

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación del Efecto en la Germinación y Acumulación Temprana de Materia
Seca de Fungicida Derivado de Estrobilurina en Maíz (*Zea mays L.*)

Por:

JUAN FRANCISCO GONZÁLEZ LEDESMA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación del Efecto en la Germinación y Acumulación Temprana de Materia
Seca de Fungicida Derivado de Estrobilurina en Maíz (*Zea mays L.*)

Por:

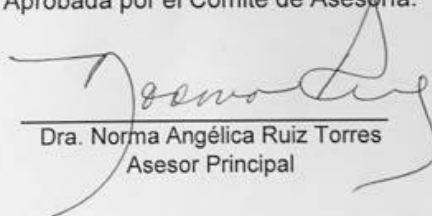
JUAN FRANCISCO GONZÁLEZ LEDESMA


TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dra. Norma Angélica Ruiz Torres
Asesor Principal


Dr. Josué Israel García López
Coasesor


Dr. Neymar Camposeco Montejo
Coasesor


Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo Coahuila México.
Marzo, 2022



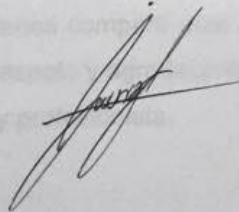
Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, 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, graficas, 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 las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Juan Francisco González Ledesma

AGRADECIMIENTOS

A dios, que sobre todas las cosas me ha dado la fortaleza necesaria para no desistir con mi formación académica y continuar en esta vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme sus puertas, recibirme y convertirse en mi segundo hogar, así como brindarme las herramientas y los conocimientos necesarios durante mi formación.

A la Dra. Norma Angélica Ruiz Torres quien tendrá siempre mi más sincera gratitud por haberme asesorado durante la elaboración de este proyecto brindándome su valioso tiempo, sus conocimientos y consejos.

A mis amigos Ricardo Alonso Prado Rosas, Emmanuel Ramírez Gómez, Jimena Pérez Avalos, Eduardo Sánchez Cruz, Gloria Angélica Prieto Huizar y a todos aquellos que en su momento fueron parte importante durante el trayecto, a quienes recordare con calidez.

A mis compañeros Daniel Rogelio Díaz Alcon y José Alfredo Osorio Francisco por su colaboración durante el trabajo en laboratorio de este proyecto.

A mis compañeros de generación quienes fueron parte del trayecto durante mi estadía en la universidad.

A mis profesores con quienes compartí aula a lo largo de la carrera y los cuales tendrán siempre mi total respeto y agradecimiento por ser parte fundamental de mi formación como persona y profesionista.

DEDICATORIA

A mis padres

Benjamín González Mendoza

Genoveva Ledesma Rojas

Quienes me brindaron todo su apoyo, confianza y sabios consejos y por lo cual pude salir a delante en mi formación académica. Por el cariño, los sacrificios que por mi realizaron y a quienes debo tanto.

A mis hermanas y hermano

Eva Angélica, Elena, María Luz, María de Jesús, Alma y Benjamín por brindarme todo su apoyo, cariño y comprensión. A quienes debo mucho de lo que ahora soy.

A mis abuelos

María De La Luz Mendoza Rivera

Juan González Ledesma

María Elena Rojas Ledesma

Francisco Ledesma Lemus

A quienes debo tanto porque de ellos no recibí más que cariño y apoyo incondicional, quienes siempre tendrán mi total respeto y admiración.

A mis tías

Leonor, Lucia y Rosa González por estar ahí siempre alentándome a cumplir mis metas y anhelos en la vida, por depositar en mí su apoyo y confianza.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen e importancia del maíz	4
Importancia de las enfermedades en el cultivo de maíz	5
Fungicidas y sus efectos	6
Generalidades del grupo estrobilurina	6
Efectos bioestimulantes de las estrobilurinas	8
Generalidades Cabrio® C	9
Generalidades Biozyme TF	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS	11
Material genético	11
Tratamientos evaluados	11
Metodología	12
Variables evaluadas	13
Diseño experimental	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
V. CONCLUSIONES	23
VI. LITERATURA CITADA	24

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables evaluadas en laboratorio.....	15
Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables evaluadas en laboratorio.....	15
Cuadro 3. Comparación de medias por tratamiento para variables evaluadas en laboratorio.....	17
Cuadro 4. Comparación de medias por tratamiento para las variables longitud y peso seco de plántulas evaluadas en laboratorio.....	20
Cuadro 5. Coeficiente de correlación entre variables estudiadas.....	21

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo conocer la concentración idónea en la que el fungicida Cabrio® C, derivado de las estrobilurinas, con efecto bioestimulante en semillas y plántulas de maíz (*Zea mays L.*), además de realizar un estudio comparativo con el producto Biozyme TF. Cabrio® C es fungicida que inhibe la germinación de esporas, además, evita el crecimiento de micelio, con actividad antiesporulante, su molécula activa se deriva de las estrobilurinas (metabolito fúngico secundario aislado del hongo *Strobilurus tenacellus*). Biozyme TF es un complejo compuesto por ácido giberélico, más auxinas y citoquininas. Con ambos productos se establecieron tratamientos con cuatro repeticiones de 25 semillas: Tratamiento uno (C06) Cabrio® C 0.06 g/100 ml de agua; tratamiento dos (C07) Cabrio® C 0.07 g/100 ml de agua; tratamiento tres (C08) Cabrio® C 0.08 g/100 ml de agua; tratamiento cuatro (C09) Cabrio® C 0.09 g/100 ml de agua; tratamiento cinco (B05) Biozyme TF 0.5 ml /50 ml de agua; tratamiento seis (B125) Biozyme TF 0.125 ml/50 ml de agua; tratamiento siete (B375) Biozyme TF 0.375 ml/50 ml de agua; tratamiento ocho (CP06) Cabrio® C 0.06 g/100 ml de agua a plántula; tratamiento nueve (CP09) Cabrio® C 0.09 g/100 ml de agua a plántula; tratamiento diez (testigo), utilizando solamente agua destilada. Cuatro días después de la siembra se realizó el primer conteo de plántulas normales (variable vigor de germinación), al séptimo día se determinó porcentaje de plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar, además longitud media de plúmula, longitud media de radícula y la tasa de crecimiento de plántula conocido como peso seco. El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con arreglo factorial. El tratamiento CP09 (Cabrio® C aplicado a plántula, a 0.9 g/ml) mostró mejor respuesta para la variable porcentaje de vigor de germinación. El tratamiento C08 (Cabrio® C a 0.8 g/ml) obtuvo los mejores resultados para porcentaje de germinación, plántulas anormales (menor número), longitud media de plúmula y peso seco de plúmula. Los tratamientos C06 (Cabrio® C a 0.6 g/ml de agua) y Biozyme TF 0.375 ml/50 ml de agua, mostraron los valores más bajos para las variables porcentaje de semillas sin germinar y de semilla muerta, además del mejor resultado respecto a peso seco de radícula.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es de suma importancia a nivel mundial y nacional, esto, de acuerdo con el volumen de producción, su gran variedad de usos, y excelente capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales. El maíz es una gramínea que suele ser cultivada en la mayoría de las regiones agrícolas de nuestro país, y que está completamente arraigada en todo el territorio mexicano. Se tienen enumeradas aproximadamente 600 maneras de realizar preparaciones gastronómicas a partir de este cereal. Por otra parte, la planta de maíz es poseedora de una amplia variabilidad genética que le ha permitido desarrollar una excelente adaptación a diversos tipos de suelo y ambientes agroecológicos.

