus sp</i> , <i>Cercospora</i> , <i>Rhizopus</i> y <i>Streptomyces</i> .	7
E. Transducción de señales	Fludioxonil	Maxim 4 FS®	<i>Fusarium</i> , <i>Helminthosporium</i> , <i>Rhizoctonia</i> .	12
G. Biosíntesis de esteroides en membranas	Difenoconazole, metalaxyl-M and S-isomer	DIVIDEND EXTREME®	<i>Fusarium</i> , <i>Pythium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> spp.	3
G. Biosíntesis de esteroides	Prothioconazole+tebuconazole	PUCARA®	Hongos de suelo (<i>Fusarium graminearum</i>) Podredumbre de las	3

en membranas				semillas (<i>Rhizopus spp</i> , <i>Aspergillus spp</i> , <i>Penicillium spp</i>) <i>Alternaria spp</i> .	
M. Actividad en múltiples sitios	Thiram (Contacto)	THIRAM Granuflo®		<i>Alternaria solani</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Phytophthora infestans</i> , <i>Venturia pirina</i> , <i>Colletotrichum acutatum</i> , <i>Sclerotinias p</i> <i>p</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Stigmina carpophila</i>	M03
M. Productos químicos con actividad en múltiples sitios	Captan	CAPTAN Plus	50	<i>Peronospora spp</i> , <i>Phythium ultimun</i> , <i>Colletotrichum sp</i> , <i>Glomerella spp</i> , <i>Oidium mangiferae</i> .	M04

*De acuerdo a FRAC (2022). **De acuerdo a la etiqueta en el producto comercial.

4.9. Consecuencias por uso irracional de fungicidas

Fitotoxicidad en las plantas. - Los productos de contacto afectan a las células vegetales si penetran en ellas, pero en condiciones normales no lo hacen. Pero con uso repetido, excesivo, en alta concentración o en condiciones ambientales anormales pueden penetrar en cantidad suficiente para causar fitotoxicidad notoria. Algunos inhibidores de la biosíntesis del ergosterol, aplicados a la semilla o a plantines, reducen el crecimiento al disminuir la síntesis de ácido giberélico (Geep *et al.*, 2011)

Toxicidad al personal. - La exposición durante el manejo puede provocar toxicidad aguda o crónica. Los efectos de la exposición y/o asimilación pueden ser toxicidad

aguda por ingestión, inhalación o absorción cutánea, dermatitis, reacciones alérgicas, incremento en la incidencia de cáncer en diversos órganos, conjuntivitis y daños irreversibles en los ojos (Geep *et al.*, 2011), si no se utilizan las medidas preventivas correspondientes y los equipos de seguridad. Todos los manipuladores de pesticidas (aplicadores, mezcladores/cargadores) tienen la obligación legal de seguir todas las instrucciones del EPP (Equipo de protección personal) que aparecen en la etiqueta del producto (Brenes, 2017).

La Norma Oficial Mexicana NOM-232-SSA1-2009 establece los requisitos, indicaciones y características que deben cumplir el envase, embalaje y etiquetado de plaguicidas, a fin de minimizar los riesgos a la salud de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y de la población en general, durante su almacenamiento, transporte, manejo y aplicación.

4.10. Uso de Carbón Activado como alternativa ambiental de tratamientos de protección fitosanitaria de la semilla.

El término carbón activo designa un amplio espectro de materiales que se diferencian fundamentalmente en su estructura interna (distinción de poros y superficie específica) y en su granulometría.

Desde el punto de vista de la composición química, el carbón activo es carbón prácticamente puro, al igual que lo es el diamante, el grafito, el negro de humo y los diversos carbones minerales o de leña. Todos ellos poseen la propiedad de adsorber, que consiste en un fenómeno fisicoquímico en el que un sólido llamado adsorbente atrapa en sus paredes a cierto tipo de moléculas, llamadas adsorbatos y que están contenidas en un líquido o gas.

La composición química del carbón activo es aproximadamente un 75-80% en carbono, 5-10% en cenizas, 60% en oxígeno y 0.5% en hidrógeno (Bansal *et al.*, 1988). El biochar se caracteriza por seis anillos de carbono, los cuales forman compuestos aromáticos (Nunes, 2021). También presenta en su composición, N, P y K de acuerdo del tipo de biomasa; por ejemplo, en los de origen animal, existe

mayor presencia de N y P, mientras que en los de origen vegetal destaca la presencia de Mg, Mn, Na, Ca, Cu, Zn, Co, Si, Mo, Ni y metales pesados (Aragao *et al.*, 2017). Presenta también compuestos de fenoles y metoxifenoles resultado de la lignina, hemicelulosas y junto a las cetonas actúan como inhibidores de fitopatógenos a partir del proceso pirolítico (Graber *et al.*, 2010).

El biocarbón se ha convertido en los últimos años en un tema de investigación candente en los campos de la agricultura, el medio ambiente y la energía como mejorador del suelo respetuoso con el medio ambiente (Zhang *et al.*, 2021).

Según investigaciones se han obtenido respuestas sobre la mejora de la salud del suelo y la actividad biológica, la retención de agua y nutrientes, el drenaje, el pH, el crecimiento de las raíces y la resistencia a las enfermedades fúngicas.

Gayathri *et al.* (2017), mencionan que el carbón activado inhibe la propagación de bacterias y hongos (*Candida albicans* y *Aspergillus niger*). Graber *et al.* (2010), encontró que el carbón inhibe el crecimiento de ciertos hongos y no tiene efecto en otros. Rivera (2021) señala que el biocarbón mejoró las propiedades del suelo ya que el biocarbón tiene alto pH (10), alta capacidad de intercambio catiónico (28.34 a 41.13 cmol/kg, alta capacidad de retención de humedad (7.50-85.83%), baja densidad aparente (0.18-0.42), y baja densidad real (0.85-0.99), alta porosidad (52.46-81.65%) y aumento de carbono orgánico. Barrezueta *et al.* (2022) encontraron que el biocarbón tiene un efecto positivo en el grosor de tallo y número de hojas en la banana (*Musa acuminata*, triploide AAA) cultivado de manera orgánica y convencional. Muñoz (2019) menciona que obtuvo una mayor germinación en tomate inoculado con *Fusarium oxysporum* en un sustrato a base de pirochar de lodo de aguas residuales (100%) y de una mezcla de este (60%) con turba (40%) en comparación con turba (100%), resultando en ~75, ~75 y ~67% de germinación; aunque la germinación con pirochar de poda de árboles (60%) y turba (40%) fue inferior a la de turba (100%), ya que fue de ~20% vs el ~67% mencionado. Dicho estudio menciona que el pirochar, a diferencia del biochar, no alcanza el 50% de carbono y su relación atómica H/C es superior a 0.7, en conformidad con lo

estipulado con la *European Biochar Foundation*. Nunes (2021) menciona que el biocarbón inhibió el crecimiento micelial *in vitro* de *Sclerotium rolfsii*, además, de que se relacionó a una mayor masa seca de la parte aérea y radicular en plántulas de tomate. Sin embargo, Santos y Zambrano (2021) mencionan que el biocarbón elaborado con cacao retrasa el crecimiento *in vitro* de *Sclerotium rolfsii* sobre semillas de frijol, mientras que dos tipos de biocarbón, elaborados con algarrobo y arroz respectivamente, estimularon el crecimiento de dicho fitopatógeno. Reina y Parra (2018) mencionan que el biocarbón a base de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa paradisiaca* L.) tuvieron un efecto deletéreo sobre semillas y plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*), maracuyá y papaya (*Carica papaya* L.), mientras que el biocarbón a base de naranja no mostró un efecto significativo en comparación con el testigo.

4.11. Evaluación sanitaria.

El objetivo general de cualquier técnica de análisis fitopatológico es determinar la condición fitosanitaria de una muestra representativa de semillas. Para elegir la técnica de diagnóstico apropiada, se debe considerar el lugar donde se encuentra localizado el patógeno en la semilla. Si se encuentra externamente o como contaminante, se utilizan las técnicas de: observación directa, incubación en papel secante, incubación en papel secante y congelación, y lavado-filtración. Si se localiza en el interior de la semilla, se utilizan las técnicas de incubación en papel secante, incubación en papel secante y congelación, hidrólisis del endospermo, así como incubación en medio de cultivo (SENASICA, 2018).

Una de las técnicas más implementadas por la facilidad de preparación y efectividad para detectar tanto patógenos internos como externos, es la de papel secante y congelación. Esta técnica consiste en:

- 1) Desinfestar la muestra de semillas en hipoclorito de sodio al 0.5% durante dos minutos.

2) Enjuagar en tres ocasiones con agua destilada estéril durante dos minutos cada enjuague.

3) Colocar las semillas sobre papel absorbente durante una hora a temperatura ambiente para eliminar el exceso de humedad.

4) Colocar de 40-50 semillas en la cámara húmeda, incubar a 25 °C por 24 horas, después transferir a -20 °C durante 48 horas y finalmente a 25 °C en un periodo de 7 días, manteniéndolas en condiciones de 12 horas luz y 12 horas oscuridad (de preferencia luz negra).

Nota: el número de semillas en cada caja Petri dependerá de su tamaño.

5) Revisar cada una de las semillas utilizando un microscopio estereoscópico en busca de estructuras de hongos.

6) Realizar montajes temporales o permanentes de las estructuras encontradas para su observación en un microscopio compuesto (SENASICA, 2018).

4.12. Evaluación fisiológica.

La calidad fisiológica de una semilla está dada por la interacción o conjunto de varios factores o componentes tanto genéticos como fisiológicos y condiciones en la que está expuesta la semilla.

Las pruebas para evaluar la calidad fisiológica de las semillas se basan principalmente en la capacidad de germinación y vigor, ya que de esto dependerá en buen desarrollo en campo. Algunas de las pruebas o métodos más comunes y utilizados para el análisis fisiológico de las semillas son:

Envejecimiento acelerado. - reconocida como una de las pruebas más utilizadas para evaluar el vigor de las semillas, tiene como objetivo evaluar el grado de tolerancia de las semillas a la alta humedad relativa y temperatura, considerando

que las semillas de mayor vigor tienen mayor germinación después de este procedimiento. Para su realización, las semillas se colocan en recipientes que contienen agua o solución salina (según el tipo de protocolo) y se envejecen en una cámara de envejecimiento, con temperatura ajustada según las necesidades de cada especie, seguido de la prueba de germinación (Matera, 2019).

Prueba de viabilidad con tetrazolio. - el aspecto físico externo por sí solo no puede determinar si una semilla está viva o muerta. La prueba de la viabilidad de la semilla, por lo tanto, se realiza para determinar el porcentaje de semillas viables en un lote determinado. Este análisis es válido para todas las especies para las que se describe un método en las normas ISTA (*International Seed Testing Association*, 2005). Esta prueba permite realizar una evaluación rápida de la viabilidad y vigor de la semilla. La solución de tetrazolio es un indicador y produce una sustancia llamada formazán en las células vivas. El formazán es rojo, estable y no se difunde, y tiñe de rojo los tejidos vivos, que se distinguen de los tejidos muertos incoloros. Una semilla viable muestra manchas en todos los tejidos cuya viabilidad es necesaria para el desarrollo normal de las plántulas. Las semillas se pueden clasificar entonces en viables y no viables (FAO y AfricaSeeds, 2019).

Prueba de germinación estándar. - esta prueba permite evaluar la germinación y vigor de las semillas. Según el manual de la ISTA (2005), la prueba de germinación tiene como finalidad determinar la viabilidad de un lote de semillas, la cual se determina a través del por ciento de semillas que tienen la capacidad de generar plántulas normales, bajo condiciones óptimas de luz, agua, aire y temperatura. La prueba de germinación “estándar entre papel” se desarrolla en condiciones de laboratorio. Las semillas se germinan entre dos bases de papel Anchor previamente humedecido con agua destilada, posteriormente las semillas se organizan en hilera a diferentes espacios dependiendo del tamaño de la semilla; se respetan 6 cm del borde superior, dejando un espacio de 2-3 cm en los costados. Lo ideal es que la distribución de las semillas sea homogénea a lo largo del papel.

Enseguida se cubren las semillas con otra hoja de papel humedecido con agua destilada, y se enrolla en forma de “taco”, al finalizar, los “tacos” son acomodados aleatoriamente dentro de una bolsa de polietileno que será colocada dentro de una bandeja de plástico profunda (cada “taco” se considera como una unidad, la cual debe ser rotulada para identificarla al momento de realizar la evaluación).

Se evalúan las plántulas normales (plántulas con raíz y tallo, cada estructura con al menos dos veces el tamaño de la semilla en longitud), como un indicador de germinación de la semilla y el resultado se expresa en porcentaje. Es necesario realizar un conteo final de la germinación a los 7, 8 o 14 días, dependiendo de la especie, para determinar el porcentaje, contando las plántulas normales (PN), anormales (PA) y las semillas sin germinar (SSG); como un indicador de vigor, es pertinente medir la longitud de plúmula (LP) y de la radícula o tallo (LR) en plántulas normales, estos datos se expresan en cm, también se toma el peso seco (PS) de todas las plántulas normales (plúmula y radícula), las cuales son colocadas en bolsas de papel estraza con perforaciones, para someterlas a secado en una estufa, con una duración de 24 h a 70 °C.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del área experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo Coahuila, México.

5.2. Material genético y productos aplicados

Se utilizaron semillas de maíz del híbrido La Gloria HAN-421 producido por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, del ciclo P-V 2016 almacenadas a 10 °C en frascos de vidrio con tapa de plástico de cierre semi-hermético.