No obstante, el alza en la demanda de este cereal lleva a la búsqueda de nuevas estrategias para elevar su producción, traducidas en mayores niveles de rendimiento, aunado al uso de recursos que no resulten perjudiciales al medio ambiente.

Existen diversas enfermedades que se pueden manifestar en el cultivo de maíz, de estas destaca la pudrición de la mazorca, causada por hongos del género *Fusarium sp.*, siendo una de las más importantes y perjudiciales en el mundo, ya que ha logrado disminuir el rendimiento de una manera preocupante. Las semillas de los cereales son susceptibles a enfermedades causadas por hongos durante su almacenamiento y al momento de la siembra, destacando los fitopatógenos de suelo *Verticillium*, *Pythium* y *Fusarium*, los cuales causan una baja en el vigor de estas.

El efecto de las enfermedades causadas por hongos en las plantas resulta en pérdidas importantes en la productividad y en la calidad de la cosecha, por lo que resulta indispensable contar con estrategias y técnicas para su control, que incluyen el uso de cultivares resistentes y/o tolerantes, tratamientos de semillas, uso de prácticas culturales (rotación de cultivos, fechas de siembra, densidad de plantas,

entre otras), y la aplicación de fungicidas. Hasta hace poco tiempo, antes de la introducción de los fungicidas del grupo de las estrobilurinas, el objetivo primario de la aplicación de estas era únicamente el control de los microorganismos causantes de enfermedades. Pero, diversas investigaciones realizadas pusieron al descubierto que estos compuestos, además de su eficaz acción fungicida, ejercen un efecto favorable en los procesos fisiológicos de las plantas, independientemente del efecto de control de patógenos.

Las estrobirulinas son capaces de inducir efectos fisiológicos no fungicidas positivos para la planta de maíz, tales como la estimulación del crecimiento, cambios hormonales y retraso de la senescencia mismos, que podrían contribuir al aumento significativo en el rendimiento. En concreto las plantas que son sometidas a tratamiento con estrobirulinas manifiestan un reverdecimiento más duradero.

Se sabe que los dos ingredientes activos más conocidos y empleados de la clase estrobirulina son el azoxystrobin y el pyraclostrobin. El pyraclostrobin es considerado una molécula perteneciente al grupo de los fungicidas llamados inhibidores de la Quinona, pues reprimen el transporte de electrones en la cadena respiratoria mitocondrial. El azoxystrobin fue la primer molécula o ingrediente activo encontrado en la clase química de los compuestos B-metoxiacrilatos. Ambas moléculas mencionadas son sintéticas, similares a las estrobirulinas de origen totalmente natural.

En este trabajo se buscó corroborar si los compuestos aislados (estrobilurinas) presentes en el producto Cabrio® C realmente son capaces de inducir o promover efectos positivos bioestimulantes en semilla de maíz a través de la aplicación del producto ya mencionado a distintas concentraciones y de este modo tener más certeza sobre cuál sería la más idónea o conveniente para su implementación además de realizar una comparación con el producto ya probado y garantizado Biozyme TF.

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto bioestimulante del tratamiento antifúngico Cabrio® C, con ingrediente activo derivado de las estrobirulinas, en semillas y plántulas de maíz a diferentes concentraciones.

Hipótesis

H_i = Al menos una de las concentraciones a base del producto Cabrio® C con ingrediente activo derivado de estrobirulinas, tiene una respuesta efectiva como inductor de un efecto estimulante en el vigor, la germinación y el desarrollo de plántulas de maíz.

H_0 = Ninguna de las concentraciones a base del producto fungicida Cabrio® C con ingrediente activo derivado de las estrobilurinas, genera una respuesta efectiva como inductor de un efecto positivo en el vigor, la germinación, y el desarrollo en plántulas de maíz.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e importancia del maíz

Hoy día no quedan dudas sobre el origen americano del maíz, es bien sabido que surgió aproximadamente entre los años 8,000 y 6000 A.C. en Mesoamérica, lo que actualmente es México y Guatemala, probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México. Las tres vistas ampliamente sostenidas acerca del origen de maíz explican que provino de: 1) una forma de maíz silvestre, 2) un teocintle silvestre, 3) un antepasado desconocido (ni maíz silvestre ni teocintle) **(Rosa Acosta, 2009)**.

El maíz es una especie central e insustituible en la alimentación y cultura de Centroamérica **(Kato et al., 2009)**. **Coll y Godínez (2003)** consideran al maíz como un elemento estratégico para la soberanía y seguridad alimentaria en sus diversas formas de usos y valores socioculturales de los mexicanos, principalmente para el medio rural.

Entre todos los cereales, el maíz es el más versátil dada la gran cantidad de productos que pueden ser elaborados a partir de este valioso grano. Puede ser consumido como alimento humano en forma de elote, o una vez nixtamalizado, como tortillas, y en una amplia diversidad de presentaciones. También resulta ser un excelente forraje para la industria ganadera, tanto el follaje como el grano. Se puede transformar industrialmente en productos con un mayor valor agregado: almidón, glucosa, fructosa; dextrosa, grits, polímeros para la elaboración de plásticos y una gran cantidad de productos y subproductos utilizados por las más diversas industrias como la minera, textil, electrónica, pinturas y farmacéutica **(Sánchez, 2016)**.

El maíz es una de las especies con una gran diversidad biológica y es aquí donde radica en gran medida su gran importancia pues esto le permite adaptarse a

diferentes ambientes. De acuerdo con el Agricultural Research Service (del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (ARS/USDA), es el más biodiverso de todos los cultivos (**Agricultural Research Service, 2010**). En este sentido, **Agarwal y Sinclair (1987)** indican que las semillas son el punto básico de origen para la producción, ya que alrededor del 90% de los cultivos alimenticios del mundo son sembrados directamente de esta.

Importancia de las enfermedades en el cultivo de maíz

El cultivo de maíz suele ser atacado por una serie de patógenos que afectan seriamente su rendimiento, de estos es necesario resaltar los hongos fitopatógenos. La pudrición de la mazorca (causada por agentes como *Fusarium verticillioides*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium graminearum*, *F. proliferatum* y *F. subglutinans*), es una de las enfermedades más dañinas del maíz en el mundo, pues llega a reducir el rendimiento en más del 40%. En México, *F. verticillioides* es el más frecuente en las mazorcas y el más adaptado a ambientes que van desde el templado al tropical (**Apodaca y Quintero, 2013**).

Las enfermedades de la semilla resultan ser uno de los factores que provocan el deterioro de esta, además de las condiciones climáticas anteriores a la cosecha, la madurez de la semilla, el daño mecánico, el ambiente de almacenamiento (temperatura y humedad), los insectos y los genes. El deterioro de la semilla puede ser medido de manera cuantitativa evaluando una muestra de la semilla según tres criterios distintos: viabilidad, germinación, y vigor de la semilla (**CIMMYT, 2003**).

Generalmente las semillas que se encuentran infectadas van a producir cultivos de menor calidad, así como una baja en rendimiento, pues al desarrollarse la nueva plántula, se despliega también el patógeno contenido en la semilla, afectando seriamente el desarrollo normal de la planta. Además, el hecho de sembrar semillas infectadas repercute a nivel epidemiológico, pues esta se comporta como un foco de infección a partir del cual se diseminan los patógenos hacia plantas vecinas y se incrementara la incidencia de la enfermedad (**Navarrete, 1986**).

Fungicidas y sus efectos

La interferencia de las enfermedades fúngicas en las plantas cultivadas resulta en pérdidas significativas en la productividad y la calidad de la cosecha, por lo que los productores agrícolas se han visto obligados implementar una combinación de estrategias y técnicas para su buen control, mismas que incluyen el uso de cultivares resistentes o tolerantes, tratamiento de semillas, uso de prácticas culturales y la aplicación foliar de fungicidas. Hasta hace prácticamente poco tiempo, antes de la introducción de los fungicidas del grupo de las estrobilurinas, el objetivo primordial de la aplicación era únicamente el control de los microorganismos causantes de enfermedades fungosas (**Venancio et al., 2003**), sin embargo, distintas investigaciones realizadas desde la introducción de la primera molécula de estrobilurina, han evidenciado que estos compuestos, además de su eficaz acción fungicida, producen una influencia positiva directa (bioestimulante) en los procesos fisiológicos de las plantas, independientemente del efecto de control sobre los hongos fitopatógenos.

Se denomina bioestimulantes a aquellos poseedores de una mezcla de reguladores vegetales en conjunto con otros compuestos tales como: aminoácidos, nutrientes, vitaminas, etc. Estos compuestos de naturaleza bioquímica favorecen la expresión del potencial genético a través de cambios en los procesos vitales y estructurales de la planta, ayudando a estimular el desarrollo de las raíces (**Kolling et al., 2016**).

Los bioestimulantes son utilizados como técnica agronómica para optimizar la productividad en los cultivos, pues intervienen en los órganos vegetativos de las plantas modificándolos morfológicamente, de manera que el crecimiento y el desarrollo de ellos son promovidos, lo que influye de manera positiva sobre los procesos fisiológicos ejerciendo un control en la acción meristemática (**Cabrera et al., 2011**).

Generalidades del grupo estrobilurina

Las estrobilurinas son constituyentes de un grupo químico, derivado del ácido β -metoxiacrílico. La estrobilurina es un metabolito fúngico secundario aislado del hongo *Strobilurus tenacellus* (Grum et al., 2013). Actúan inhibiendo la respiración

mitocondrial por el bloqueo de la transferencia de electrones, deteniendo la síntesis del ATP. Es un fuerte inhibidor de la germinación de esporas y, además, evita el crecimiento de micelio presentando una evidente actividad antiesporulante. Su espectro de acción de las estrobilurinas incluye hongos Ascomicetos, Basidiomicetos, Deuteromicetos y Oomicetos (**Latorre, 1989**).

Las dos moléculas más utilizadas de la clase estrobilurina son el azoxystrobin y el pyraclostrobin, el azoxystrobin fue el primer ingrediente activo descubierto en la clase química de los compuestos B-metoxiacrilatos (**FRAC, 2010**), mismos que son moléculas sintéticas análogas a las estrobilurinas de ocurrencia natural, que están presentes en hongos de los géneros *Oudemansiella* y *Strobilurus*.

Este fungicida ha estado disponible comercialmente desde 1998, siendo una característica principal su amplio espectro, cuya actividad biológica está dirigida contra géneros en los cuatro principales grupos de hongos fitopatógenos: Ascomicetos, Basidiomicetos, Deuteromicetos y Oomycetos. Actualmente, a nivel mundial, productos fungicidas con el ingrediente activo Azoxystrobin han sido desarrollados y tienen registros para el control de hongos de los géneros: *Alternaria*, *Mycosphaerella*, *Phakopsora*, *Cercospora*, *Puccinia*, *Phoma*, *Exserohilum*, *Colletotrichum*, *Phytophthora*, *Botrytis*, *Rhizoctonia* (**Wong, 2002**).

Ammermann et al. (2000) y **Margot et al. (1998)** mencionan que el pyraclostrobin es una estrobilurina de última generación, forma parte del grupo de fungicidas llamados “Inhibidores Externos de la Quinona” (QoI), porque inhiben el transporte de electrones en la cadena respiratoria mitocondrial, en el sitio de unión QO-ubiquinona del citocromo bc1 del complejo III (**Beck et al., 2002; Bartlett et al., 2002**).

Estos compuestos controlan los hongos fitopatógenos inhibiendo su respiración mitocondrial, lo que se traduce en la detención de la germinación de las esporas del hongo, así como de otros estadios tempranos del desarrollo del patógeno, como el crecimiento del tubo germinal y el crecimiento del micelio (**Dutzmann et al., 2002**).

Efectos bioestimulantes de las estrobilurinas

El espectro de acción *in vitro* cubre gran cantidad de patógenos de las clases de los Ascomicetos, Basidiomicetos, Deuteromicetos y Oomicetos. Los trabajos experimentales de campo elaborados por **Köhle et al. (2002)**, demostraron que en cultivos de cereales que fueron tratados con pyraclostrobin, hubo aumentos significativos en sus rendimientos, muy superiores a los que se pudieran haber obtenido como resultado exclusivo de su eficacia en el control de enfermedades.

Trabajos llevados a cabo por otros investigadores, como (**Bergmann et al., 1999; Grossmann et al., 1999; Glaab y Kaiser, 1999**), también han puesto al descubierto que el pyraclostrobin una vez absorbido por la planta, produce un efecto estimulador en su fisiología y metabolismo, que se traduce en aumento del crecimiento, independientemente de los beneficios derivados del efecto sobre el control del hongo patogénico.

Köhle et al. (1997) y Glaab y Kaiser (1999) mencionan que además de sus efectos fungicidas, las estrobilurinas como el pyraclostrobin, pueden causar cambios de amplio espectro en el metabolismo y crecimiento de la planta tratada, que resultan en mayor biomasa y rendimiento agronómico. Por ejemplo, se han observado aumentos en la actividad de la enzima nitrato reductasa en plantas que han sido tratadas con pyraclostrobin (Glaab y Kaiser, 1999) y también se ha notado que las estrobilurinas producen alteraciones en los niveles de varias fitohormonas y retraso en los procesos de envejecimiento (Grossmann y Retzlaff, 1997).

Evaluaciones realizadas por **Lazo y Ascencio (2014)** en cultivo de maíz, mediante la utilización de producto a base pyraclostrobin, mostraron que las plantas tratadas manifestaron valores superiores de las variables morfométricas y fisiológicas, en comparación a las plantas del testigo comercial y el testigo no tratado. En esencia, los resultados sugieren que el pyraclostrobin estimuló la fisiología de la planta de maíz. Por otro lado, estudios llevados a cabo en el cultivo de papa utilizando como precursora la misma molécula puso en manifiesto que el pyraclostrobin aplicado al follaje en aporque y floración obtiene incrementos de

materia seca superiores al control sin aplicación de 117 %, 25 % y 75 %, para hojas, tallos y tubérculos, respectivamente (Patiño *et al.*, 2014).