Se utilizó carbón activado comercial en polvo súper fino a base de fibra de coco, así como Vitavax 200 FF®.

5.3. Tratamientos evaluados

Se aplicaron seis tratamientos, cuatro consistieron en la aplicación de carbón activado, un tratamiento químico convencional y un testigo, a continuación, se detallan las dosis y descripción del tratamiento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos aplicados.

N° de tratamiento	Descripción	Dosis
T1	Testigo , semilla natural	---
T2	Semillas con recubrimiento en seco de carbón activado	1.44 g de carbón activado /90 semillas
T3	Semillas previamente humedecidas con agua y recubiertas de carbón activado	1.44 g de carbón activado /90 semillas
T4	Semilla con carboximetilcelulosa de sodio mezclado con agua como adherente y recubierta de carbón activado	1.44 g de carbón activado /90 semillas
T5	Semilla en osmoacondicionamiento con carbón activado	2.88 g de carbón activado /90 semillas
T6	Tratamiento químico, a base de Vitavax 200 FF®	0.1 mL del producto y 6.81 mL de agua destilada

Procedimiento

Se aplicó carbón activado de acuerdo al tratamiento: en seco (T2), 1.44 g/90 semillas (~4.8 kg/100 kg); en semilla previamente humedecidas con agua (T3), 1.44 g/90 semillas; mezclado con agua y carboximetilcelulosa de sodio como adherente (T4), 1.44 g/90 semillas; y aplicado mediante Osmoacondicionamiento (T5), 2.88 g diluidos en 100 mL de agua destilada para las 90 semillas (~9.6 kg/100 kg); estos tratamientos se compararon con un testigo (T1) y con un tratamiento químico (100mL/100kg), a base de Vitavax 200 FF® (T6).

Para preparar el T2, en una caja Petri se colocaron 1.44 g de carbón activado para posteriormente ir recubriendo cada semilla primero por un lado y posteriormente el otro, procurando una cobertura completa (figura 2). Esto se hizo con las 90 semillas

correspondientes al T2. Luego se almacenaron en cajas Petri y se mantuvieron en refrigeración a una temperatura de 4 a 10 °C hasta el momento de su evaluación.

Para preparar el T3, las 90 semillas se sumergieron en un vaso de precipitado con 100 mL de agua destilada, procurando que las semillas quedaran cubiertas por completo. Posteriormente, se vaciaron sobre toallas sanitas para eliminar el exceso de agua. Después, en una caja Petri con 1.44 g de CA, se fueron colocando las semillas de 10 en 10, y con la ayuda de unas pinzas se movieron hasta que recubrir por completo. Luego, se dejaron secar aproximadamente por 2 horas y se almacenaron de la manera descrita para el tratamiento T2.



Figura 2. Aplicación de carbón activado a las semillas del tratamiento T2, aplicación en seco. Cantidad de carbón activado utilizado (Izq.) y semillas con el recubrimiento en seco (Der.)

Para preparar el T4, se utilizaron 0.33 g del adherente, carboximetilcelulosa de sodio, diluidos en 5mL de agua destilada en un vaso de precipitado, con lo que se recubrieron las 90 semillas; posteriormente, las semillas se colocaron en toallas sanitas para eliminar los excesos. Luego, en una caja Petri con 1.44 g de CA se colocaron las semillas en grupos de 5, y con pinzas se les dio vuelta para homogeneizar la cobertura; una vez realizado esto, se almacenaron de la manera descrita para el tratamiento T2.

Para preparar el T5, Osmoacondicionamiento con CA, en un frasco de vidrio se mezcló 100 mL, de agua destilada con 2.88g de carbón activado, para posteriormente sumergir las 90 semillas por 12 horas. Transcurridas las 12 horas se sacaron del frasco y se colocaron en cajas Petri para dejar secar por 24 horas, luego, se almacenaron de la manera descrita para el tratamiento T2.

Para preparar el T6, donde se utilizó el fungicida químico Vitavax 200 FF®, se preparó la dosis recomendada en la etiqueta del producto (100mL/100kg), haciendo los cálculos para el tratamiento de las 90 semillas. Así que en un vaso de precipitado se agregó 0.1 mL del producto y 6.81 mL de agua destilada, se mezcló perfectamente y se vaciaron las semillas, agitando hasta que todas estuvieran recubiertas uniformemente, luego se dejaron secar en cajas Petri por 3 horas y se almacenaron de la manera descrita para el tratamiento T2.

Finalmente, el T1, Testigo, consistió en semillas sin recubrimiento (ni desinfección previa, lo mismo que los demás tratamientos), las cuales permanecieron almacenadas de la manera descrita para el tratamiento T2.

5.4. Variables evaluadas

5.4.1. Incidencia de géneros de hongo

Para alcanzar el primer objetivo específico, “Determinar el efecto del recubrimiento de semillas de maíz con carbón activado en la incidencia de hongos asociados a las semillas de maíz”, se estimó la variable de incidencia de hongos asociados a la semilla, la cual se realizó detectando dichos hongos con la prueba de papel secante y congelación (Warham *et al.*, 1997). Primero, las semillas se sembraron en charolas transparentes de plástico, sobre papel secante estéril, previamente humedecido; colocándose 30 semillas distribuidas equidistantemente (Figura 3); finalmente, las charolas fueron rotuladas y selladas con cinta Parafilm (Laboratory Film®). Las charolas se mantuvieron a temperatura ambiente de 25° C durante 2 días, posteriormente se mantuvieron en congelación a -20°C durante 24 hrs (Figura

4), por último, se sacaron del congelador y se mantuvieron a temperatura ambiente durante 11 días con intervalos de 12 hrs de luz y 12 hrs de oscuridad.

Para determinar la incidencia de los hongos, se utilizó la observación directa de las colonias fungosas analizando cada semilla individualmente bajo un estereomicroscopio y de las colonias fungosas observadas se hicieron preparaciones, microscópicas temporales para identificar los géneros de hongos correspondientes. Para la observación en microscopio se prepararon las laminillas de la siguiente manera: en un portaobjetos se puso una gota de lactofenol claro o con azul de algodón, posteriormente, con cinta transparente se tomó una muestra de micelio y se pegó la cinta con la muestra de micelio sobre el portaobjetos para poder ser visto bajo el microscopio. Para la identificación, se utilizaron claves taxonómicas especializadas (Warham *et al.*, 1997). La incidencia de los géneros, se reportó como porcentaje. De las tres repeticiones de 30 semillas, se obtuvo el porcentaje considerando 30 semillas como 100 %; para obtener porcentajes promedio.



A

B

Figura 3. Prueba de papel secante y congelación. A. Siembra en la cámara de flujo laminar; las semillas son colocadas sobre toallas de papel humedecidas en agua destilada, dentro de una charola de plástico. B. Se muestran las charolas dentro de una cámara de ultracongelación a -20°C , donde permanecieron por 24 hrs.

5.4.2. Determinar el efecto del carbón activado en la calidad fisiológica en semillas de maíz.

Para alcanzar el segundo objetivo específico, “Determinar el efecto del carbón activado en la calidad fisiológica en semillas de maíz”, se estimó la germinación y vigor de la semilla de acuerdo a la técnica ENTRE PAPEL descrita por Moreno (1996), para lo cual se colocaron cuatro repeticiones de 50 semillas cada una. Las semillas se germinaron entre dos hojas de papel Anchor®, previamente humedecido con agua destilada, después, las semillas se organizaron en hilera a diferentes espacios dependiendo el tamaño de la semilla en una hoja base. Posteriormente se cubrieron con otra hoja de papel humedecido con agua destilada, y se enrollaron en forma de “taco”; al finalizar, los “tacos” se acomodaron aleatoriamente dentro de bolsas de polietileno, que fueron colocadas dentro de una bandeja de plástico profunda, colocándose en una germinadora (LAB-LINE, Modelo 199) donde se llevó a cabo la incubación a 25°C, con intervalos de 12 hrs oscuridad y 12 hrs luz, por un lapso de siete días, se regaron cada tercer día para mantenerlas húmedas.

Las variables evaluadas se determinaron como se indica a continuación:

Germinación

Se contabilizaron las semillas que desarrollaron raíz y plúmula en al menos tres centímetros, mismos que se midieron con una regla de aluminio.

Vigor

El vigor se determinó midiendo variables de longitud, peso fresco y seco, tanto de plúmula como de la radícula, como se describe a continuación:

Longitud de plúmula y radícula

Para evaluar estas variables se utilizó una hoja milimétrica y una regla, se trazó una línea en la mitad de la hoja milimétrica, los embriones de la semilla se colocaron en el centro de la línea marcada, con la plúmula hacia arriba, midiendo su largo con los cuadros de la hoja milimétrica.

Peso fresco y seco de plúmula y radícula

Para determinar estas variables, se desprendió la plúmula y radícula del remanente de semilla con la ayuda de una navaja, estas se pesaron en una balanza analítica (Explorer® Pro, Modelo PA64*) con precisión de 0,0001g; posteriormente se colocaron en sobres de papel. Para determinar el peso seco, los sobres se colocaron en la estufa y se secaron a 70°C por 24 horas para luego ser pesados nuevamente por separado plúmula, radícula en una balanza analítica (Explorer® Pro, Modelo PA64*).

Evaluación de sanidad

Para complementar el análisis referente a la incidencia de hongos, se contabilizó el número de plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar que presentaron hongos.

5.5. Diseño experimental

Para evaluar la incidencia de hongos se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones de treinta semillas cada una, por los seis tratamientos.

Para evaluar la calidad fisiológica o germinación, se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones de cincuenta semillas cada una.

5.6. Análisis de datos

5.6.1. Análisis de varianza y comparación de medias

Para determinar si hubo un efecto significativo de los tratamientos sobre la incidencia de hongos y sobre la calidad fisiológica, se realizaron los análisis de varianza correspondientes. Los datos expresados en porcentaje se transformaron con la función arco seno $[(x\%/100) (180/\pi)]^{1/2}$, previo al análisis de varianza.

El modelo estadístico utilizado en el ANOVA, para evaluar la incidencia de hongos, fue el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

i = Número de tratamiento, $i=1, 2, \dots, t$, donde $t = 6$

j = Número de repetición, $r=1,2\dots r$, donde $r = 3$

y_{ij} = es la variable aleatoria que representa la respuesta de la j -ésima unidad experimental asignada al i -ésimo tratamiento.

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i

ε_{ij} = Error experimental

El modelo estadístico utilizado en el ANOVA, para evaluar la calidad fisiológica o germinación, fue el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

i = Número de tratamiento, $i=1, 2, \dots, t$, donde $t = 6$

j = Número de repetición, $r=1,2\dots r$, donde $r = 4$

y_{ij} = es la variable aleatoria que representa la respuesta de la j -ésima unidad experimental asignada al i -ésimo tratamiento.

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i

ε_{ij} = Error experimental

Posterior al análisis de la varianza, se realizó una prueba de medias de Tukey (0.05) para aquellas variables que ocasionaron diferencia significativa en el ANOVA. La diferencia honesta significativa DHS, se estimó de la siguiente forma:

$$DHS = S\bar{y} \cdot q$$

$$S\bar{y} = \sqrt{\frac{CM(E)}{r}}$$

$$q = q_{GL(E),t,\alpha}$$

Donde:

$S\bar{y}$ = comparador de Tukey

CM(E) = Cuadrados medios del error

r= Repeticiones

q = Estadístico en puntos porcentuales de la distribución del rango estudentizado, valor que se obtiene de tablas

GL(E) = Grados de libertad del error

t = Número de tratamientos

α = Nivel de probabilidad de cometer error tipo I, rechazar la hipótesis nula H_0 cuando esta es verdadera, se establece un valor de 5 % (0.05).

si

$$|\bar{y}_i - \bar{y}_j| > DHS \text{ entonces se concluye que } \tau_i \neq \tau_j$$

Estos análisis fueron realizados con el programa de análisis estadístico *Sistema de Análisis Estadístico* (SAS, 2004).

5.6.2. Análisis de componentes principales (ACP)

Con el propósito de establecer la relación entre la incidencia de géneros de hongos y los tratamientos, así como determinar la posible existencia de asociación negativa o positiva entre los géneros (es decir, determinar si un género inhibió o promovió la presencia de otro), se realizó un análisis multivariado de Componentes Principales ACP.

El ACP utiliza una matriz X de orden $(n * p)$, de $n * p$ observaciones correspondientes a los valores de p variables, cada una de n unidades de estudio, que en este caso fueron los géneros de hongos identificados. El ACP consiste en transformar un conjunto de variables x_1, x_2, \dots, x_p en un nuevo conjunto de variables y_1, y_2, \dots, y_p . Estas nuevas variables deben tener las siguientes propiedades (Johnson, 2002).

1. Es una combinación lineal de las x_i 's. Por ejemplo, para el primer componente: $y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1p}x_p = a_1 \cdot x$

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_1 .

2. Tiene una estructura matricial para todos los componentes, $Y = XA$

Donde Y es la matriz de orden $n * p$ de componentes principales; A es una matriz de orden $p * p$ de vectores característicos y X es la matriz de orden $n * p$ 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, de manera que: $\text{Var}(Y_1) > \text{Var}(Y_2) > \dots > \text{Var}(Y_p)$

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

6. RESULTADOS

En relación al primer objetivo específico: “**Determinar el efecto del recubrimiento de semillas de maíz con carbón activado en la incidencia de hongos asociados a las semillas de maíz**”, se obtuvo lo que se muestra en los temas 6.1 y 6.2.