Ayala *et al.* (2013), en estudios realizados en la producción de fresa utilizando Pyraclostrobin y Epoxiconazol, obtuvieron una mayor producción de fruta de segunda, tercera y total, y la menor cantidad de fruta dañada y un aumento en la calidad de los frutos. En cuanto a los grados Brix, no se encontraron diferencias significativas, pero sí un aumento durante las cuatro semanas de cosecha.

Generalidades Cabrio® C

Cabrio® C es un fungicida translaminar de efectos preventivos que impide la germinación de esporas, evitando el desarrollo del tubo germinativo y la formación de apresorios. Presenta un movimiento acrópeto hacia las puntas y los bordes de las hojas en aplicación foliar, con movimiento translaminar del haz al envés de la hoja. Inhibe la enzima succinato ubiquinona reductasa, complejo II, en la cadena de transporte de electrones en la membrana mitocondria, e impide el desarrollo del hongo privando a las células de su fuente de energía (**FRAC, 2007**).

Por su peculiar modo de acción, es eficiente contra hongos resistentes a los inhibidores de los esteroides, dicarboximidas, bencimidazoles, anilino pirimidinas, fenilamidas y estrobilurinas, teniendo como base Piraclostrobin: Estrobilurina QoI, con actividad fungicida de amplio espectro. Su acción es preventiva, curativa y translaminar. Bloquea la respiración mitocondrial en el complejo III, inhibe el transporte de electrones en las mitocondrias de las células de los hongos, e inhibe la formación del ATP que es esencial en los procesos metabólicos. Impide la formación y penetración de las esporas y el desarrollo del micelio en las hojas (**FRAC, 2011**). Ofrece un efecto positivo alterno al antifúngico, ocasionado por el ingrediente activo pyraclostrobin, que actúa como un activador fisiológico, haciendo más eficientes los procesos metabólicos de la planta e incrementando el potencial de producción de los cultivos. Dicho efecto eleva la tasa fotosintética (haciendo que la planta se torne más verde), reduce la tasa de respiración, hace que la energía producida se canalice hacia el incremento en rendimiento y calidad de la cosecha, mejora la asimilación de nitrógeno (incrementando el tamaño y vigor de la planta),

reduce la producción de etileno (lo que retrasa el envejecimiento prematuro del cultivo), incrementa la actividad de las enzimas antiestrés (permitiendo a la planta, mayor tolerancia a condiciones climáticas adversas tales como sequía y heladas), proporciona una mayor calidad y mejora la productividad de los cultivos **(FRAC, 2011)**.

Generalidades Biozyme TF

Biozyme TF es un regulador de crecimiento de origen natural constituido por un complejo hormonal de giberelinas, auxinas y citoquininas. Puede implementarse para tratamiento de semillas de las diferentes especies cultivadas. Tiene la propiedad de activar los procesos bioquímicos tales como, las reacciones enzimáticas, lo cual permite mejorar y acelerar la conversión de la reserva energética necesaria para el crecimiento y desarrollo del embrión cuando recibe el estímulo de la humedad, obteniendo de ella una rápida y uniforme germinación, además de favorecer el crecimiento de la plántula en su fase inicial, permitiendo así un mayor establecimiento de cultivo al inicio y mayor resistencia a condiciones ambientales adversas, garantizando de esta manera una mayor población de plantas por unidad de superficie (Bioenzymas, 1989).

El ingrediente activo de Biozyme TF es un complejo compuesto por ácido giberélico más auxinas y citoquininas, perteneciente a la clase regulador de crecimiento vegetal, considerado dentro del grupo de los Misceláneos. Se sabe también, que su formulación es concentrado soluble y con una composición química aproximada: extractos de origen vegetal y fitohormonas biológicamente activas: 820.2 g/L, Giberelinas 0.031 g/L, Ácido Indol Acético: 0.031 g/L, Zeatinas 0.083 g/L, Microelementos (Fe, Zn, Mg, Mn, B, S) 19.3 g/L e Inertes 200.4 g/L **(TQC, 2009)**.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue llevado a cabo en el Laboratorio de Fisiología de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS), localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo Coahuila, México; la cual se encuentra ubicada a 25° 22" latitud Norte y 101° 00" longitud Oeste, con una altitud de 1742 m.s.n.m. y presenta una temperatura media anual de 19.8°C.

Material genético

El material utilizado fue la variedad sintética de maíz (Compuesto Tuxpeño) Genex 724, sin tratamiento, producida en General Cepeda, Coahuila, México, y almacenada en condiciones favorables para su buena conservación, sin embargo, con presencia de *Fusarium* en semilla.

Tratamientos evaluados

Se aplicaron 10 tratamientos, basados en los productos biológicos Cabrio® C y Biozyme TF, teniendo como tratamiento uno (**C06**) Cabrio® C 0.06 g/100 ml de agua; tratamiento dos (**C07**) Cabrio® C 0.07 g/100 ml de agua; tratamiento tres (**C08**) Cabrio® C 0.08 g/100 ml de agua; tratamiento cuatro (**C09**) Cabrio® C 0.09 g/100 ml de agua; tratamiento cinco (**B05**) Biozyme TF 0.5 ml /50 ml de agua; tratamiento seis (**B125**) Biozyme TF 0.125 ml/50 ml de agua; tratamiento siete (**B375**) Biozyme TF 0.375 ml/50 ml de agua; tratamiento ocho (**CP06**) Cabrio® C 0.06 g/100 ml de agua a plántula; tratamiento nueve (**CP09**) Cabrio® C 0.09 g/100 ml de agua a plántula; tratamiento diez (**testigo**), utilizando solamente agua destilada.

Metodología

Inicialmente se llevó a cabo un proceso de desinfección de instrumentos y de superficies de trabajo. La investigación se realizó en 5 etapas: la primera constó en la ejecución de pruebas de germinación estándar para conocer el porcentaje de germinación y comprobar la presencia de *Fusarium* en semilla, a través del método con tacos de papel Anchor, utilizando la variedad sintética de maíz tratada con Tecto 500 SC y sin tratar, asimismo la variedad criolla mejorada Jaguan. Una vez hechos los tacos fueron colocados en una cámara bioclimática en condiciones óptimas de humedad y temperatura, a los 4 y 7 días se realizó el conteo para determinar los porcentajes de vigor y de germinación. Con base a los resultados se seleccionó la variedad sintética sin tratar, tomándose esta como opción definitiva para realizar el experimento.

En la segunda etapa, se preparó la semilla para llevar a cabo el trabajo de investigación, se realizó un conteo de semillas, fraccionando en 10 sobres con 100 semillas cada uno. Cada sobre contenía 4 repeticiones de 25 semillas para la aplicación de uno de los tratamientos.

En la tercera etapa se hizo el cálculo de las dosis para cada tratamiento, mediante una regla de 3 simple, una vez obtenidas y hechas las diluciones correctamente, se marcaron cada una de las cajas de Petri con sus respectivos datos referentes a los tratamientos, luego fueron colocadas las 100 semillas de cada sobre dentro de cada caja de Petri, asegurándose que quedaran bien dispersas dentro de la misma, sin estar unas sobre otras. Finalmente, en esta fase las diluciones de cada tratamiento más el testigo fueron vertidas en su correspondiente caja de Petri a razón de 35 ml, para así proceder a colocarlas en la cámara de germinación a 25°C y esperar las 24 h de imbibición establecidas. Los tratamientos CP06 - Cabrio® C 0.06 g/100 ml de agua a plántula, CP09 - Cabrio® C 0.09 g/100 ml de agua a plántula, y el testigo, se imbibieron en agua destilada, para posteriormente aplicar los tratamientos inmediatamente después de la germinación (CP06 y CP09).

Una vez transcurrido el tiempo preestablecido, en la etapa 4 se realizó la “siembra” en tacos entre papel Anchor, colocando las semillas de la manera horizontal, utilizando pinzas de disección, quedando un total de 40 tacos, con 4 (repeticiones) por tratamiento, una vez terminada la actividad ya con sus respectivos datos se procedió a acomodarlos en contenedores de plástico, los cuales se introdujeron en la cámara bioclimática a 25°C, y esperar para hacer las respectivas observaciones al cuarto y séptimo días después de la siembra.

Finalmente, en la etapa 5 una vez germinadas las semillas y obtenidas las plántulas, se aplicaron los tratamientos 8 (CP06) (Cabrio® C 0.06 g/100 ml de agua a plántula) y 9 (CP09) (Cabrio® C 0.09 g/100 ml de agua a plántula), mediante atomizaciones directas, posteriormente se llevaron de nueva cuenta a la cámara de germinación, para después hacer las respectivas observaciones.

Variables evaluadas

Vigor de germinación. Cuatro días después de la siembra se realizó el primer conteo de plántulas normales, considerando aquellas que tenían desarrollado el coleóptilo y una radícula principal, ambos con un tamaño que permitiera observarse mínimo cuatro centímetros de emergencia, registrando el número total de cada repetición y expresándolo en porciento.

Al séptimo día se determinaron las siguientes variables: porcentaje de plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG), además longitud media de plúmula (LP), longitud media de radícula (LR), y tasa de crecimiento de plántula conocido como peso seco (PS).

Plántulas normales. Plántulas fisiológicamente germinadas o normales, es decir, semillas que hayan desarrollado su plúmula sana y raíz primaria vigorosa.

Plántulas anormales. Su conteo se realizó tomando en cuenta solo aquellas que no cumplían con los requisitos para ser una plántula normal, que tuviera poco desarrollado o mal formación, sin raíz primaria, o con hojas fragmentadas, registrando el número total de cada repetición.

Semillas sin germinar. Se tomaron en cuenta aquellas que no mostraron ningún signo de desarrollo y comúnmente están flácidas, decoloradas y con presencia de hongos.

Longitud media de plúmula. Se determinó en plántulas normales por repetición y tratamiento, midiendo la longitud de la plúmula, desde el nudo seminal hasta el borde superior de la plúmula. Registrando el valor en centímetros.

Longitud media de radícula. Se determinó en plántulas normales, por repetición y tratamiento, midiendo la longitud de la radícula y registrando el valor en centímetros.

Peso seco de plúmula y de radícula. Una vez que se tomaron todos los datos ya mencionados, las plántulas normales de cada repetición fueron cortadas, dividiendo raíz y plántula (parte aérea), después se metieron por separado en bolsas de papel estraza perforadas, se colocaron dentro de la estufa por 24 horas a 72°C, posteriormente fueron retiradas y pesadas en una balanza analítica de 0.0001 g de precisión, registrando la variable en mg/plúmula o raíz.

Diseño experimental

El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con 10 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento.

Modelo lineal: $Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$

Dónde:

Y_{ij} = *i*-ésima observación correspondiente al *j*-ésimo nivel del tratamiento.

μ = media general.

T_i = efecto del *j*-ésimo nivel del tratamiento.

ϵ_{ij} = error experimental correspondiente a la *i*-ésima observación del *j*-ésimo nivel del tratamiento. Este error se refiere a la variación no controlada que existe entre observaciones y tratamientos.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y la comparación de medias por medio de la Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Se utilizó el paquete estadístico SAS (2009).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 1 y 2 se presentan los cuadrados medios y su significancia para las variables evaluadas en laboratorio, se encontraron diferencias ($P \leq 0.01$) significativas para vigor de germinación, germinación (GER), plántulas anormales (PA), longitud media de plúmula (LP), longitud media de radícula (LR), peso seco de plúmula (PSP), peso seco de radícula (PSR), y no significativas para semillas sin germinar (SSG). Lo anterior indica una respuesta diferencial a los tratamientos aplicados a semillas y a plántulas.

Cuadro 1. Cuadros medios del análisis de varianza para variables evaluadas en laboratorio.

FV	GL	VIGOR %	GER %	PA %	SSG %
TRATAMIENTO	9	1462.22**	4969.11**	4981.51**	3.95 ^{NS}
ERROR	30	64.53	188.93	188.26	5.73
CV %		53.55	25.22	30.76	66.04

*= Diferencias significativas ($P \leq 0.05$); **= Diferencias significativas ($P \leq 0.01$); NS= Diferencias no significativas; FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; GER= Germinación; PA= Plántulas anormales; SSG= Semillas sin germinar; CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 2. Cuadros medios del análisis de varianza para variables evaluadas en laboratorio.

FV	GL	LP Cm	LR Cm	PSP mg/plántula	PSR mg/plántula
TRATAMIENTO	9	30.00**	28.90**	387.51**	128.99**
ERROR	30	0.71	2.90	17.79	9.04
CV %		12.22	24.72	15.43	19.13

*= Diferencias significativas ($P \leq 0.05$); **= Diferencias significativas ($P \leq 0.01$); NS= Diferencias no significativas; FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; LP= Longitud media de plúmula; LR= Longitud media de radícula; PSP= Peso seco de plúmula; PSR= Peso seco de radícula; CV= Coeficiente de variación.

En el Cuadro 3 se presenta la comparación de medias para las variables evaluadas. Para el porcentaje de vigor de germinación se encontró que el tratamiento CP09 (Cabrio® C a plántula a concentración de 0.9 g/ml) mostró el valor más alto con un 56% de germinación, seguido por los tratamientos C07 (Cabrio® C a concentración de 0.7 g/ml) con 39 % de germinación y C08 (Cabrio® C a concentración de 0.8 g/ml) con un valor de 26 % de germinación. Los tres tratamientos son estadísticamente iguales, y mostraron ser diferentes al testigo. Cabe mencionar que estos resultados se presentaron aún con la manifestación de *Fusarium* en la semilla, pues como mencionan **Apodaca y Quintero (2013)**, este patógeno es uno de los más perjudiciales, representando una amenaza potencial para el desarrollo y rendimiento de maíz, sin embargo, se obtuvo un número satisfactorio de plántulas normales, tomando en cuenta que el producto Cabrio® C logra de manera eficaz la inhibición micelial del hongo.