6.1. Incidencia de hongos por género

El análisis de varianza realizado para los distintos géneros de hongo no mostró diferencia significativa ocasionada por los tratamientos aplicados, salvo para *Alternaria* (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza para la incidencia de géneros de hongos en función del tratamiento.

	FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Sig
<i>Fusarium</i>	Trat	5	596.41	119.28	0.99	0.46	NS
	Error	12	1441.71	120.14			
	Total	17	2038.12				
<i>Aspergillus</i>	Trat	5	30.42	6.08	1.00	0.45	NS
	Error	12	73.03	6.08			
	Total	17	103.45				
<i>Penicillium</i>	Trat	5	795.41	159.08	1.50	0.26	NS
	Error	12	1272.65	106.05			
	Total	17	2068.07				
<i>Alternaria</i>	Trat	5	3402.14	680.42	31.85	0.0001	**
	Error	12	256.35	21.36			
	Total	17	3658.50				
<i>Cephalosporium</i>	Trat	5	30.42	6.08	1.00	0.45	NS
	Error	12	73.03	6.08			
	Total	17	103.45				
<i>Rhizopus</i>	Trat	5	268.88	53.77	1.00	0.45	NS
	Error	12	645.32	53.77			
	Total	17	914.20				
<i>Gonatobotrys</i>	Trat	5	765.68	153.13	0.93	0.49	NS
	Error	12	1965.93	163.82			
	Total	17	2731.60				

Los datos fueron analizados posterior a su transformación con la función $[\text{sen}^{-1}(\%)^{1/2}]$. FV: Fuente de variación, GL: Grados libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrados medios, FC: F calculada, Pr>F: Probabilidad mayor que la F calculada, Sig: Significancia. *Significativo y **Altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05.

El T6, donde la semilla fue tratada con Vitavax 200 FF®, presentó la mayor incidencia de *Alternaria*, siendo superior y estadísticamente diferente al resto de los tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Incidencia de *Alternaria* en semillas del híbrido de maíz La Gloria HAN-421 sometidas a seis tratamientos.

<i>Tratamiento</i>	Incidencia de <i>Alternaria</i> [sen ⁻¹ (%) ^{1/2}]
T6	38.5 a
T1 (Testigo)	6.9 b
T3	5.0 b
T4	0.0 b
T2	0.0 b
T5	0.0 b
DMS (Tukey, 0.05)	12.6

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. Carbón activado CA aplicado en seco (T2), semilla húmeda recubierta de CA (T3), CA con carboximetilcelulosa de sodio como adherente (T4), CA aplicado mediante osmoacondicionamiento (T5), tratamiento con Vitavax 200 FF® (T6), además del testigo (T1). Los datos fueron analizados posterior a su transformación con la función [sen-1 (%)^{1/2}].

Los géneros *Fusarium*, y *Penicillium* tuvieron el mayor porcentaje de incidencia en todos los tratamientos (Cuadro 6). Por el contrario, los géneros: *Aspergillus* y *Cephalosporium* presentaron porcentajes de incidencia cercanos a cero, al igual que *Rhizopus*, salvo en el T6, donde la incidencia fue de 8.9%. El T6 mostró el mayor porcentaje de incidencia (38.9%) del género *Alternaria*. El género *Gonatobotrys* tuvo una incidencia de 17.8% de 8.9% en el T1 y T3, respectivamente, mientras que en el resto de los tratamientos tuvo valores cercanos a cero.

Cuadro 6. Porcentaje de semillas con presencia de hongos.

Tratamientos ¹	FUS ²	PEN	GON	ALT	RIZ	ASP	CEPH
1	85.6	24.4	17.8	2.2	0.0	0.0	1.1
2	88.9	46.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
3	94.4	28.9	8.9	2.2	0.0	0.0	0.0
4	96.7	19.9	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0
5	98.9	44.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	93.3	27.8	0.0	38.9	8.9	0.0	0.0

¹Carbón activado CA aplicado en seco (T2), semilla húmeda recubierta de CA (T3), CA con carboximetilcelulosa de sodio como adherente (T4), CA aplicado mediante osmocondicionamiento (T5), tratamiento con Vitavax 200 FF® (T6), además del testigo (T1). ²FUS= *Fusarium*, ASP= *Aspergillus*, PEN= *Penicillium*, ALT= *Alternaria*, CEPH= *Cephalosporium*, RIZ= *Rhizopus*, GON= *Gonatobotrys*.

No hubo diferencia significativa en el número de géneros entre tratamientos (Cuadro 7). En el T5 solo se encontró *Fusarium* y *Penicillium*, mientras que, en el T1, se identificaron cinco géneros: *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cephalosporium* y *Gonatotryps* (Figura 4; véase también Cuadro A1 y A5 en el Anexo).

Cuadro 7. Análisis de varianza para el número de géneros de hongos en función del tratamiento.

Tratamientos	FV	GL	SC	CM	FC	Pr >F	SIG
Trat		5	6.44	1.28	1.78	0.19	NS
Error		12	8.66	0.72			
Total		17	15.11				

FV: Fuente de variación, GL: Grados libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrados medios, FC: F calculada, Pr>F: Probabilidad de que el estadístico de prueba F sea mayor que la F calculada, Sig: Significancia. NS no significativo al nivel de probabilidad de 0.05.

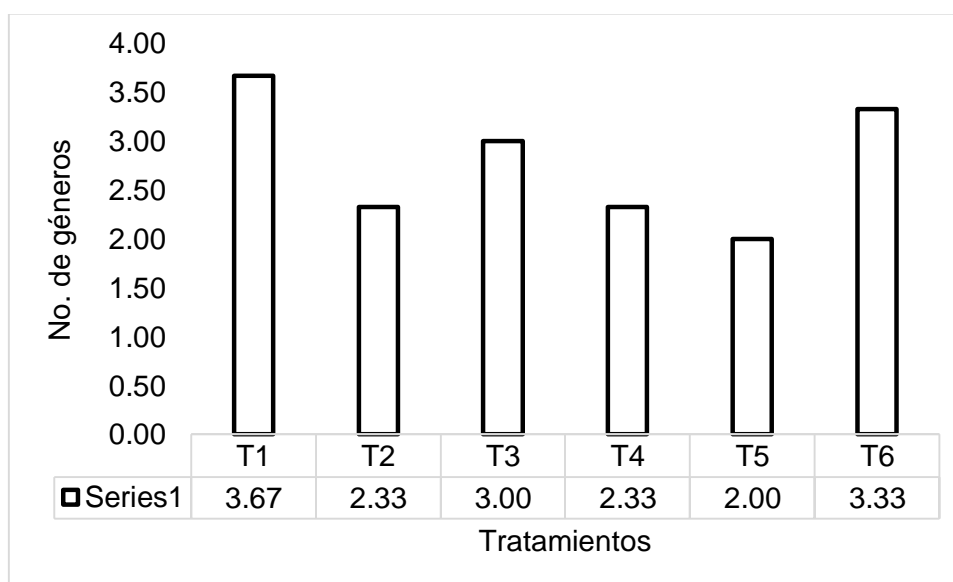


Figura 4. Número de géneros identificados por tratamiento.

Dónde: Carbón activado CA aplicado en seco (T2), semilla húmeda recubierta de CA (T3), CA con carboximetilcelulosa de sodio como adherente (T4), CA aplicado mediante osmocondicionamiento (T5), tratamiento con Vitavax 200 FF® (T6), además del testigo (T1).

6.2. Relación entre géneros de hongo y tratamientos aplicados

En el Cuadro 8, se presentan los tres primeros componentes principales CP con los cuales se explican el 92.6% de la variación total de los datos (proporción acumulada), con los dos primeros CP se explica el 70.0% de la variación total de los datos. Estos CP presentan un valor propio mayor a la unidad, siendo importantes porque aportan una mayor explicación a la variación total.

Cuadro 8. Valores y vectores propios de los componentes principales derivados del porcentaje de incidencia de siete géneros de hongos en semillas del híbrido de maíz HAN-421 (La Gloria).

Valores propios	CP1	CP2	CP3
Valor propio	2.8305	2.0700	1.5809
Proporción (%)	40.4	29.6	22.6
Proporción acumulada (%)	40.4	70.0	92.6
Variables ¹	Vectores propios		
<i>FUS</i>	0.468	-0.242	0.129
<i>ASP</i>	0.153	-0.294	0.654
<i>PEN</i>	0.131	-0.184	-0.732
<i>ALT</i>	0.232	0.638	0.057
<i>CEPH</i>	-0.548	0.141	0.102
<i>RIZ</i>	0.261	0.622	0.051
<i>GON</i>	-0.564	0.089	0.063

¹FUS= *Fusarium*, ASP= *Aspergillus*, PEN= *Penicillium*, ALT= *Alternaria*, CEPH= *Cephalosporium*, RIZ= *Rhizopus*, GON= *Gonatobotrys*.

En la Figura 5 se observan las correlaciones entre los géneros de hongos, según los ángulos que forman los vectores, los ángulos agudos (entre 0° y 90°) indican correlaciones positivas, mientras que los ángulos obtusos (> 90°) representan a correlaciones negativas y ángulos rectos indican que no hay correlación.

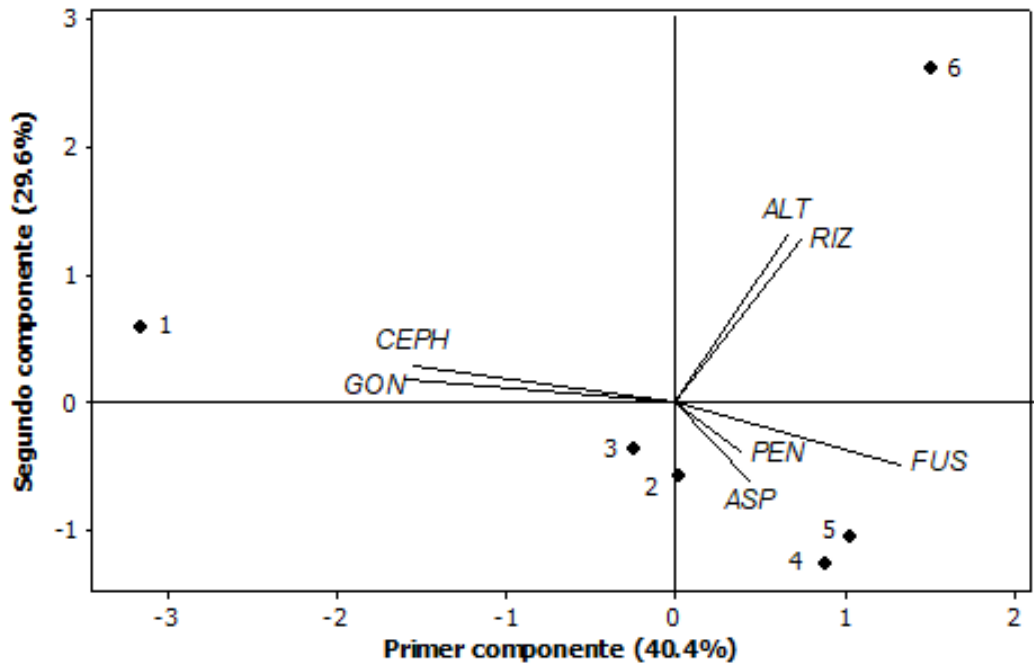


Figura 5. Distribución de los seis tratamientos y correlación entre los géneros de hongos de acuerdo a los dos primeros componentes principales. Carbón activado CA aplicado en seco (T2), semilla húmeda recubierta de CA (T3), CA con carboximetilcelulosa de sodio como adherente (T4), CA aplicado mediante osmoacondicionamiento (T5), tratamiento con Vitavax 200 FF® (T6), además del testigo (T1). *FUS*= *Fusarium*, *ASP*= *Aspergillus*, *PEN*= *Penicillium*, *ALT*= *Alternaria*, *CEPH*= *Cephalosporium*, *RIZ*= *Rhizopus*, *GON*= *Gonatobotrys*.

Hubo correlación positiva significativa entre los géneros *Rhizopus* y *Alternaria*, así como entre *Gonatotryps* y *Cephalosporium* (Cuadro 9). Una correlación positiva y significativa entre dos géneros de hongos está dada por el nivel de probabilidad de 0 a +1.

Cuadro 9. Correlaciones de Pearson entre los géneros de hongos identificados en semillas del híbrido HAN-421 (La Gloria).

	FUS	ASP	PEN	ALT	CEPH	RIZ
ASP	0.367					
PEN	0.068	-0.541				
ALT	0.003	-0.227	-0.221			
CEPH	-0.730	-0.200	-0.339	-0.158		
RIZ	0.036	-0.200	-0.190	0.998**	-0.200	
GON	-0.677	-0.310	-0.365	-0.249	0.881*	-0.310

*Significativo y **Altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01; ¹FUS= *Fusarium*, ASP=*Aspergillus*, PEN= *Penicillium*, ALT= *Alternaria*, CEPH= *Cephalosporium*, RIZ= *Rhizopus*, GON= *Gonatotryps*.

En relación al segundo objetivo específico: “**Determinar el efecto del carbón activado en la calidad fisiológica en semillas de maíz**”, se obtuvo lo que se muestra en el tema 6.3.

6.3. Variables fisiológicas

En los análisis de varianza realizados para variables de germinación y vigor, se encontró diferencia significativa de los tratamientos sobre las plántulas normales con presencia de hongo y sobre semillas no germinadas con presencia de hongo (Cuadro 10 y 10 b).

Cuadro 10. Análisis de Varianza para variables fisiológicas y fitosanitarias en función del tratamiento.