Para la variable porcentaje de germinación (Cuadro 4), el tratamiento C08 (Cabrio® C a concentración de 0.8 g/ml) resultó ser el mejor de todos, con un 96 %, seguido por el C06 (Cabrio® C a concentración de 0.6 g/ml) con un 92 %, CP09 (Cabrio® C a plántula a concentración de 0.9 g/ml) con 87%, y C07 (Cabrio® C a concentración de 0.7g/ml) con 86% en el cuarto lugar, siendo estadísticamente iguales y totalmente superiores a los demás.

Interesante fue observar que la aplicación de Cabrio® C aportó un efecto totalmente favorable, ya que, la semilla a pesar de estar severamente contaminada con *Fusarium*, no logró afectar de manera importante como se esperaba los porcentajes de plántulas normales, como lo indicaron **Alezones y González (2009)**, que la presencia de este hongo afecta significativamente el establecimiento de plántulas.

Con relación al porcentaje de plántulas anormales, el tratamiento C08 (Cabrio® C a concentración de 0.8 g/ml) manifestó menor proporción con un 4 %, seguido por los tratamientos C06 (Cabrio® C a concentración de 0.6 g/ml), CP09 (Cabrio® C a plántula a concentración de 0.9 g/ml) y C07 (Cabrio® C a concentración de 0.7 g/ml) con 7%, 11% y 12% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias por tratamiento para variables evaluadas en laboratorio.

TRATAMIENTO	VIGOR %	GERM %	PA %	SSG %
CP09	56 a	87 a	11 b	2 a
C07	39 ab	86 a	12 b	2 a
C08	26 bc	96 a	4 b	0 a
C06	10 cd	92 a	7 b	1 a
B125	8 cd	28 b	72 a	0 a
CP06	5 d	18 b	82 a	0 a
B375	3 d	75 a	25 b	0 a
C09	3 d	16 b	82 a	2 a
B05	0 d	15 b	83 a	2 a
Testigo	0 d	32 b	68 a	0 a
Media	15.3	54.5	44.6	0.9
TUKEY (P≤0.05)	19.37	33.15	33.09	5.77

Medias con literales similares son estadísticamente iguales; GERM= Germinación; PA= Plántulas anormales; SSG= semillas sin germinar; CP09= Cabrio® C 0.09 g/100 ml de agua a plántula; C07= Cabrio® C 0.07 g/100 ml de agua; C08= Cabrio® C 0.08 g/100 ml de agua; C06= Cabrio® C 0.06 g/100ml de agua; B125= Biozyme TF 0.125 ml/50 ml de agua; CP06= Cabrio® C 0.06 g/100 ml de agua a plántula; B375= Biozyme TF 0.375 ml/50 ml de agua; C09= Cabrio® C 0.09 g/100 ml de agua; B05=) Biozyme TF 0.5 ml /50 ml de agua.

Para la variable porcentaje de semillas sin germinar (Cuadro 4), en general todos los tratamientos manifestaron bajos valores. Sin embargo, es preciso denotar que los tratamientos B375 (Biozyme TF a concentración de 375 ml), CP06 (Cabrio® C a plántula a concentración de 0.6 g/ml) y C08 (Cabrio® C a concentración de 0.8 g/ml), fueron los que presentaron menor porcentaje con valores de 0%.

En la longitud media de plúmula (Cuadro 4), se pudo observar que los tratamientos C08 (Cabrio® C a concentración de 0.8 g/ml), C06 (Cabrio® C a concentración de 0.6 g/ml) y C07 (Cabrio® C a concentración de 0.7 g/ml) fueron los más sobresalientes, con valores de 10.59, 10.03 y 9.73 cm, respectivamente; además, son estadísticamente iguales entre sí, y diferentes a los demás tratamientos, incluyendo al testigo que presentó 3.2 cm de longitud, mismo que fue dramáticamente inferior a todos, llevándonos al hecho de como el pyraclostrobin puede estimular la fisiología y metabolismo de la planta, traduciéndose en mayor crecimiento (**Bergmann et al., 1999**).

La variable longitud media de la radícula (Cuadro 4), en el tratamiento C07 (Cabrio® C a concentración de 0.7 g/ml) obtuvo el valor más alto con 11.09 cm, siguiendo los tratamientos CP09 (Cabrio® C a plántula a concentración de 0.9 g/ml) y C08 (Cabrio® C a concentración de 0.8 g/ml) con valores de 9.39 y 8.44 cm, siendo los tres estadísticamente iguales. Por otro lado, el testigo resultó ser inferior a todos los tratamientos con 3.48 cm, siendo estadísticamente igual a los tratamientos CP06, B05 y C09. Lo anterior deja en evidencia como este compuesto de naturaleza bioquímica beneficia la expresión del potencial genético a través de cambios vitales y estructurales en la planta, logrando un estímulo en el desarrollo de las raíces como lo mencionaron **Kolling et al. (2016)**.

Para la variable peso seco de plúmula (PSP), se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre tratamientos (Cuadro 4). Según los datos numéricos obtenidos se demuestra que el tratamiento C08 (Cabrio® C a concentración de 0.8 g/ml) fue el que arrojó un resultado mayor con un peso de 40.82 mg/plúmula, siguiéndole los tratamientos CP09 (Cabrio® C a plántula a concentración de 0.9 g/ml) con un valor de 36.40 mg/plúmula y C07 (Cabrio® C a concentración de 0.7

g/ml) con 36.36 mg/plúmula. De manera general todos los tratamientos superaron al testigo, que obtuvo un valor estadísticamente inferior de 10.38 mg/plúmula (Cuadro 4). Lo que concuerda con estudios llevados a cabo por **Patiño et al. (2014)**, en el cultivo de papa, mismos que mostraron un incremento de materia seca al implementar tratamientos con pyraclostrobin.

Por otro lado, los resultados concuerdan con los obtenidos en estudios realizados por **Lazo y Ascencio (2014)**, quienes mencionan se da en la planta de maíz un efecto de estímulo en el crecimiento, que se traduce en aumentos significativos del número de hojas, del área foliar total y de la biomasa seca de la parte aérea.

En la variable peso seco de radícula (PSR), los tratamientos sobresalientes son, el tratamiento C06 (Cabrio® C a concentración de 0.6 g/ml), C07 (Cabrio® C a concentración de 0.7 g/ml) y B375, mismos que arrojaron valores de 24.47 mg/radícula, 21.15 mg/radícula y 18.92, respectivamente. Por otra parte, los tratamientos C09, B05 y CP06 resultaron ser inferiores al testigo que arrojó un valor de 11.70 mg/radícula, siendo además estos tres últimos diferentes estadísticamente al resto de los tratamientos (Cuadro 4).

Esto de igual manera coincide con resultados obtenidos por otros investigadores como **Brosnan et al. (2010)**, **Grossmann y Retzlaff (1997)** y **Kohle et al. (2002)**, quienes mencionan que el efecto estimulante del desarrollo del sistema radical, observado en distintas especies que han sido tratadas con estrobilurinas es completamente evidente y se debe a cambios en balances de fitohormonas.