Variable respuesta	FV	GL	SC	CM	FC	Pr> F	SIG
Plántulas normales	Trat	5	93.75	18.75	0.99	0.45	NS
	Error	18	340.66	18.92			
	Total	23	434.41				
Plántulas normales con hongo	Trat	5	7722.62	1544.52	61.26	<0.0001	**
	Error	18	453.81	25.21			
	Total	23	8176.43				
Plántulas anormales	Trat	5	268.44	53.68	1.94	0.13	NS
	Error	18	496.89	27.60			
	Total	23	735.34				
Plántulas anormales con hongo	Trat	5	553.51	110.70	2.51	0.06	NS
	Error	18	795.05	44.16			
	Total	23	1348.57				
No germinadas	Trat	5	354.23	72.84	1.99	0.12	NS
	Error	18	657.35	36.52			
	Total	23	1021.59				
No germinadas con hongo	Trat	5	719.04	143.80	3.11	0.03	*
	Error	18	831.11	46.17			
	Total	23	1550.15				

Los datos fueron analizados posterior a su transformación con la función $[\text{sen}^{-1}(\%)^{1/2}]$. FV: Fuente de variación, GL: Grados libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrados medios, FC: F calculada, Pr>F: Probabilidad mayor que la F calculada, Sig: Significancia. *Significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y **Altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.01 respectivamente.

Cuadro 10 b. Análisis de Varianza para variables fisiológicas en función del tratamiento.

Variable respuesta	FV	GL	SC	CM	FC	Pr> F	SIG
Longitud de plúmula	Trat	5	45.26	9.25	1.33	0.29	NS
	Error	18	125.07	6.94			
	Total	23	171.33				
Longitud de radícula	Trat	5	4.74	0.94	0.32	0.89	NS
	Error	18	53.00	2.94			
	Total	23	57.75				
Peso fresco de plúmula	Trat	5	138.02	27.60	1.67	0.19	NS
	Error	18	297.55	16.53			
	Total	23	435.58				
Peso fresco de radícula	Trat	5	138.02	27.60	1.67	0.19	NS
	Error	18	297.55	16.53			
	Total	23	435.58				
Peso seco de plúmula	Trat	5	8.84	1.76	1.00	0.44	NS
	Error	18	31.82	1.76			
	Total	23	40.67				
Peso seco de radícula	Trat	5	0.35	0.07	1.76	0.17	NS
	Error	18	0.73	0.04			
	Total	23	1.08				

FV: Fuente de variación, GL: Grados libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrados medios, FC: F calculada, Pr>F: Probabilidad mayor que la F calculada, Sig: Significancia. *Significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y **Altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.01 respectivamente.

La figura 6 muestra los promedios de las variables fisiológicas y fitosanitarias obtenidos con las semillas de los tratamientos evaluados. El T4 presentó el mayor promedio de plántulas normales, aunque sin tener significancia estadística (Cuadro 10). El T5 mostró los promedios más altos en cuanto semillas no germinadas (sin diferencia significativa) y no germinadas con hongo (con diferencia significativa).

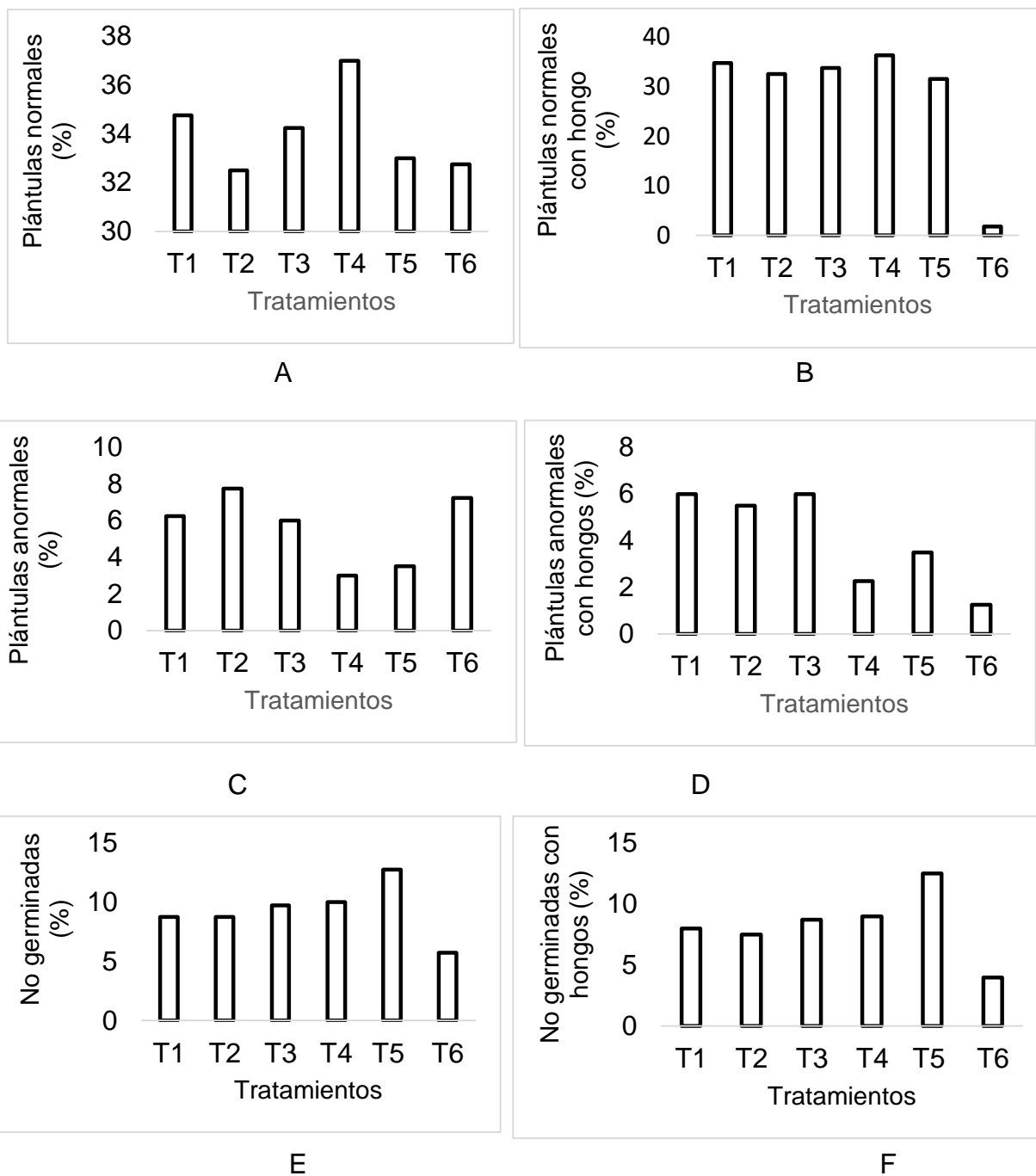


Figura 6. Medias obtenidas de la evaluación de variables fisiológicas y sanitarias de semillas de los tratamientos. Carbón activado CA aplicado en seco (T2), semilla húmeda recubierta de CA (T3), CA con carboximetilcelulosa de sodio como adherente (T4), CA aplicado mediante osmoacondicionamiento (T5), tratamiento con Vitavax 200 FF® (T6), además del testigo (T1).

En el T6 se presentó el menor porcentaje de plántulas normales con presencia de hongo, así como el menor porcentaje de semillas no germinadas con hongo (Cuadro 11).

Cuadro 11. Porcentaje de plántulas normales con hongos y de semillas no germinadas con hongos.

<i>Tratamiento</i>	Plántulas normales con hongos, %	Semillas no germinadas con hongos, %
T4	58.53 a	24.88 a b
T1	56.50 a	23.51 a b
T3	55.42 a	24.59 a b
T2	53.74 a	22.51 a b
T5	52.54 a	29.76 a
T6	7.49 b	11.70 b
DMS (Tukey, 0.05)	11.28	15.27

Medias con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes. Carbón activado CA aplicado en seco (T2), semilla húmeda recubierta de CA (T3), CA con carboximetilcelulosa de sodio como adherente (T4), CA aplicado mediante osmoacondicionamiento (T5), tratamiento con Vitavax 200 FF® (T6), además del testigo (T1). Los datos fueron analizados posterior a su transformación con la función $[\text{sen}^{-1} (\%)^{1/2}]$.

Si bien las variables de longitud y peso no tuvieron diferencia significativa (Cuadro 7b), la longitud de plúmula y radícula en el T6 y T5, respectivamente, presentaron los promedios más bajos (Figura 7). El T2 tuvo el menor peso en fresco y seco de plúmula y radícula (Figura 7).

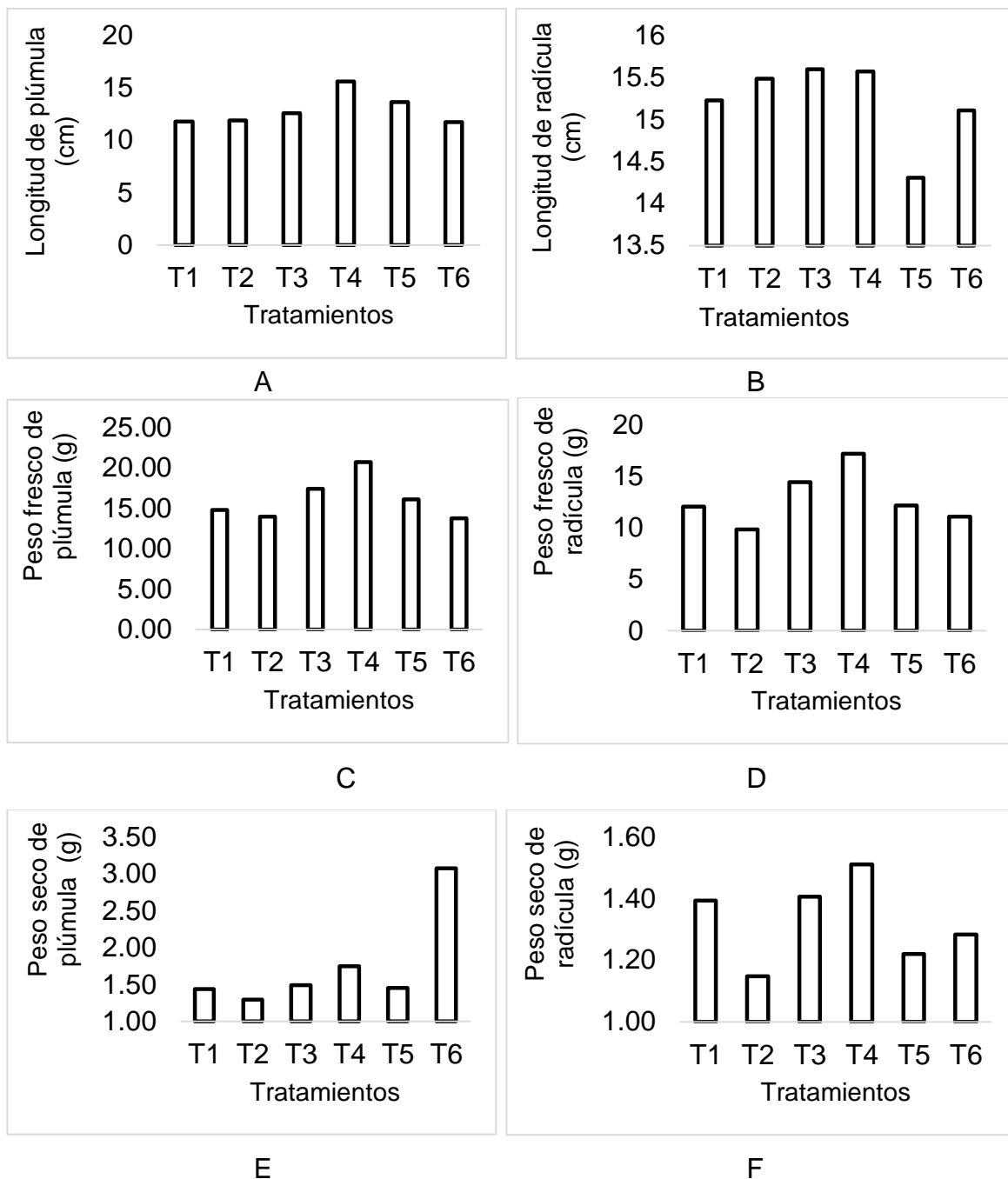


Figura 7. Peso y longitud de componentes de plántulas en los tratamientos evaluados. Carbón activado CA aplicado en seco (T2), semilla húmeda recubierta de CA (T3), CA con carboximetilcelulosa de sodio como adherente (T4), CA aplicado mediante osmoacondicionamiento (T5), tratamiento con Vitavax 200 FF® (T6), además del testigo (T1).

7. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del carbón activado en la incidencia de hongos asociados a semillas de maíz, para dar respuesta a las hipótesis planteadas “El carbón activado tiene efectos inhibitorios para el desarrollo de hongos asociados a semillas de maíz” y “El carbón activado tiene efectos estimulantes en la germinación de la semilla de maíz”.