Por su lado, **Brosnan et al. (2010)** también observaron que las aplicaciones de pyraclostrobin en el césped *Agrostis stolonifera*, produjo aumento de la longitud del área superficial, de la densidad, del volumen y de la biomasa total de las raíces en comparación con el control no tratado.

Cuadro 4. Comparación de medias por tratamiento para las variables longitud y peso seco de plántulas evaluadas en laboratorio.

TRATS	LP Cm	LR Cm	PSP mg/plúmula	PSR mg/radícula
CP09	6.71 bc	9.39 a	36.40 ab	16.86 bc
C07	9.73 a	11.09 a	36.36 ab	21.15 ab
C08	10.59 a	8.44 ab	40.82 a	18.53 abc
C06	10.03 a	8.29 ab	34.32 abc	24.47 a
B125	6.78 bc	8.01 ab	25.76 cd	18.79 abc
CP06	3.38 e	3.64 a	15.41 ef	8.38 d
B375	8.63 ab	7.76 ab	27.72 bcd	18.92 abc
C09	5.54 cd	4.40 bc	25.10 cde	9.53 d
B05	4.54 de	4.36 bc	20.97 de	8.87 d
Testigo	3.27 e	3.48 c	10.38 f	11.70 cd
Media	6.92	6.8	27.32	15.72
Tukey (P≤0.05)	2.04	4.10	10.17	7.25

Medias con literales similares son estadísticamente iguales; LP= Longitud media de plúmula; LR= Longitud media de radícula; PSP= Peso seco plúmula; PSR= Peso seco de la radícula; CP09= Cabrio® C 0.09 g/100 ml de agua a plántula; C07= Cabrio® C 0.07 g/100 ml de agua; C08= Cabrio® C 0.08 g/100 ml de agua; C06= Cabrio® C 0.06 g/100ml de agua; B125= Biozyme TF 0.125 ml/50 ml de agua; CP06= Cabrio® C 0.06 g/100 ml de agua a plántula; B375= Biozyme TF 0.375 ml/50 ml de agua; C09= Cabrio® C 0.09 g/100 ml de agua; B05=) Biozyme TF 0.5 ml /50 ml de agua.

Köhle et al. (2002). por su parte observaron un patrón de respuesta de la auxina (AIA y α -NAA) cuando aplicaron pyraclostrobin en plantas de trigo, y propusieron que esto pudiera deberse a que el fungicida es degradado hacia L-triptófano, que es el precursor natural de la auxina (AIA).

Las estrobilurinas son importantes en la agricultura porque tienen funciones antifúngicas, antivirales y antitumorales. Se les ha atribuido diferentes efectos, la mayoría muy positivos, entre ellos se pueden citar: mayor periodo de vida de la clorofila, reducción del estrés oxidativo, y aumento en la producción de biomasa.

En este trabajo de investigación se observó un efecto positivo en todas las variables relacionadas con la calidad fisiológica de las semillas.

Con la finalidad de conocer el grado de asociación entre las diferentes variables estudiadas, se obtuvieron los coeficientes de correlación usando la Prueba de Pearson. Estos coeficientes representan una relación lineal cuando un cambio en una variable está asociado con un cambio proporcional en la otra variable.

Cuadro 5. Coeficiente de correlación entre variables estudiadas.

	GER %	PA %	SSG %	PSP mg/p	PSR mg/p	LP cm	LR cm
VIGOR	0.6504**	-0.6616**	0.1830 ^{NS}	0.6475**	0.3747*	0.4294**	0.6775**
GER		-0.9979**	-0.0179 ^{NS}	0.7556**	0.7493**	0.8106**	0.7768**
PA			-0.0462 ^{NS}	-0.7587**	-0.7450**	-0.8104**	-0.7828**
SSG				0.0603 ^{NS}	-0.0576 ^{NS}	0.0090 ^{NS}	0.1051 ^{NS}
PSP					0.7002**	0.8830**	0.7500**
PSR						0.8205**	0.7679**
LP							0.7651**

*= Correlación significativa; **= Correlación altamente significativa; NS= Diferencias no significativas; GER=Germinación; PA= Plántulas anormales; SSG= Semillas sin germinar; LP= Longitud media de plúmula; LR= Longitud media de radícula; PSP= Peso seco plúmula; PSR= Peso seco de radícula.

Los resultados mostraron correlación positiva significativa entre las variables porcentaje de vigor de germinación y porcentaje de germinación ($r = 0.6504^{**}$), peso seco de plúmula ($r = 0.6475^{**}$), peso seco de radícula ($r = 0.3747^*$), longitud media de plúmula ($r = 0.4294^{**}$), y la variable longitud media de radícula ($r = 0.6775^{**}$).

Se observó una correlación positiva significativa entre las variables germinación y peso seco de plúmula ($r = 0.7556^{**}$), peso seco de radícula ($r = 0.7493^{**}$), longitud media de plúmula ($r = 0.8106^{**}$) y longitud media de radícula ($r = 0.7768^{**}$).

La correlación entre la variable peso seco de plúmula y peso seco de radícula mostró ser positiva altamente significativas ($r = 0.7002^{**}$), al igual que con la longitud media de plúmula ($r = 0.8830^{**}$) y la longitud media de radícula ($r = 0.7500^{**}$).

Por su parte, la variable peso seco de radícula mostró correlación positiva significativa con la longitud media de plúmula ($r = 0.8205^{**}$) y la longitud media de radícula ($r = 0.7679^{**}$). Ahora bien, la variable longitud media de plúmula y longitud media de radícula mostraron correlación positiva altamente significativa ($r = 0.7651^{**}$). Tomando en cuenta los altos valores de correlación, podemos denotar la importancia de esto, ya que se obtuvieron plantas con raíces fuertes, con buen índice de materia seca, al igual que en la parte aérea de las plantas.

Finalmente, también se observaron correlaciones negativas entre las variables vigor de germinación y plántulas anormales ($r = -0.6616^{**}$), así como germinación y plántulas anormales ($r = -0.9979^{**}$), lo cual es esperado, al ser variables que se anteponen.

Los resultados indican que el compuesto derivado de las estrobilurinas es eficaz en el control del *Fusarium spp.*, y que, además tiene un efecto bioestimulante.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede concluir lo siguiente.

- El tratamiento CP09 (Cabrio® C a plántula a concentración de 0.9 g/ml) manifestó los mejores resultados para la variable porcentaje de vigor de germinación.
- El tratamiento C08 (Cabrio® C a concentración de 0.8 g/ml, mostró los mejores resultados para la capacidad germinativa (porcentaje de germinación), plántulas anormales (menor porcentaje), longitud media de plúmula y peso seco de plúmula.
- Los tratamientos C06 (Cabrio® C a concentración de 0.6 g/ml) y Biozyme TF 0.375 ml/50 ml de agua, arrojaron los valores más bajos para las variables porcentaje de semillas sin germinar, además el mejor peso seco de radícula.
- El tratamiento C07 (Cabrio® C a concentración de 0.7 g/ml) obtuvo los mejores resultados para la variable de longitud media de radícula.
- La aplicación de Cabrio® C a concentraciones de 0.8 y 0.9 g/ml puede ser factible de uso, las plántulas tratadas con dichas concentraciones mostraron valores superiores a los del testigo.

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en cuba. Cuba. Vol. 30:2, pp. 113-120.
- Agarwal, V. K., and J. B. Sinclair. 1987. Principles of seed Pathology. Vol.1 CR.C. Inc. U.S.A. 168 p.
- Agricultural Research Service. 2010. "Corn. Boosting Quality, Productivity and Safety", U.S. Department of Agriculture, EEUU.
- Alezones, J. y A. González. 2009. Efecto de diferentes fungicidas sobre la incidencia de *Fusarium verticillioides* en semillas de un híbrido de maíz de grano blanco. *Fitopatología de Venezuela* 22:31-32.
- Ammermann, E. G., L. K. Schelberger, B. Mueller, R. Kirstgen, and H. Sauter. 2000. BAS 500 F-the new broad spectrum strobilurins fungicide. *En: Proceedings of the BCPC Conference in Pests and Diseases*. BCPC Farnham, Surrey. pp. 541-548
- Apodaca S., M., A. y A. B. Quintero J. 2013. Agro síntesis, pudrición de la mazorca. México. <https://www.agrosintesis.com/pudricion-de-la-mazorca-2/> [Consulta: abril 2021].
- Ayala, A. M., P. J. Almanza, y P. A. Serrano. 2013. Efecto de Pyraclostrobin+Epoxiconazole en la producción de fresa (*Fragaria SP*). *Rev. Ciencia y Agricultura* Vol. 11 - Nº. 1. pp.35-45
- Bartlett, D. W., J. M. Clough, J. R. Godwin, A. A. Hall, M. Hamer and B. Parr-Dobrzanski. 2002. The strobilurin fungicides. *Pest. Manag. Sci.* 58:649-662.

- Beck, C. E., C. Oerke and H. W. Dehne. 2002. Impact of strobilurins on physiology and yield formation of wheat. *Meded Rijksuniv Gent Fak Landbouwkd Toegep Biol Wet.* 67:181-187.
- Bergmann, H. B., V. Lippmann, S. Leinhos, Tiroke, and B. Machelett. 1999. Activation of stress resistance in plants and consequences for product quality. *J. Appl. Bot.* 73:153-161.
- Brosnan, J.T., B.J. Horvath, M.T. Elmore, G.K. Breeden, and J.C. Sorochan. 2010. Greenhouse Investigation of strobilurin fungicide applications on creeping bentgrass root characteristics under two irrigation regimes. *Crop Sci.* 50:2605–2612.
- Bioenzymas. 1989. Suplemento especial 1979-1989. Saltillo Coahuila, México 15 p.
- Cabrera, M., Y. Borreo, A. Rodríguez, E. Angarica, y O. Rojas. 2011. Efecto de tres bioestimulantes en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*, L) variedad atlas en condiciones de cultivo protegido. Santiago de Cuba, CUB. *Ciencia en su PC.* pp. 32-42
- Coll, H. A. y Godínez, L. 2003. La agricultura en México: un atlas en blanco y negro. México, D. F. Instituto de Geografía UNAM (No. S451 C64).
- CIMMYT. 2003. Manual ensayos para las semillas maíz y trigo. Lisboa 27, Apdo. Postal 6-641, 06600 México, D.F. México.
- Dutzmann, S. A., F. M. Machnik, J. M. Kerz, J. Applegate, and U. Heinemann. 2002. *Pests and Diseases*, Farnham, Surrey, UK, 365.
- FRAC. 2007. Fungicide Resistance Action Committee. FRAC Code List©: Fungicides Sorted by Mode of Action (including FRAC Code numbering).
- FRAC. 2010. Fungicide Resistance Action Committee. FRAC Code List©: Fungicides Sorted by Mode of Action (including FRAC Code numbering).

- FRAC. 2011. Fungicide Resistance Action Committee. FRAC Code List©: Fungicides Sorted by Mode of Action (including FRAC Code numbering).**
- Glaab, J., and W. M. Kaiser. 1999. Increased nitrate reductase activity in leaf tissue after application of the fungicide Kresoxim-methyl. *Planta* 207:442-448.**
- Grossman, K. J., Kwiatkowski, and G. Retzlaff. 1999. Regulation of Phytohormone Levels, Leaf Senescence and Transpiration by the Strobilurin Kresoxim-methyl in Wheat (*Triticum aestivum*), *J. Plant Physiol.* 154:805-808.**
- Kato, Y. T., S. C. Mapes, O. L. Mera, H. J. Serratos y B.R. Bye. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. UNAM-CONABIO Editores. Distrito Federal, México. 119 p.**
- Köhle, H., K. Grossmann, T. Jabs, M. Gerhard, W. Kaiser, J. Glaab, U. Conrath, K. Seehaus and S. Herms. 2002. Physiological effects of the strobilurin fungicide F 500 on plants. Proceedings of the Modern Fungicides and Antifungal Compounds III, Thuringia, Germany.**
- Kolling, D.S., L.A. de Souza, C. Schenatto, D. Giordani, y W. C. Majolo. 2016. Tratamiento de semillas con bioestimulante en el maíz sometido a diferentes variabilidades en la distribución espacial de las plantas. Santa Catarina, BR. *Ciencia Rural*. Volumen 46. pp. 248-253.**
- Latorre, G. 1989. Fungicidas y nematicidas. Avances y aplicabilidad. Santiago de Chile, Chile: Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad de Chile.**
- Lazo, J.V., y J. Ascencio. 2014. Algunas respuestas morfométricas y fisiológicas inducidas por el fungicida Opera® (Pyraclostrobin + Epoxiconazole) en la planta de maíz (*Zea mays* L.), *Rev. Fac. Agron.* 31: 39-59.**

- Margot, P.F., Huggenberger, J. Amrein, and B. Weiss. 1998. CGA 279202: a new broad-spectrum strobilurin fungicide. p. 375-382. *En: Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference.* UK British Crop Protection Council. Farnham.
- Navarrete, M.R. 1986. Factores ambientales y biológicos que influyen en el desarrollo de la enfermedad “Germinación prematura” del maíz causada por *Fusarium moniliforme* sh. Tesis de Maestría en Fitopatología. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México.
- Patiño, J.A., J.M. Cotes, y J.A. Ramírez. 2014. Efecto de pyraclostrobin en la producción de papa cultivar *Diacol capiro*. *Rev. Fac. Ciencias de básicas.* pp. 8-21
- Sánchez, R. G. 2016. Historia, usos y futuro del mayor invento mesoamericano: el maíz. México. *Culinaria Revista virtual especializada en Gastronomía.* pp. 22- 38.
- SAS. 2009. Statistical Analysis System 9.4. SAS Institute Inc. North Carolina. USA.
- TQC. 2009. Boletín Técnico sobre BIOZYME TF. Disponible en www.tqc.com.pe. [Consulta: mayo 2021].
- Venancio, W. S., M. A. T. Rodríguez, E. Begliomini and N. L. de Souza. 2003. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. *Ponta Grossa.* 9:59-68.
- Wong, F., and W. Wolcox. 2002. Comparative physical modes of action of Azoxystrobin, Mancozeb and Metalaxyl against *Plasmopara viticola*. *Plant Disease.* 85:649-656.