7.1. Incidencia de hongos

De acuerdo a la prueba de sanidad mediante papel secante y congelación, los tratamientos con carbón activado no redujeron la incidencia de los géneros de hongo estudiados de manera estadísticamente significativa (Cuadro 4), se observó que el tratamiento con Vitavax 200 FF® (T6) favoreció el porcentaje de incidencia de *Alternaria* (Cuadro 5), en este caso podría descartarse que dicho fungicida haya eliminado hongos antagónicos a *Alternaria*, pues no redujo la incidencia de los demás géneros de manera significativa (Cuadro 4), ni tampoco de manera numérica, pues los tratamientos T1 (Testigo), T2 (carbón activado aplicado en seco), y T4 (carbón activado aplicado con auxilio de carboximetilcelulosa como adherente) tuvieron menor porcentaje de semillas con *Fusarium*, *Penicillium*, y *Rhizopus* (Cuadro 6). El testigo (T1), Carbón activado aplicado en seco (T2), Semilla húmeda recubierta con carbón activado (T3) y Osmoacondicionamiento de la semilla con carbón activado (T5) tuvieron porcentajes de semillas con *Aspergillus* similares al tratamiento con Vitavax 200 FF® (T6) (Cuadro 6). El porcentaje de semillas con *Rhizopus*, tuvo una tendencia similar al porcentaje de semillas con *Alternaria* (Cuadro 6), aunque la diferencia entre tratamientos sobre la incidencia de *Rhizopus* no fue estadísticamente significativa (Cuadro 4). Aunque de forma numérica se observa una diferencia en el número de géneros que se presentaron en cada tratamiento, estadísticamente no existe una diferencia significativa (Cuadro 7).

Contrario a los resultados del presente estudio, otros investigadores han encontrado un efecto positivo en el control de hongos con el uso de carbón activado, por ejemplo, Deheza (2011) observó una disminución de incidencia de sarna polvorienta, enfermedad fúngica, en tubérculos de papa al usar carbón vegetal, aplicado en una solución directamente al sustrato donde se estableció el tubérculo en una dosis de 500 mL de agua /2 g de carbón vegetal. Para fumigar se usó una mezcla de 2 L del preparado en 18 L de agua y se aplicó durante el desarrollo vegetativo de las plantas cada semana. Asimismo, Silva *et al.* (2019) menciona que el biocarbón tiene la capacidad de controlar la incidencia *in vitro* de *Macrophomina phaseolina*, hongo patógeno, sobre semillas de frijol cuando se utiliza en bajas concentraciones (0.5 y 1.0%), mientras que es capaz de estimular su crecimiento a concentraciones mayores (2, 5 y 10%); resultando en crecimiento radial del micelio de 3, 6-8 y ~4.4. cm en las concentraciones bajas, altas y testigo, respectivamente. Santos y Zambrano (2021) mencionan que los efectos del carbón activado dependen de factores diversos, como lo es la materia prima utilizada en su elaboración; además, las concentraciones o cantidades aplicadas determinará su efecto sobre el control de los hongos patógenos; en dicha investigación se aplicó una dosis relativamente baja, las dosis adicionadas fueron [1, 3 y 5 g 100 mL⁻¹ PDA (medio a base de papa dextrosa agar)] para todos los tipos de biochar. Rivera (2021) señala que el biocarbón mejoró la densidad aparente, densidad real, porosidad, retención de humedad, pH, capacidad de intercambio catiónico y carbono orgánico en el suelo. Es decir, el carbón suma y da propiedades positivas ya sea al suelo o sustrato para que la planta se desarrolle y aproveche los nutrientes necesarios para desarrollarse y de alguna forma mostrar una tolerancia al ataque de algunos fitopatógenos que pudieran dañar su integridad y con ello su crecimiento y producción. En la presente investigación se aplicó una dosis relativamente baja de carbón activado, conforme al principio de la aplicación de los tratamientos químicos, lo que deja una interrogante sobre una dosis precisa para lograr la efectividad deseada mediante tratamiento a la semilla, ya que la literatura antes mencionada

hace referencia al uso de carbón en mezcla directa con sustratos y aplicaciones periódicas o frecuentes.

Los géneros que predominaron en todos los tratamientos fueron *Fusarium* y *Penicillium* seguidos de *Alternaria* (Cuadro 6). Según la ficha técnica del producto, Vitavax 200 FF® tiene control sobre *Tilletia*, *Ustilago*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Pythium*, pero no se menciona *Alternaria*; y tampoco controló *Fusarium* (presente en la ficha técnica).

De acuerdo al Análisis de Componentes Principales, el T6, a base de Vitavax 200 FF®, se relacionó con la incidencia de los géneros *Rhizopus* y *Alternaria*, donde además estos géneros estuvieron correlacionados (Figura 5 y Cuadro 9); el T1, se relacionó con la incidencia de los géneros *Gonatotryps* y *Cephalosporium* (Figura 5 y Cuadro 9), mientras que los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium* estuvieron asociados entre sí (Figura 5) pero no se correlacionaron de manera significativa (Cuadro 9). Dado que la relación entre los géneros *Rhizopus* y *Alternaria* con los otros conjuntos (*Gonatotryps* y *Cephalosporium*; *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*) presenta un ángulo cercano a 90°, se deduce que no existe correlación, es decir, se descarta la posibilidad del efecto antagónico de estos grupos sobre *Rhizopus* y *Alternaria*, como se propuso al inicio de este subcapítulo.

7.1. Evaluación fisiológica

Los tratamientos evaluados no tuvieron un efecto significativo sobre el porcentaje de germinación y plántulas normales (Cuadro 10) ni sobre longitud y peso fresco y seco de plúmula y de radícula (Cuadro 10 b), no obstante, el T6, tratamiento a base de Vitavax 200 FF®, tuvo la menor incidencia de hongos en plántulas normales y en semillas no germinadas (Cuadro 10 y 11), el resultado relativo a la germinación y vigor fue contrario a lo mencionado en la ficha técnica del producto, ya que en esta se argumenta que favorece la germinación y aumenta el vigor de la semilla aún en

condiciones adversas, y promueve un mayor desarrollo de raíces y mejor absorción de agua y nutrientes (Arysta, 2018).

A diferencia de los resultados obtenidos en la prueba de sanidad mediante papel secante y congelación, en los resultados obtenidos de la prueba de germinación estándar, el tratamiento a base de Vitavax 200 FF® inhibió la presencia de hongos en plántulas normales (Cuadro 11), lo que se atribuye a que el carboxin, presente en dicho producto, es sistémico y actúa dentro de la plántula, protegiéndola a medida que se desarrolla; este resultado justifica el uso de productos químicos como el Vitavax 200 FF® para el tratamiento de semillas. Es de destacar que el tratamiento T6 no difirió respecto al testigo (T1), en el porcentaje de plántulas normales ni siquiera de forma numérica (Figura 6A), donde incluso el T4 fue superior; tampoco difirió de forma notable (numéricamente) respecto al testigo en cuanto a longitud y peso fresco de plúmula y radícula, (Figura 7A, 7B, 7C y 7D).

A diferencia de los resultados obtenidos en este estudio, otros investigadores mencionan un efecto favorable del carbón activado sobre variables fisiológicas y sanitarias, por ejemplo, Nunes (2021) observó que el biocarbón se relacionó a una mayor masa seca de la parte aérea y radicular en plántulas de tomate, además inhibió el crecimiento micelial *in vitro* de *Sclerotium rolfsii*; asimismo, Muñoz (2019), menciona que en tomate inoculado con *Fusarium oxysporum*, se obtuvo una mayor germinación en un sustrato a base de pirochar de lodo de aguas residuales.

8. CONCLUSIONES

El recubrimiento de semillas con el carbón activado no inhibió ninguno de los siete géneros de hongos asociados a semillas de maíz que se presentaron en este estudio, evaluados mediante una prueba de sanidad en papel secante y congelación, los cuales fueron: *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cephalosporium*, *Rhizopus* y *Gonatotryps*.

Los géneros que presentaron mayor incidencia en todos los tratamientos fueron *Fusarium* y *Penicillium*, mientras que *Aspergillus*, *Cephalosporium* y *Rhizopus*, presentaron porcentajes de incidencia cercanos a cero.

El T6 (Vitavax 200 FF®) fue menos efectivo en el control de la incidencia de los géneros *Alternaria*, y *Rhizopus*.

En la prueba de germinación y vigor, el tratamiento químico a base de Vitavax 200 FF® sí tuvo control en la presencia de hongos en las plántulas normales, así como en las semillas sin germinar; pero no tuvo efecto sobre otras variables fisiológicas, y no se encontró ninguna diferencia con los demás tratamientos.

En la presente investigación se aplicó una dosis relativamente baja de carbón activado, conforme al principio de la aplicación de los tratamientos químicos, lo que deja una interrogante sobre una dosis precisa para lograr la efectividad deseada mediante tratamiento a la semilla.

9. LITERATURA CITADA

- Adekambi, S., P. Adegbola., A. Arouna. 2010. Farmers' perception and agricultural technology adoption. The case of botanical extracts and bio-pesticides in vegetable production in Benin. Contributed paper presented at the joint 3rd African Association of Agricultural Economists (AAAE) and 48th Agricultural Economists Association of South Africa (AEASA) conference, Ciudad del Cabo, Sudáfrica.
- Agrios, G. N. 2008. Fitopatología. Editorial Limusa, S. A de C. V. México DF.p. 440-468.
- Alexopoulos, C. J, Mims, C. W.1985. Introducción a la Micología. Ediciones Omega, Barcelona, España. p.34-35, 297, 553, 578.
- Aragao, N. C., L. Car. 2017. Caracterización de biochar de diferentes fuentes y evaluación de liberación de nutrientes y contaminantes. Revista Ciencia Agronómica,48(3): 395-403.
- Arriagada, V. 2004. Semillas Inspección, análisis, tratamiento y legislación. 2021. Biblioteca Venezuela:
<http://repiica.iica.int/docs/bv/agrin/b/f03/XL2000600205.pdf>.
- Arysta lifescience. 2018. Ficha técnica Vitavax 200 FF®. Recuperado 2022. <https://www.upl-ltd.com/mx/Detalles-del-producto/vitavax-200-ff>.
- Asociación Americana de Comercio de Semillas (ASTA, por sus siglas en inglés) y CropLife America (CLA). 2015. Guía para la gestión del Tratamiento de Semillas. ASA. Recuperado 2023, de https://seed-treatment-guide.com/wp-content/uploads/2015/10/SeedGuide_Spanish.pdf
- Bansal, R. P., J. B. Donnet and F. Stoeckli. 1988. "Active Carbon", Marcel Dekker, New York.

- Barrezueta, U., S. G. Condoy., P Sánchez. 2022. Efecto del biocarbón en el desarrollo de las plantas de banana (*Musa acuminata*, triploide AAA) en fincas a partir de un manejo orgánico y convencional. Enfoque UT, (13)3:29-44. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v13n3/1390-6542-enfoqueute-13-03-00029.pdf>. Binghamton, NY., USA. 619 p.
- Brenes, J .2017. Equipo de Protección Personal (EPP) para la aplicación de agroquímicos. En Equipo de Protección Personal (EPP) para la aplicación de agroquímicos (10). Laboratorio de Biocontrol, Escuela de Biología. Costa Rica.
- Brent, J.K., D.W, Hollomon. 2007. Fungicide resistance in crop pathogens: how can it be managed. 2nd, revised edition. Published by the Fungicide Resistance Action Committee.
- Christensen, C.M and H.H. Kaufmann. 1969. Grain storage. The role of fungi in quality loss. University of Minnesota Press. Minneapolis Minn. States of America. 153p.
- Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM) & Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). 2003. Consensus Document On the Biology Of *Zea Mays* Subsp. *Mays* (Maize). CONACYT. Recuperado 10 de febrero de 2023, de <https://conacyt.mx/cibiogem/maiz#:~:text=El%20ma%C3%ADz%20se%20adapta%20muy,encharques%20que%20originen%20asfixia%20radicular.>
- Deheza, P. D. 2011. Tratamiento de dos calibres de tubérculo-semilla de papa con dos formas de aplicación de carbón vegetal para el control de la sarna polvorienta (*Spongospora subterranea* (Wall) John) en sustrato hidropónico. Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz,

Bolivia.p.97.<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/7250/T-1599.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

DGSV-CNRF. 2020. Podredumbre de raíces por *Fusarium spp* (*Hypocreales: Nectriaceae*) en maíz. Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 15 p.

Dias, M.C. 2012. Phytotoxicity: an overview of the physiological responses of plants exposed to fungicides. *Journal of Botany*, <https://doi.org/10.1155/2012/135479>

Dirección General De Sanidad Vegetal (SENASICA). 2018. Recuperado de: <http://sinavef.senasica.gob.mx/CNRF/AreaDiagnostico/DocumentosReferencia/ProtocoloFichas>.

FAO y AfricaSeeds. 2019. Materiales para capacitación en semillas - Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas. Roma.

Farrás, T. (2018). Calidad de semilla: qué implica y cómo determinarla. *Revista Plan agropecuario*, 166, pg.64-65.

FRAC, Fungicide Resistance Action Committee. 2022. FRAC Code List® 2022: Fungal control agents sorted by cross-resistance pattern and mode of action (including coding for FRAC Groups on product labels). Recuperado de: https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022--final.pdf?sfvrsn=b6024e9a_2

Gakuya, D.W., Itoga, S.M., Mbaria, J.M., Muthee, J.K., Musau, J.K. 2013. Ethnobotanical survey of biopesticides and other medicinal plants traditionally used in Meru central district of Kenya. *Journal of Ethnopharmacology*. 145(2):p. 547-553.

Gayathri, R., P. Kannappan, Gopinath & Ponnusamy., S. Kumar & A Saravanan. 2017. Antimicrobial activity of *Mukia maderasapatna* stem extract of jujube

seeds activated carbon against gram-positive/gram-negative bacteria and fungi strains: Application in heavy metal removal. *Desalination and Water Treatment*. 72. 418-427. 10.5004/dwt.2017.20694.

Geep, V., Mondino. 2011. Control químico. 2021. Sitio web: <http://www.pv.fagro.edu.uy/cursos/pvh/DocsPVH/C-QUIMICO.pdf>.

Ghosh, B., R. R. Rani. 2011. Current commercial perspective of *Rhizopus oryzae*: a review. *Journal of Applied Sciences*, DOI:10.3923/jas.2011. https://www.researchgate.net/profile/BarnitaGhosh/publication/216111963_Current_Commercial_Perspective_of_Rhizopus_oryzae_A_Review/links/02e7e51534084da8e7000000/Current-Commercial-Perspective-of-Rhizopus-oryzae-A-Review.pdf

Graber, E., H. Y. Mellerl., M. Kolton., E. Cytryn., A. Silber y D. Rav. 2010. Impacto del biocarbón en el desarrollo y la productividad de pimientos y tomates cultivados en medios sin suelo fertilizados. *Suelo y planta*, 337, 481-496.

Hoch, H. C. 1976. Mycoparasitic Relationships: *Gonatobotrys simplex* Parasitic on *Alternaria tenuis*. *Cytology and Histology*, 67: 309-314.

Huang, C. P. 1996. Application of *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oryzae* for Cu (II) removal. *Water Res.*, 30 (9): 1985-1990. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(96\)00020-6](https://doi.org/10.1016/0043-1354(96)00020-6).

IAUSA. 2016. Clasificación de los fungicidas. <https://iausa.com.mx/clasificacion-de-los-fungicidas/>

IICA-BID-PROCIANDINO. 1989. IX Seminario. Manejo de Enfermedades y Plagas del Maíz. Ed. por B. Ramakrishna. Quito, Ecuador. Prociandino. 201p.

Integrated Taxonomic Information System (ITIS). 2019. Catalogue of Life: Annual Checklist. <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019/browse/tree?fbe29d4fa659b7f43acbd5c262eaeb59>.

- International Seed Testing Association (ISTA) 2005. International Rules for Seed Testing. Edition 2005. Bassersdorf, CH-Switzerland.
- Johnson R A, Wichern D W. 2002. Applied Multivariate Statistical Analysis, Fifth edition. PRENTICE HALL, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Kozakiewicz, Z. 1989. *Aspergillus* species on stored products. CAB International Mycological Institute, Kew, Surrey.
- Krueger, W. 1991. Investigations into the relationship between root and stalk rot of maize. Zeitschrift fuer Pflanzenk. und Pflanzens., 98: 39-46.
- Lallana, V. G. 2011. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE SEMILLAS. 2021, de Cátedra de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Entre Ríos Sitio web: [http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/WEBFV_2010/mat_did/UT_FV11\(2da%20Parte\).pdf](http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/WEBFV_2010/mat_did/UT_FV11(2da%20Parte).pdf). (Consulta: junio 2021).
- Marín, S., N. Magan., A. J Ramos., R. Canela., V. Sanchis. 2004. Fumonisin producing strains of *Fusarium*. A review of their ecophysiology. J. Food Prot. 67: 1792-1805.
- Martínez, E., V. Jiménez. 2016. Cereales. Estado de México: Comité Editorial ISBN 978-607-02-7600-2.
- Masnage, R., N. Defarge., J.S de Vendômois., G.E Séralini. 2014. Major pesticides are more toxic to human cells than their declared active principles. Biomed Research International, <https://doi.org/10.1155/2014/179691>
- Matera, T. C. 2019. Accelerated aging test and its relationship to physiological potential of soybean seeds. J. Seed Sci. [online] vol.41, n.3, pp.301-308.

- McGrath, M. T. 2004. ¿Qué son los fungicidas? Trans. Luisa Santamaria, José Carlos Ureta R., 2014. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2004-0825-01.
- Mendoza, E. M., B. A. López., G.A Oyervides., Z.G Martínez., C De León., M.E Moreno ME. 2003. Herencia genética y citoplásmica de la resistencia a la pudrición de la mazorca de maíz (*Zea mays* L.) causada por *Fusarium moniliforme* Sheld. Revista Mexicana de Fitopatología 21: 267-271.
- Molinero, R .M. L., V.J .M. Melero, A. Mateos. 2010. *Cephalosporium maydis*, the cause of late wilt in maize, a pathogen new to Portugal and Spain. APS Publications, 49(3). <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-3-0379A>.
- Moreno, E. y C. Christensen, 1972. Fungus flora of black and white pepper (*Piper nigrum* L.). Rev. lat. amer. Microbial. 15: 19-22.
- Moreno, M.E. 1988. Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. Universidad Autónoma de México (UNAM). 109 p. Google Books. https://books.google.com.mx/books?id=5UTjl__a9Y8C&hl=es&source=gb_s_navlinks_s.
- Moreno, M.E. 1996. Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. Universidad Autónoma de México (UNAM). México D.F. 393p.
- Muñoz, G. E. 2019. Impacto del biochar de lodo por la fitotoxicidad de *Fusarium oxysporum* en plantas de tomate. Trabajo final de maestría. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. Sevilla, España. https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://digital.csic.es/bitstream/10261/215510/1/Impacto_biochar_fitotoxicidad_Fusarium_Mu%C3%B1oz_Garcia_Estrella_2019_TFM.pdf
- Nunes, A. D.V. 2021. Uso do biochar de lodo de esgoto e de *Trichoderma afroharzianum* no controle de *Sclerotium rolfsii* *in vitro* e em mudas de tomateiro. Monografía, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

https://bdm.unb.br/bitstream/10483/30670/1/2021_DoyglasViniciusNunesAndrade_tcc.p

Ozsoy, H.D. 2010. Biosorptive removal of Hg (II) ions by *Rhizopus oligosporus* produced from corn-processing wastewater. *African Journal of biotechnology*, 9(51): 8783-8790. DOI: 10.5897/AJB10.530. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/125898/115432>.

Pitt, J., Leistner. 1991. Penname: a computer key to common *Penicillium* species. CSIRO Division of Food.

Programa de Maíz del CIMMYT. 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta edición. México, D.F.: CIMMYT.

Reina, G.J.D, Parra G S D. 2018. Germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*), papaya (*Carica papaya* L.) y maracuyá (*Passiflora edulis*) utilizando sustratos orgánicos. *Rev Sist Prod Agroecol*, 9(2) 18-35.

Rivas, M.L. 2014. *Alternaria*. *Rev. Chilena Infectol.*, 5: 605-606.

Rivera, J. C. 2021. Efecto de enmiendas con biocarbones sobre propiedades físicas, químicas y Fito absorción de Cadmio en suelos disímiles sembrados con lechuga. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <http://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80523/1022338457.2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Ropars, J., J. Dupont., E. Fontanillas., V.R. Rodríguez., F. Malagnac., M. Coton., T. Giraud., V.M López. 2012. Sex in cheese: evidence for sexuality in the fungus *Penicillium roqueforti*. *Plos ONE* 7(11): e49665. doi: 10.1371/journal.pone.0049665. <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0049665&type=printable>

- Ruiz, O.M., D.N, Roero., I.L, Rodríguez. 1979. Tratado elemental de botánica. Editorial E.C.L.A.L.S.A. Salvador Alvarado 105. Librería Purrua. México D.F. p.730.
- Saeid, M. H.2003. Pesticide residues in canned foods, fruits, and vegetables: the application of supercritical fluid extraction and chromatographic techniques in the analysis. The Scientific World Journal, <https://doi.org/10.1100/tsw.2003.85>
- Santos, P. L. M., Z.J. S Zambrano. 2021. Efecto in vitro de fungicidas y biochar sobre *Sclerotium rolfsii*. Trabajo de Integración Curricular. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1537/1/TTA21D.pdf>
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/ETS® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2019. Anuario estadístico de la Producción Agrícola. Secretaria de Agricultura y Desarrollo rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (2022).
- Silva, A. A., B.L. E Bassay., C.C de Figueiredo. 2019. Biochar and *Trichoderma harzianum* for the Control of *Macrophomina phaseolina*. Brazilian Archives of Biology and Technology, (62): e19180259. <https://www.scielo.br/j/babt/a/zLPqdbP36wmLbjPkyf6pxyC/?format=pdf&lang=en>
- Sun, T., J. Miao., M. Saleem., H. Zhang., Y. Yang., Q. Zhang. 2020. Bacterial compatibility and immobilization with biochar improved tebuconazole degradation, soil microbiome composition and functioning. Journal of Hazardous Materials, 398, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122941>

- Terenti, O. (2004). CALIDAD DE SEMILLA, QUÉ IMPLICA Y CÓMO EVALUARLA. INTA.San Luis.Informativo 1(2). Rural.https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/27-calidad_semillas.pdf
- Urbasch, I.1989. Hyperparasitischer angriff von *Epicoccum purpurascens* auf den biotrophen kontakt-mykoparasiten *Gonatobotrys simplex*. J. Phytopathology, 125: 299-304.
- Vakili, N.G. 1989. *Gonatobotrys simplex* and its teleomorph, *Melanospora damnosa*. Mycological Research, 93 (1): 67-74.
- Vázquez, B M E, Moreno M E. 2016. Hongos en granos y semillas, *In*: Almacenamiento en México. Revista Claridades Agropecuarias, p.271, 1-52.
- Vidhyasekaran, P. 2004. Concise encyclopedia of plant pathology. Food Products Press® and The Haworth Reference Press, imprints of The Haworth Press, Inc., 10 Alice Street, Binghamton, NY USA.
- Warham, E.J., L.D, Butler y R.C, Sutton. 1997. Ensayos para las semillas de maíz y trigo. Manual de laboratorio. CIMMYT. CAB internacional Wallingford. 84p.
- Wegulo, S.N., W.W Bockus., N.J.F Hernandez., H.S.J Peiris., F.E Dowell. 2017. Integration of fungicide application and cultivar resistance to manage *Fusarium* head blight in wheat *IN*: Encyclopedia of fungicides: plant disease management, Volume III, Edited by Chris Frost. Academic Pages, New York, NY, USA.
- Whaley, J.W., H.L. Barnett. 1963. Parasitism and nutrition of *Gonatobotrys simplex*. Mycologia, 55: 199-210. <https://doi.org/10.1080/00275514.1963.12018013>

Yang, C., C. Hamel., V. Vujanovic., Y. Gan. 2011. Fungicide: modes of action and possible impact on nontarget microorganisms. International Scholarly Research Notes, <https://doi.org/10.5402/2011/130289>

Zhang, Y. W. Jinman., Y. Feng. The effects of biochar addition on soil physicochemical properties: A review, CATENA, Volume 202, 2021,105284, ISSN 0341-8162, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105284>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816221001430>).

10. ANEXOS

Cuadro A1. Incidencia de hongo en semillas de maíz. Fecha de lectura: 3 Nov 2021. Semilla sin tratamiento (T1, testigo). Semillas leídas: 90 (3 repeticiones de 30).

Género	R1	R2	R3
<i>Fusarium</i>	17	23	29
<i>Penicillium</i>	7	3	12
<i>Alternaria</i>	1	0	1
<i>Fusarium C.f</i>	8	0	0
<i>Cephalosporium</i>	1	0	0
<i>Rizopus</i>	0	0	0
<i>Gonatobotrys</i>	0	0	16

NOTA: para los análisis del estudio se sumaron los valores de *Fusarium* y *Fusarium Cf*.

Cuadro A2. Incidencia de hongos en semillas de maíz. Fecha de lectura: 17 Nov 2021. Semilla seca con carbón activado (T2). Semillas leídas: 90 (3 repeticiones de 30).

Género	R1	R2	R3
<i>Fusarium</i>	25	25	30
<i>Penicillium</i>	14	17	11
<i>Gonatobotrys</i>	0	0	1

Cuadro A3. Incidencia de hongos en semillas de maíz. Fecha de lectura: 09 Nov 2021. Semilla húmeda con carbón activado (T3). Semillas leídas: 90 (3 repeticiones de 30).

Género	R1	R2	R3
<i>Fusarium</i>	25	30	30
<i>Penicillium</i>	13	3	10
<i>Alternaria</i>	0	0	2
<i>Gonatotryps</i>	1	0	7

Cuadro A4. Incidencia de hongos en semillas de maíz. Fecha de lectura: 17 Nov 2021. Semilla con adherente y recubierta con carbón activado (T4). Semillas leídas: 90 (3 repeticiones de 30).

Género	R1	R2	R3
<i>Fusarium</i>	29	30	28
<i>Penicillium</i>	9	1	8
<i>Aspergillus</i>	1	0	0

Cuadro A5. Incidencia de hongos en semillas de maíz. Fecha de lectura: 23 Nov 2021. Semilla en Osmoacondicionamiento con carbón activado (T5). Semillas leídas: 90 (3 repeticiones de 30).

Género	R1	R2	R3
<i>Fusarium</i>	30	30	29
<i>Penicillium</i>	10	18	12

Cuadro A6. Incidencia de hongos en semillas de maíz. Fecha de lectura: 23 Nov 2021. Semilla en producto químico Vitavax 200 (T6). Semillas leídas: 90 (3 repeticiones de 30).

Género	R1	R2	R3
<i>Alternaria</i>	14	11	10
<i>Fusarium</i>	29	25	30
<i>Penicillium</i>	9	13	3
<i>Rhizopus</i>	0	8	0

Cuadro A7. Longitud en centímetros de plúmula y radícula de las plántulas del híbrido de maíz La Gloria HAN-421 sin tratamiento.

Testigo							
T1R1	T1R2	T1R3	T1R4	T1R1	T1R2	T1R3	T1R4
Plúmula				Radícula			
8.8	10.9	14.0	16.1	11.5	16.2	15.0	20.0
10.5	8.0	18.5	20.0	8.5	10.5	14.0	24.0
7.2	8.0	11.3	10.6	11.5	20.0	17.0	7.3
17.7	15.0	15.2	14.4	13.2	18.0	23.3	16.6
10.5	10.2	10.0	11.5	20.0	20.5	17.0	13.0
12.8	10.5	10.5	17.5	16.2	13.0	14.6	26.0
16.1	9.7	10.0	15.5	17.0	10.0	19.0	13.2
9.8	11.5	15.1	13.8	20.5	18.0	16.5	21.0
20.0	7.5	15.2	11.5	14.3	18.5	10.0	11.0
6.0	13.0	11.3	10.0	13.5	9.0	11.0	9.0
15.0	6.8	11.1	10.6	14.0	11.0	13.0	20.4
10.5	11.2	8.7	5.8	15.0	20.5	12.5	10.0
12.3	11.2	9.0	14.0	16.9	24.5	16.3	12.0
16.0	8.0	9.5	20.2	18.5	19.5	17.0	16.4

Continuación Cuadro A7.

Plúmula				Radícula			
T1R1	T1R2	T1R3	T1R4	T1R1	T1R2	T1R3	T1R4
6.4	11.7	12.8	16.1	4.3	17.0	24.5	13.0
7.2	23.0	17.3	13.5	11.9	8.5	17.5	18.0
9.5	11.3	8.7	10.0	10.7	17.0	17.8	7.5
10.6	5.5	5.9	9.0	19.8	6.7	12.0	17.0
6.4	12.0	7.0	9.5	11.2	25.0	14.4	11.0
3.6	5.5	6.5	19.2	18.5	10.5	21.5	19.0
12.3	7.8	4.5	10.5	16.5	15.0	18.5	15.0
3.0	13.0	12.0	16.0	3.7	21.0	13.0	17.0
24.8	12.2	14.5	7.0	12.0	20.0	0.5	10.0
16.9	13.7	10.0	18.5	15.5	17.6	19.5	19.2
16.8	11.5	9.0	18.0	17.9	16.0	11.0	15.0
1.5	8.9	11.5	6.9	1.0	10.8	16.0	14.5
12.7	10.6	5.3	19.0	16.6	23.0	6.5	23.0
8.6	11.0	9.6	6.5	17.0	21.3	11.5	5.0
11.9	17.3	12.6	16.5	15.0	19.5	9.2	26.0
15.5	10.7	11.3	15.0	16.2	13.7	18.5	12.5
10.9	11.0	10.0	20.0	18.5	16.0	12.7	21.0
8.5	1.3	11.8	20.8	11.5	2.0	19.0	26.0
12.7	11.5	4.9	21.3	22.5	10.0	9.3	21.0
13.0	10.0	0.0	15.0	11.1	15.0	0.0	15.0
14.5	12.0	0.0	0.0	18.5	22.5	0.0	0.0
12.0	9.3	0.0	0.0	22.5	8.0	0.0	0.0
10.0	11.8	0.0	0.0	18.5	21.0	0.0	0.0
8.0	21.0	0.0	0.0	8.5	5.6	0.0	0.0
11.2	0.0	0.0	0.0	15.2	0.0	0.0	0.0

Cuadro A8. Longitud en centímetros de la plúmula y radícula de las plántulas del híbrido de maíz La Gloria HAN-421 con tratamiento de carbón activado.

T2 R1	T2R2	T2R3	T2 R4	T2R1	T2R2	T2R3	T2R4
Plúmula				Radícula			
14.4	12.5	10.6	16.1	11.5	22.2	10.5	20.0
10.6	8.4	10.0	20.0	11.5	15.3	21.0	24.0
13.8	7.5	13.5	10.6	11.9	17.5	14.4	7.3
9.8	9.2	5.7	14.9	8.8	15.0	15.0	16.6
10.7	12.5	10.5	11.5	17.0	23.0	15.0	13.0
11.8	8.4	14.4	12.7	14.5	21.5	15.8	24.7
9.5	6.3	10.0	9.8	12.3	17.9	16.1	8.1
7.5	16.0	12.3	20.0	10.5	12.4	17.0	22.9
18.3	15.0	14.5	11.4	16.2	20.1	11.0	17.0

Continuación del cuadro A8.

T2 R1	T2 R2	T2R3	T2 R4	T2R1	T2R2	T2R3	T2R4
Plúmula				Radícula			
12.6	11.5	7.2	13.5	14.0	15.7	9.5	20.0
10.5	10.2	11.5	5.0	17.3	10.9	17.0	7.0
13.5	8.0	10.5	9.5	8.0	18.5	11.5	24.0
15.4	11.0	9.9	15.8	23.0	17.0	15.3	18.5
12.4	15.7	7.0	22.0	18.0	16.0	9.5	26.0
12.6	10.0	10.2	11.0	17.5	17.2	7.6	11.0
8.0	14.0	5.2	11.2	12.0	17.5	15.0	10.2
5.9	14.0	9.0	15.6	18.8	9.1	14.3	15.0
14.1	14.5	10.3	23.0	25.5	18.5	19.2	25.8
9.5	14.8	7.5	14.2	19.1	10.0	11.5	20.7
9.2	11.0	12.3	18.7	10.5	7.1	18.0	18.0
11.5	8.2	12.0	16.3	12.5	18.3	12.5	18.1
10.4	4.0	8.6	21.0	7.0	10.8	17.2	25.6
10.3	19.0	12.5	17.3	14.3	13.0	24.5	16.5
11.5	12.5	12.0	22.1	23.0	18.7	14.0	17.0
8.2	12.3	8.0	5.5	14.0	19.7	18.5	14.1
15.0	13.0	5.4	16.0	11.0	17.5	9.5	12.6
13.5	7.5	14.0	14.2	20.0	15.0	20.0	19.0
15.5	7.8	11.0	13.0	6.0	21.0	16.5	22.0
13.7	9.4	11.0	23.5	21.0	16.0	10.7	23.5
8.0	15.5	7.2	9.0	17.5	14.8	10.4	12.5
5.2	9.0	7.8	17.5	8.5	6.9	10.0	15.5
0.0	9.0	8.0	18.0	14.0	0.0	5.9	22.0
0.0	12.0	0.0	16.1	10.0	0.0	0.0	9.0
0.0	0.0	0.0	13.0	0.0	0.0	0.0	14.0
0.0	0.0	0.0	20.5	0.0	0.0	0.0	18.0

Cuadro A9. Longitud en centímetros de plúmula y radícula de las plántulas del híbrido de maíz La Gloria HAN-421 con semilla húmeda recubierta de carbón activado.

T3R1	T3R2	T3R3	T3R4	T3R1	T3R2	T3R3	T3R4
Plúmula				Radícula			
13.5	10.0	9.0	20.0	14.9	9.0	14.2	26.0
8.7	18.2	8.3	10.5	16.5	28.0	16.5	7.5
12.5	14.1	15.2	10.5	17.5	14.5	13.1	10.2
15.1	13.0	8.6	11.8	17.5	19.2	8.2	10.9
12.5	11.8	5.2	12.2	18.3	24.0	5.0	10.0
10.5	13.8	19.0	11.0	18.5	13.2	25.5	11.0
18.7	9.2.0	16.5	9.4	16.9	10.5	14.2	24.8
11.6	10.0	9.5	10.8	12.5	11.0	10.5	19.0
11.6	10.7	12.3	12.0	15.4	15.0	16.0	20.5
12.7	19.0	10.0	19.0	25.0	18.8	18.0	20.7
16.4	13.5	14.9	17.5	14.3	22.3	22.5	13.0
14.3	15.5	5.0	16.3	12.4	12.3	6.7	18.4
10.0	13.7	17.0	23.0	15.0	24.0	19.0	22.0

Continuación Cuadro A9.

Plúmula				Radícula			
T3R1	T3R2	T3R3	T3R4	T3R1	T3R2	T3R3	T3R4
18.0	7.2	11.0	21.0	22.8	10.0	10.0	18.0
18.5	15.0	7.0	9.0	19.0	19.2	9.7	16.0
16.4	15.0	10.6	22.3	15.0	18.5	7.2	21.5
17.0	14.1	13.5	14.0	16.5	14.0	16.0	16.0
4.0	12.5	5.3	11.3	2.0	7.0	7.0	22.6
11.0	14.3	8.5	7.3	16.6	21.5	11.0	10.7
13.0	13.2	15.0	11.5	25.0	12.5	11.0	13.6
11.0	13.5	16.5	20.0	12.0	12.5	23.0	19.4
16.0	19.5	5.5	12.5	13.5	15.5	7.0	24.7
11.0	7.0	14.3	6.6	13.5	10.2	21.2	13.9
10.9	11.0	8.5	11.8	22.6	15.4	15.0	22.0
11.5	10.4	14.0	20.5	13.0	13.6	12.0	18.3
13.9	14.0	12.8	11.5	14.5	17.0	21.0	15.0
13.2	5.0	8.2	15.4	10.0	7.5	17.0	10.5
11.7	12.0	7.5	11.2	19.8	18.3	14.7	14.5
11.0	13.9	14.7	8.0	18.5	15.0	16.5	7.5
12.6	13.7	5.0	0.0	17.0	22.5	18.5	0.0
10.4	10.5	6.9	0.0	18.4	12.5	11.7	0.0
16.0	12.0	0.0	0.0	12.2	12.5	0.0	0.0
12.8	13.1	0.0	0.0	17.0	16.5	0.0	0.0
12.7	14.4	0.0	0.0	16.5	17.5	0.0	0.0
18.0	0.0	0.0	0.0	13.0	0.0	0.0	0.0
21.4	0.0	0.0	0.0	18.7	0.0	0.0	0.0
13.5	0.0	0.0	0.0	21.3	0.0	0.0	0.0
16.5	0.0	0.0	0.0	17.5	0.0	0.0	0.0
12.3	0.0	0.0	0.0	13.5	0.0	0.0	0.0
10.5	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0	0.0	0.0
16.5	0.0	0.0	0.0	22.7	0.0	0.0	0.0
10.5	0.0	0.0	0.0	14.5	0.0	0.0	0.0

Cuadro A10. Longitud en centímetros de plúmula y radícula de las plántulas del híbrido de maíz La Gloria HAN-421 en semilla con adherente y recubierta de carbón activado (T4).

T4R1	T4R2	T4R3	T4R4	T4R1	T4R2	T4R3	T4R4
Plúmula				Radícula			
16.1	12.5	15.0	14.8	21.7	11.5	17.5	4.5
11.8	12.3	12.0	18.5	20.0	20.3	13.0	11.5
20.3	10.2	12.5	11.6	17.3	9.9	17.3	15.0
18.0	17.3	15.4	13.5	20.7	12.5	14.5	10.5
12.0	9.5	12.5	14.7	10.5	10.1	13.5	14.0
16.0	11.2	8.0	17.7	24.6	16.9	19.5	17.0
14.5	11.6	10.0	12.3	16.0	14.8	6.5	15.1
12.0	9.2	15.0	18.3	18.3	14.2	10.5	13.5
15.2	12.4	11.5	23.0	19.0	18.5	14.0	20.0

Continuación del cuadro A10.

T4R1	T4R2	T4R3	T4R4	T4R1	T4R2	T4R3	T4R4
Plúmula				Radícula			
14.4	11.0	12.7	21.0	16.0	11.7	16.0	17.0
11.6	15.5	9.5	22.0	21.0	13.5	8.0	23.0
8.4	12.5	9.5	16.0	18.0	19.2	20.2	18.0
16.4	12.5	16.5	7.2	14.7	15.6	18.0	8.7
13.4	9.4	11.5	11.3	25.0	8.5	13.5	9.2
14.5	13.3	15.5	12.7	14.5	23.3	10.0	12.0
12.5	12.5	14.5	27.7	14.0	13.8	18.0	15.8
11.5	11.5	14.0	23.9	22.5	15.2	15.0	18.2
15.1	5.5	11.5	11.6	14.0	6.0	12.0	13.6
11.3	18.1	12.5	21.0	23.8	13.3	18.0	21.6
14.9	11.6	18.0	25.0	15.5	11.4	18.2	15.5
13.3	18.5	9.5	20.5	14.3	20.7	13.5	13.2
5.2	23.0	13.2	22.4	22.3	14.6	9.5	25.5
15.1	10.4	15.0	14.0	11.5	21.2	10.5	12.0
19.5	12.1	11.5	14.0	13.8	22.4	11.5	15.2
13.8	18.3	4.5	15.0	17.5	24.4	15.2	17.5
12.0	5.2	12.5	11.2	8.0	8.4	19.5	21.3
11.3	15.8	10.0	19.5	19.0	16.3	17.0	19.1
15.8	9.7	13.0	12.5	21.0	12.1	16.5	12.5
12.9	15.4	15.0	10.7	23.0	14.3	15.0	13.5
13.5	13.3	12.5	19	15.7	17.7	17.2	23.6
12.8	14.0	17.2	21.6	17.5	10.0	15.0	26.0
15.5	8.6	14.5	19.1	15.0	16.8	10.0	20.0
8.5	10.0	1.0	0.0	16.0	10.4	2.0	0.0
11.7	12.7	6.0	0.0	10.8	15.4	11.5	0.0
15.5	13.9	16.0	0.0	18.4	14.2	14.0	0.0
13.5	14.3	12.0	0.0	20.0	17.1	16.2	0.0
16.2	9.3	11.0	0.0	15.5	10.3	17.0	0.0
0.0	12.9	7.0	0.0	0.0	20.2	8.5	0.0
0.0	13.0	14.0	0.0	0.0	17.3	14.0	0.0
0.0	4.6	313.2	0.0	0.0	7.1	14.0	0.0
0.0	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0

Cuadro A11. Longitud en centímetros de plúmula y radícula de las plántulas del híbrido de maíz La Gloria HAN-421 en tratamiento 5 con semilla en Osmoacondicionamiento de carbón activado.

T5R1	T5R2	T5R3	T5 R4	T5R1	T5R2	T5R3	T5 R4
Plúmula				Radícula			
12.0	15.0	16.3	10.6	22.2	16.4	23.5	9.9
11.5	11.7	5.0	25.0	14.4	9.0	8.0	19.3
9.5	14.0	16.0	8.0	18.8	17.0	12.5	6.0
13.0	15.6	11.5	11.5	11.0	15.7	12.0	17.5

Continuación cuadro A11.

T5R1	T5R2	T5R3	T5 R4	T5R1	T5R2	T5R3	T5R4
Plúmula				Radícula			
1.1	12.0	10.0	22.0	18.5	14.0	13.5	15.0
14.2	15.9	15.0	20.0	16.5	22.2	22.0	7.7
12.0	12.7	20.0	26.0	12.3	17.9	14.0	14.2
11.0	5.0	6.0	20.0	17.0	3.9	4.5	23.5
17.7	7.4	5.0	21.5	18.1	3.6	5.0	19.3
11.7	12.3	10.0	16.4	17.7	15.3	9.5	15.0
15.7	15.4	2.5	18.0	11.0	12.7	3.5	21.1
16.0	10.6	12.5	22.0	13.2	9.0	16.5	19.7
9.3	11.5	10.5	13.0	14.0	6.3	11.0	20.0
15.1	14.6	12.0	14.0	17.9	7.0	10.5	14.2
12.6	13.0	13.5	21.5	23.0	9.2	19.0	13.5
21.7	15.6	11.5	23.9	14.4	15.5	5.5	19.0
16.5	17.5	6.5	19.7	16.0	12.1	9.2	16.5
16.2	5.8	7.0	12.7	22.2	4.4	8.5	16.3
11.3	2.3	10.5	23.5	23.7	7.2	11.2	19.8
15.3	18.5	13.5	13.0	17.3	16.2	11.0	13.0
21.6	12.5	14.0	10.0	19.0	11.5	9.0	12.0
18.5	10.0	17.0	22.0	13.7	12.3	19.5	23.0
11.6	11.5	15.0	14.0	15.3	6.9	14.0	9.0
10.5	9.5	11.5	17.0	17.0	8.8	17.0	17.0
8.8	13.5	9.5	23.3	21.0	21.4	16.5	14.5
12.0	13.8	14.5	20.0	13.5	21.0	21.2	21.0
15.6	19.5	6.0	23.9	15.1	14.3	9.5	18.0
12.2	9.2	11.5	16.6	16.2	8.6	18.0	20.0
15.0	17.8	2.0	19.7	23.8	12.3	1.0	16.3
15.0	10.2	13.0	0.0	22.0	16.7	13.0	0.0
11.6	6.6	15.5	0.0	14.1	12.0	8.5	0.0
10.8	13.0	9.5	0.0	14.0	9.3	15.5	0.0
13.5	17.8	12.5	0.0	16.1	18.0	10.0	0.0
7.5	4.5	13.0	0.0	14.0	5.2	11.0	0.0
13.0	0.0	8.5	0.0	21.0	0.0	12.5	0.0
12.7	0.0	1.0	0.0	17.5	0.0	1.0	0.0
15.3	0.0	0.0	0.0	17.7	0.0	0.0	0.0
17.3	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0

Cuadro A12. Longitud en centímetros de plúmula y radícula de las plántulas del híbrido de maíz La Gloria HAN-421 en tratamiento con fungicida químico Vitavax 200 FF®.

T6 Fungicida							
T6R1	T6R2	T6R3	T6R4	T6R1	T6R2	T6R3	T6R4
Plúmula				Radícula			
9.2	11.5	13.5	16.0	18.3	11.5	17.0	18.2
0.8	12.6	11.3	21.0	0.9	17.9	10.0	21.2
9.0	12.2	9.0	22.8	8.8	13.5	12.2	29.0
10.4	10.0	7.7	16.8	13.8	13.5	7.8	19.5
11.6	11.2	5.8	24.5	21.6	17.8	7.5	25.0
2.6	12.5	4.5	19.0	8.2	15.7	5.4	20.0
5.2	17.5	10.5	5.5	16.4	21.0	14.4	10.0
4.8	17.2	17.0	19.0	7.5	13.0	15.0	21.0
8.0	12.4	17.7	15.2	17.5	14.1	9.5	13.2
9.6	11.5	12.5	21.2	13.5	20.0	10.0	23.1
11.3	10.0	9.7	18.5	18.4	14.0	10.0	26.0
11.0	14.0	10.5	19.0	9.5	17.0	8.0	19.2
14.0	10.5	12.0	8.8	18.5	14.4	19.5	24.5
7.0	4.4	12.0	14.3	10.9	3.8	14.0	22.5
7.1	9.5	14.2	25.0	18.5	13.0	18.5	21.0
13.0	12.5	11.3	18.4	18.2	13.8	14.5	26.0
7.2	11.3	11.5	14.5	16.0	14.5	16.3	24.3
2.6	10.8	15.0	21.3	8.8	16.8	21.0	16.5
11.4	12.0	10.3	15.7	16.0	20.8	22.5	16.9
4.1	10.0	12.2	10.2	10.6	22.5	14.5	9.0
6.3	10.4	12.0	23.0	10.5	21.0	10.0	15.4
10.6	10.5	7.1	10.8	19.7	19.2	8.7	20.9
7.9	11.2	14.5	15.0	12.4	13.1	17.3	19.5
13.2	11.0	13.0	10.5	15.7	11.0	23.0	21.2
1.1	15.0	11.7	8.5	9.4	17.5	18.0	10.2
4.8	11.0	11.0	20.5	8.0	13.8	13.5	13.6
6.5	9.0	15.0	17.7	17.2	6.0	16.0	18.5

Continuación cuadro A12.

T6R1	T6R2	T6R3	T6R4	T6R1	T6R2	T6R3	T6R4
1.5	8.6	9.5	24.0	7.6	1.7	13.5	13.4
11.5	4.0	15.7	5.3	17.4	7.0	23.0	5.6
10.0	13.0	12.0	5.0	12.2	20.0	13.5	2.5
4.2	10.0	0.0	0.0	9.4	11.5	0.0	0.0
12.1	13.0	0.0	0.0	14.2	12.0	0.0	0.0
10.5	11.5	0.0	0.0	18.0	16.5	0.0	0.0
10.0	12.2	0.0	0.0	18.3	18.2	0.0	0.0
6.5	11.5	0.0	0.0	10.8	14.6	0.0	0.0
8.2	12.0	0.0	0.0	14.5	13.5	0.0	0.0
4.6	9.0	0.0	0.0	11.0	8.0	0.0	0.0
6.4	0.0	0.0	0.0	18.4	0.0	0.0	0.0
8.4	0.0	0.0	0.0	17.0	0.0	0.0	0.0

Cuadro A13. Número de semillas evaluadas fisiológicamente de las 50 unidades como testigo. En relación a plántulas normales, plántulas normales con presencia de hongo, plántulas anormales, plántulas anormales con presencia de hongo, semillas no germinadas y con presencia de hongo.

Tratamiento	P. Normal	P. Normal Hongo	Anormal	Anormal Hongo	No germinados	No g con hongo
T1R1	37	37	5	4	8	8
T1R2	35	35	4	4	11	9
T1R3	33	33	7	7	9	9
T1R4	34	34	9	9	7	6

Cuadro A14. Número de semillas evaluadas fisiológicamente de las 50 unidades con tratamiento de carbón activado en seco. En relación a plántulas normales, plántulas normales con presencia de hongo, plántulas anormales, plántulas anormales con presencia de hongo, semillas no germinadas y con presencia de hongo.

Tratamientos	Plántulas Normales	P normal con hongos	Anormales	Anormales con hongos	No germinada	No g con hongo
T2 R1	31	31	7	1	8	7
T2R2	32	32	10	7	8	4
T2R3	32	32	9	9	9	9
T2R4	35	35	5	5	10	10

Cuadro A15. Número de semillas evaluadas fisiológicamente de las 50 unidades con tratamiento de carbón activado con semilla húmeda. En relación a plántulas normales, plántulas normales con presencia de hongo, plántulas anormales, plántulas anormales con presencia de hongo, semillas no germinadas y con presencia de hongo.

Tratamiento	Plántulas Normales	P normal con hongos	Anormales	Anormales con hongos	No germinados	No g con hongo
T3 R1	42	40	1	1	7	6
T3R2	34	34	2	2	14	11
T3R3	31	31	11	11	8	8
T3R4	30	30	10	10	10	10

Cuadro A16. Número de semillas evaluadas fisiológicamente de las 50 unidades con tratamiento de carbón activado con adherente. En relación a plántulas normales, plántulas normales con presencia de hongo, plántulas anormales, plántulas anormales con presencia de hongo, semillas no germinadas y con presencia de hongo.

Tratamiento	Plántulas Normales	P normal con hongos	Anormales	Anormales con hongos	No germinados	No g con hongo
T4R1	37	37	2	1	11	11
T4R2	38	35	3	3	9	7
T4R3	41	41	3	1	6	6
T4R4	32	32	4	4	14	12

Cuadro A17. Número de semillas evaluadas fisiológicamente de las 50 unidades con tratamiento en Osmoacondicionamiento con carbón activado. En relación a plántulas normales, plántulas normales con presencia de hongo, plántulas anormales, plántulas anormales con presencia de hongo, semillas no germinadas y con presencia de hongo.

Tratamiento	Plántulas Normales	Normal con hongos	Anormales	Anormales con hongos	No germinados	No. ger con hongo
T5R1	37	32	4	4	9	8
T5R2	34	33	5	5	11	11
T5R3	31	31	3	3	13	13
T5R4	30	30	2	2	18	18

Cuadro A18. Número de semillas evaluadas fisiológicamente de las 50 unidades con tratamiento químico Vitavax 200 FF®. En relación a plántulas normales, plántulas normales con presencia de hongo, plántulas anormales, plántulas anormales con presencia de hongo, semillas no germinadas y con presencia de hongo.

Tratamiento	Plántulas Normales	P normal con hongos	Anormales	Anormales con hongos	No germinados	No g con hongo
T6R1	35	0	6	1	8	0
T6R2	36	2	4	0	5	0
T6R3	30	0	10	0	0	10
T6R4	30	5	9	4	10	6

Cuadro A 19. Peso en gramos de plúmula, radícula y remanente del testigo.

PESO FRESCO	Raíz	Plúmula	Remanente
R1	12.93	17.42	18.48
R2	4.42	12.07	13.53
R3	17.55	15.27	15.67
R4	13.38	14.22	15.5
PESO SECO			
R1	1.33	1.56	6.46
R2	1.33	1.44	6.63
R3	1.6	1.25	6.3
R4	1.31	1.51	5.25

Cuadro A20. Peso en gramos de plúmula, radícula y remanente de semillas tratada con carbón activado en seco.

Peso fresco	Raíz	Plúmula	Remanente
R1	11.85	15.53	17.07
R2	3.72	8.6	11.3
R3	9.86	12.97	14.19
R4	14	18.65	15.8
Peso seco			
R1	1.07	1.24	6.27
R2	1.11	1.26	6.75
R3	1.1	1.16	6.16
R4	1.31	1.51	5.25

Cuadro A21. Peso en gramos de plúmula, radícula y remanente de semillas húmedas tratadas con carbón activado.

Peso fresco	Raíz	Plúmula	Remanente
R1	16.61	22.04	26.36
R2	15.9	18.52	20.5
R3	12.13	13.75	19.12
R4	13.01	15.17	15.06
Peso seco			
R1	1.72	1.83	10.36
R2	1.56	1.67	7.2
R3	1.11	1.11	7.52
R4	1.23	1.34	5.24

Cuadro A22. Peso en gramos de plúmula, radícula y remanente de semillas con adherente tratada con carbón activado.

Peso fresco	Raíz	Plúmula	Remanente
R1	16.82	20.59	17.89
R2	18.4	19.38	18.4
R3	21.3	22.65	21.38
R4	12.31	20.08	16.01
Peso seco			
R1	1.5	1.7	7.07
R2	1.42	1.69	6.96
R3	1.87	1.83	8.52
R4	1.25	1.77	5.43

Cuadro A23. Peso en gramos de plúmula, radícula y remanente de semillas con Osmoacondicionamiento en carbón activado.

Peso fresco	Raíz	Plúmula	Remanente
R1	9.94	12.64	18.82
R2	11.16	17.25	16.71
R3	13.38	14.77	22.71
R4	14.19	19.52	12.38
Peso seco			
R1	1.3	1.24	6.98
R2	1.06	1.59	6.31
R3	1.34	1.32	10.28
R4	1.18	1.66	3.5

Cuadro A24. Peso en gramos de plúmula, radícula y remanente de semillas con tratamiento químico Vitavax 200 FF®.

Peso fresco	Raíz	Plúmula	Remanente
R1	7.3	9.24	17.46
R2	6.02	11.13	14.87
R3	15.45	14.38	15.22
R4	15.63	20.3	14.85
Peso seco			
R1	0.98	7.89	0.95
R2	1.41	1.36	7.53
R3	1.27	1.14	6.75
R4	1.47	1.9	4.8